

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Зоран Б. Максимовић

**КОНЗЕРВАЦИЈА И УСМЕРЕНО
КОРИШЋЕЊЕ ГЕНОФОНДА ЦРНЕ
ТОПОЛЕ (*Populus nigra* L.) НА
ПОДРУЧЈУ ВЕЛИКОГ РАТНОГ ОСТРВА**

докторска дисертација

Београд, 2015

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF FORESTRY

Zoran B. Maksimović

**CONSERVATION AND SUSTAINABLE
UTILIZATION OF BLACK POPLAR
(*Populus nigra* L.) GENE POOL IN THE
AREA OF GREAT WAR ISLAND**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015

Ментор: Проф. др Мирјана Шијачић-Николић, редовни професор
Универзитет у Београду
Шумарски факултет

Чланови комисије: Проф. др Драгица Вилотић, редовни професор
Универзитет у Београду
Шумарски факултет

Проф. др Милан Медаревић, редовни професор
Универзитет у Београду
Шумарски факултет

Проф. др Владан Иветић, ванредни професор
Универзитет у Београду
Шумарски факултет

др Предраг Алексић, научни сарадник
Јавно предузеће за газдовање шумама „Србијашуме“
Генерална дирекција

Датум одбране:

Захвалница

Изражавам захвалност мојим професорима и колегама који су помогли да се реализује ова докторска дисертација:

Посебну захвалност дугујем ментору професорки Мирјани Шијачић-Николић на пруженом знању, стрпљивом руковођењу, огромној посвећености, стручном усмеравању и моралној подршци приликом израде овог рада. Надам се да је ово тек почетак наше сарадње и да ћемо сарађивати још дуго!

Професорки Драгици Вилотић на стручним саветима, добронамерности и пажљивом прегледу рада.

Професору Милану Медаревићу на беспрекорној сарадњи која траје готово од мог уписа на факултет, пријатељској подршци и стручним сугестијама. Захваљујући његовом залагању пружена ми је шанса да се бавим послом којим волим!

Професору Владану Иветићу на изванредној сарадњи, конструктивним дискусијама и пруженом знању које ми је омогућило да урадим овај рад.

Др Предрагу Алексићу на стручним увек одмереним саветима, разумевању и подршци за стручно усавршавање.

Захваљујем се колегиници Марици Кеџман из ЈКП „Зеленило – Београд” и колегама Милошу Груји и Душану Рајковићу из ШГ „Кучево“ на огромном залагању и уложеном труду да се реализују теренска истраживања.

Захваљујем се колегама Владимиру Васићу, Душану Стојнићу, Дијани Чортан, Јовани Деветаковић, Милану Чукурановићу, Дејану Милетићу, Ивану Сладојевићу на несебичној помоћи приликом истраживања.

Велику захвалност дугујем господину Игору Брауновићу на помоћи за стручно усавршавање и пруженој шанси да радим у струци.

Захваљујем се ЈП „Србијашуме“ и свим колегама из Сектора за шумарство и заштиту животне средине.

Захваљујем се својој породици на безрезервној подршци и помоћи у истраживачком раду.

Аутор

КОНЗЕРВАЦИЈА И УСМЕРЕНО КОРИШЋЕЊЕ ГЕНОФОНДА ЦРНЕ ТОПОЛЕ (*Populus nigra* L.) НА ПОДРУЧЈУ ВЕЛИКОГ РАТНОГ ОСТРВА

Резиме

Осврнувши се око себе, одговоран човек, се све више осећа обесхрабрен чињеницом да многе врсте полако нестају а станишта се уништавају. У том процесу шумско дрвеће неминовно страда, губе се не само појединачни гени или генски комплекси него и читаве врсте. Могуће је и неопходно осетити изазов у тражењу начина да се заустави уништавање!

Сprovedена истраживања обављена су у заштићеном подручју „Велико ратно острво“ у циљу конзервације и усмереног коришћења преосталог генофонда црне тополе која овде спада у групу ретких и угрожених врста, са учешћем у запремини од 5,4% и запреминском прирасту од 7,0%. Јавља се фрагментарно, са свега 907 евидентираних стабала, без могућности природног обнављања и тенденцијом ишчезавања са овог простора. Као основа за дефинисање мера конзервације обављена је процена генетичке варијабилности на нивоу тест стабала репрезентата популације. Анализа морфолошких карактеристика листова показује да унутар истраживане популације постоји значајна варијабилност, за свих седам анализираних својстава. Анализом 11 микросателитских локуса укупно је утврђено 110 алела, просечно 10 алела по сваком локусу. Просечан број ефективних алела (N_e) по сваком локусу био је 6,506. Утврђена хетерозиготност ($H_o = 0,702$; $H_e = 0,822$) у истраживаној популацији указује на велику унутарпопулациону варијабилност. У циљу *in situ* конзервације дефинисана су три конзервациона станишта укупне површине 56 ha и 99 ar (конзервационо станиште А површине 27 ha и 90 ar; конзервационо станиште В површине 7 ha и 84 ar и конзервационо станиште С површине 21 ha 25 ar) и идентификоване нове потенцијалне површине погодне за природно подмлађивање укупне површине 16 ha и 50 ar. *Ex situ* конзервација црне тополе спроведена је оснивањем: клонског архива у расаднику Мишљеновац, чиме је постављена основа за очување дела генофонда и контролисану производњу квалификованог репродуктивног материјала; теста потомства у расаднику у коме је тестиран генетски потенцијал

материнских стабала и пољске банке гена на подручју Великог ратног острва. Спроведене активности доприносе конзервацији расположивог генофонда црне тополе, повећању шумовитости овог подручја и биолошкој стабилности шумских екосистема Великог ратног острва. Обновљене или сачуване састојине црне тополе представљају важан прилог у очувању сложених екосистема плавних шума.

Кључне речи: црна топола, Велико ратно острво, генофонд, варијабилност, конзервација.

Научна област: Шумарство

Ужа научна област: Семенарство, расадничарство и пошумљавање

UDK 630*165.3:582.681.81 *Populus nigra* L. (497.11-751 Veliko ratno ostrvo) (043.3)

CONSERVATION AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF BLACK POPLAR (*Populus nigra* L.) GENE POOL IN THE AREA OF GREAT WAR ISLAND

Summary

Looking around, a responsible man feels increasingly discouraged by the fact that many species are disappearing and habitats are being destroyed. In this process, forest trees will inevitably suffer as not only are individual genes or gene complexes lost but also entire species. It is possible and necessary to feel the challenge of searching for ways to stop that destruction!

This study was conducted in the protected area „Great War Island“ in the aim of conservation and sustainable utilization of the remaining gene pool of black poplar which here falls into the category of rare and endangered species, with a 5.4% share in the volume and 7.0 % share in the volume increment. It appears in fragments with only 907 registered trees without the possibility of natural regeneration and the tendency of disappearing from this area. An assessment of genetic variability was carried out at the level of test trees as population representatives serving as the basis for defining conservation measures. An analysis of the morphological characteristics of leaves shows that there is significant variability within the studied population, for all seven analyzed characteristics. An analysis of 11 microsatellite loci revealed a total of 110 alleles, i.e. on average 10 alleles at each locus. The average number of effective alleles (N_e) at each locus was 6,506. The established heterozygosity ($H_o = 0.702$; $H_e = 0.822$) in the studied population indicates a large interpopulation variability. In the aim of *in situ* conservation, three conservation sites were defined with a total area of 56 ha and 99 ar (conservation site A with an area of 27 ha and 90 ar; conservation site B with an area of 7 ha and 84 ar and conservation site C with an area of 21 ha 25 ar) and new potential areas suitable for natural regeneration with a total area of 16 ha and 50 ar were identified. The *ex situ* conservation of black poplar was conducted by establishing: a clonal archive in the Mišljenovac nursery, thus setting the basis for the conservation of one part of the gene pool and controlled production of qualified reproductive material; a progeny test in the nursery in which the genetic potentials of the mother trees and field genebank in the area of Great War Island. The conducted activities contribute to the

conservation of the available gene pool of black poplar, increasing the forest cover of the area and the biological stability of forest ecosystems of Great War Island. Regenerated or preserved stands of black poplar are an important contribution to the preservation of complex ecosystems of floodplain forests.

Key words: black poplar, Great War Island, gene pool, variability, conservation.

Scientific field: Forestry

Narrow scientific field: Seed science, nursery production and afforestation

UDK 630*165.3:582.681.81 *Populus nigra* L. (497.11-751 Veliko ratno ostrvo) (043.3)

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
1.1. Систематски положај и класификација <i>Populus nigra</i> L.	4
1.2. Основне карактеристике <i>Populus nigra</i> L.	8
1.3. Природно распрострањење <i>Populus nigra</i> L.	9
1.4. Морфолошке и биеколошке карактеристике <i>Populus nigra</i> L.	11
1.5. Угроженост популација <i>Populus nigra</i> L.	15
2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА.....	17
3. ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА	50
4. ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА	51
4.1. Заштићено подручје „Велико ратно острво”.....	51
4.2. Историјат Великог ратног острва.....	53
4.3. Геолошке карактеристике	56
4.4. Педолошке карактеристике.....	57
4.5. Хидролошке карактеристике	58
4.6. Климатске карактеристике.....	59
4.6.1. Температура ваздуха у периоду 1946-2013. године	60
4.6.2. Режим падавина у периоду 1946-2013. године	62
4.6.3. Хидрички биланс по методу <i>Thorntwaite</i> -а	64
4.6.4. Климатски индекс по методу <i>Thorntwaite</i> -а.....	66
5. ЦИЉЕВИ И ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА.....	69
6. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА.....	70
6.1. Процена стања црне тополе на подручју Великог ратног острва	71
6.1.1. Картирање локалитета на којима се јавља црна топола	71
6.1.2. Одређивање основних таксационих показатеља	73

6.1.3.	Процена квалитета стабала, степена угрожености и могућности природног обнављања.....	74
6.2.	Селекција тест стабала	78
6.3.	Процена варијабилности црне тополе на нивоу тест стабала	79
6.3.1.	Анализа морфолошких карактеристика листова.....	79
6.3.2.	Генетичка карактеризација применом SSR маркера.....	82
6.4.	Дефинисање стратегије конзервације и усмереног коришћења генофонда црне тополе на подручју Великог ратног острва	89
6.4.1.	Оснивање клонског архива у расаднику	90
6.4.2.	Оснивање клонског теста потомства у расаднику	92
6.4.2.1.	Процена пријема резница	93
6.4.2.2.	Процена преживљавања једногодишњих садница.....	94
6.4.2.3.	Анализа морфолошких карактеристика једногодишњих садница....	94
6.4.3.	Оснивање пољске банке гена на подручју Великог ратног острва	94
6.4.3.1.	Процена пријема садница.....	97
6.4.3.2.	Процена преживљавања двогодишњих садница.....	97
6.4.3.3.	Анализа морфолошких карактеристика двогодишњих садница	98
7.	РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА.....	98
7.1.	Стање црне тополе на подручју Великог ратног острва	98
7.1.1.	Локалитети на којима се јавља црна топола	98
7.1.2.	Основни таксациони показатељи картираних стабала	108
7.1.3.	Квалитет стабала, процена степена угрожености и могућности природног обнављања.....	110
7.2.	Варијабилност црне тополе на нивоу тест стабала	114
7.2.1.	Варијабилност морфолошких карактеристика листова.....	114
7.2.2.	Полиморфизам и генетичке дистанце	119

7.3.	Стратегија конзервације и усмереног коришћења генофонда црне тополе на подручју Великог ратног острва.....	127
7.4.	Мере <i>in situ</i> конзервације	127
7.5.	Мере <i>ex situ</i> конзервације.....	132
7.5.1.	Клонски архив у расаднику Мишљеновац.....	132
7.5.2.	Клонски тест потомства у расаднику Мишљеновац.....	133
7.5.2.1.	Варијабилност пријема резница.....	134
7.5.2.2.	Варијабилност преживљавања једногодишњих садница	135
7.5.2.3.	Варијабилност морфолошких карактеристика једногодишњих садница....	136
7.5.3.	Пољска банка гена на подручју Великог ратног острва	145
7.5.3.1.	Варијабилност пријема садница	150
7.5.3.2.	Варијабилност преживљавања двогодишњих садница	150
7.5.3.3.	Варијабилност морфолошких карактеристика двогодишњих садница....	151
7.6.	Смернице за управљање конзервационим стаништима и одржавање пољске банке гена	160
7.7.	Предлог даљих активности на пољу конзервације генофонда црне тополе на Великом ратном острву	162
8.	ДИСКУСИЈА	164
9.	ЗАКЉУЧЦИ	188
10.	ЛИТЕРАТУРА	191

1. УВОД

Шуме су најважнији извор биолошког диверзитета, које имају кључну улогу у одржавању еколошких процеса и равнотеже на локалном, националном, регионалном и глобалном нивоу (Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2010). Оне су ослонац многим другим организмима, јер имају развијене комплексне механизме за одржавање високог нивоа генетске разноврсности (Mataruga *et al.*, 2013).

Генетска варијација која постоји унутар врсте и између врста, има бројне фундаменталне улоге. Она омогућава дрвећу да реагују на промене у окружењу, укључујући и оне које проузрокују штеточине, болести и климатске промене (Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2007; Mataruga *et al.*, 2013; Orlović *et al.*, 2014).

Савремени човек својим различитим активностима допринео је промени и потпуном уништењу природних екосистема и предела, што се одразило на изчезавање великог броја органских врста или смањење њихових популација до критичне границе (Stevanović and Vasić, 1995). Ово је нарочито опасно у случајевима када се деструкција врши у популацијама шумског дрвећа са ограниченим или дисјунктивним ареалом, код ретких екотипова на ограниченом станишту или у случајевима ендемо-реликтних врста дрвећа. Тада нису угрожени само генски комплекси или гени, већ и целе популације, што у екстремним случајевима може довести и до нестанка читавих врста (Isajev and Šijačić-Nikolić, 2003; Šijačić-Nikolić *et al.*, 2006).

Забринутост биљних и животињских оплемењивача за могућност губитка важних особина за будућа укрштања навела их је на идеју заштите генетичких ресурса (Franjić and Liber, 2001). Конзервациони концепт још је више актуелизован променама у животној средини, условљених негативним деловањем човека (Schierwater *et al.*, 1994; Bardat *et al.*, 1995; Haig, 1998; Butcher *et al.*, 1999), па је заштита унутарврсне генетичке разноврсности препозната као један од главних циљева конзервационе биологије (IUCN/-UNEP/WWF, 1991).

Конзервација шумских генетичких ресурса широм света има за циљ одржавање укупне генетичке разноврсности, која је од познатог или могућег социо-економског или еколошког значаја (Mataruga *et al.*, 2013). Поред тога, она је од есенцијалног значаја за унапређење и развој заштитних, естетских и културних

функција шумских екосистема (Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2007) укључујући одрживи привредни раст и развој и адаптацију на животну средину (Orlović *et al.*, 2014). Очекује се да ће шумски генетички ресурси одиграти кључну улогу у ублажавању и превазилажењу климатских промена, али они ће моћи да испуне ту улогу само ако су стабла у стању да преживе и прилагоде се условима климатских промена (Orlović *et al.*, 2014).

Очување гена код шумског дрвећа представља одржавање еволуцијски створеног адаптацијског потенцијала поједине врсте, а тиме уједно и њене шумске заједнице и целокупног екосистема. За потребе очувања генофонда врста шумског дрвећа потребно је очувати постојећи генетски варијабилитет, његову адаптабилност за процесе природне еволуције и за оплемењивање, те унапредити сазнања и идентификацију толерантних јединки на поједине болести и штеточине, уз избегавање смањења величине генетских ресурса угрожених врста (Kajba *et al.*, 2006).

Редукција биодиверзитета је кључни момент и најбоља мера савремене светске еколошке кризе, због тога се смањивање биолошке различитости убраја међу основне проблеме нашег времена (Berberović, 2012). Да би се смањило негативан утицај губитка генетичке разноврсности у шумским екосистемима, који све више узима маха, намеће се потреба конзервације и усмереног коришћења шумских генетичких ресурса, посебно, ретких, реликтних, ендемичних и угрожених врста шумског дрвећа. Ове врсте се могу сматрати приоритетним врстама у процесу конзервације и усмереног коришћења шумских генетичких ресурса (Isajev and Šijačić-Nikolić, 2001, 2003; Milovanović and Šijačić-Nikolić, 2006, 2008, 2010/a).

Према REFORGEN бази о шумским генетичким ресурсима (2003) црна топола је сврстана у категорију угрожених врста на подручју читаве Европе. Угроженост природних популација црне тополе указује на неопходност креирања стратегија конзервације генетичког диверзитета, али и примену мера очувања њених типичних станишта, што је препознато од стране бројних научника који су се бавили проучавањем конзервације генофонда црне тополе широм Европе (Cagelli and Lefevre, 1995; Lefevre *et al.*, 1998, 2001; Cottrell, 2004; Storme *et al.*,

2004; Smulders *et al.*, 2008/a; Kajba *et al.*, 2005; Toplu, 2005; Pospíšková and Bartáková, 2004; Pospíšková and Šálková, 2006; Ballian and Mekić, 2008, Rathmacher *et al.*, 2010). Осим тога покренути су и међународни пројекти који су се бавили проучавањем генетичке варијабилности у циљу конзервације расположивог генофонда црне тополе (EUFORGEN - *Populus nigra network*, 1994; EUROPOP, 1997-2000; DANUBEPARKS *network of protected areas*, 2012-2014). С друге стране истраживању црне тополе у нашој земљи посвећена је мања пажња, и углавном су се та истраживања базирала на проучавању биоеколошких карактеристика врсте и варијабилности анатомских, морфолошких и молекуларних карактеристика (Tucović, 1965; Kovačević, 2014; Jelić *et al.*, 2014; Čortan, 2015). У овим истраживањима извршена су детаљна проучавања варијабилности на различитим нивоима, док је конзервација генофонда само споменута, али није детаљније разматрана. За разлику од претходних истраживања, у овој докторској дисертацији посебан акценат биће стављен на конзервацију генофонда црне тополе, као једном од новијих приступа који је све чешће присутан у науци и струци.

Ова истраживања су неопходна због чињенице да се присутност црне тополе у ритским шумама на подручју Републике Србије у последњим деценијама све више смањује. У укупном шумском фонду Србије, аутохтоне шуме топола, учествују са свега 0,5-1,0%, те се могу сматрати ретким врстама (Banković *et al.*, 2009). Према Kovačeviću *et al.* (2010), у Србији европска црна топола, као и бела топола, спада међу доминантне дрвенасте врсте аутохтоних биоценоза алувијалних подручја, које су ретке, па чак и угрожене, нарочито европске црне тополе.

Истраживања у овој докторској дисертацији обављена су у заштићеном подручју „Велико ратно острво“ које припада осетљивим екосистемима хигрофилних шума. Ови екосистеми се карактеришу присуством биљних и животињских врста, зависних у већем или мањем степену, од присуства воде. Имајући у виду значај ових екосистема, као и њихову угроженост актуелним климатским променама, конзервација и усмерено коришћење шумских дрвенастих врста, као њихових главних носиоца, је од посебног значаја за њихову одрживост и стабилност.

У заштићеном подручју „Велико ратно острво” црна топола се јавља у мешовитим састојинама које припадају типу шуме беле и црне тополе (*Populetum albo-nigrae Slav.*⁵²) на мозаику различитих алувијалних земљишта (Banković and Medarević, 2009). Присуство црне тополе на овом локалитету је од пресудног значаја за очување осетљивих екосистема хигрофилних шума. Са учешћем у запремини од 5,4% (2.458,7 m³) и запреминском прирасту од 7,0% (54,2 m³) црна топола на овом подручју спада у групу ретких и угрожених врста (2008), што намеће потребу за конзервацијом и усмереним коришћењем преосталог генофонда.

1.1. Систематски положај и класификација *Populus nigra* L.

Тополе почињу да се помињу још у делима старогрчких филозофа. Први мало тачнији опис дао је Теофраст 327-287. године п.н.е., који у својим делима пише о три врсте тополе: црној, белој и трепетљивици. Исте наводе потврђују Плиније и Диоскоридес, који такође у својим делима описују ове три врсте. Као и други старогрчки и римски аутори они сматрају да су тополе неплодне, да немају способност цветања и плодоношења и да се размножавају уз помоћ грана посађених у земљу. Ово уверење задржало се све до средњег века када Карл Лине у свом делу „*Genera Planetarum*” из 1752. године даје тачне морфолошке карактеристике рода *Populus*, при чему посебан акценат ставља на грађу мушких и женских цветова, али не даје опис по врстама. Исти аутор у свом делу „*Species Planetarum*” из 1753. године описује пет врста тополя, где поред евроазијских тополя *P. alba*, *P. nigra* и *P. tremula* описује и две америчке тополе *P. balsamifera* и *P. heterophylla* (Romanić, 2000).

Све до времена Линеа познавање врста тополя било је доста слабо. У 18. веку долази до продубљивања знања о тополама, због све чешћих истраживачких експедиција у Азији и Северној Америци. У том период у Европу се уносе мноштво нових врста дрвећа и грмља, које се спонтано укрштају са домаћим врстама. У дендролошкој литератури тог времена појављују се не само основне евроазијске врсте, подељене у ниже систематске категорије, него и њихови хибриди настали спонтаном хибридизацијом са унешеним алохтоним врстама.

Romanić (2000) наводи да је прву поделу рода *Populus* на секције *Leuce* и *Aigeiros* дао Даби 1828. године, а нешто касније и Весмел 1877. године који род *Populus* дели на три секције: *Leuce* Duby, *Aigeiros* Duby и *Tacamahaca* Spach. У својој непотпуној монографији рода *Populus* из 1905. године Доде је унео велику пометњу међу ботаничарима тога доба, јер је описао 110 врста из рода *Populus*. Само за *Populus nigra* наводи 22 различите врсте, који су били синоними за већ описане врсте и култиваре црних топола. Гомбоц 1908. године наводи да род *Populus* обухвата 30 врста, које је поделио у шест секција *Turanga* Bunge, *Aigeiros* Duby, *Tacamahaca* Spach, *Leucoides* Spach, *Trepidae* (Hartig) Gombocz, *Leuce* Duby. У својим истраживањима даје тачан опис вегетативних и генеративних органа. Овај аутор разликује шест варијетета *P. nigra* и означава их грчким словима алфабета.

Комаров (1936) даје преглед систематике рода *Populus*, који се у великој мери разликује од претходних истраживања. Овај аутор је род топола поделио у три групе (подрода), који се разликују међу собом: *Turanga* Bge, *Leuce* Duby, *Eurpopulus* Dode. Тополе прва два подрода групише у низове, а последњи и у секције.

Houtzagers and Pourtet (1959) дају класификацију рода *Populus*, код које су све врсте подељене у 5 секција: *Turanga* Bge., *Leuce* Duby. са две подсекције: *Trepidae* и *Albidae*, *Aigeiros* Duby, *Tacamahaca* Spach и *Leucoides* Spach.

Свакако је интересантна и класификација коју усваја Wettstein (1952) и Eisenreich (1959), која дели род у 6 секција: *Turanga* Bge, *Trepidae* Harting, *Albidae* Wett. (а према Гомбоцу: *Leuce* Duby), *Aigeiros* Duby, *Tacamahaca* Spach и *Leucoides* Spach.

Vučetić (1958) наводи да се секција црних топола, *Aigeiros* Duby, према одлукама VII интернационалног ботаничког конгреса у Стохолму и VIII заседања интернационалне комисије за тополу дели у 3 групе. Прва група обухвата све црне евроазијске тополе и дела северне Африке (колективна врста *Populus nigra* Linne, као једини представник). Другу групу обухватају црне тополе Северне Америке (*Populus deltoides* Marsh., такође колективна врста, *Populus sargentii* Dode, *Populus fremontii* Wats., *Populus wislizerii* Sarg), док трећа група обухвата бројне хибриде

тополе између евроазијскоафричке црне тополе (*Populus nigra*) и *P. deltoides*, назване еурамерички хибриди од француских дендролога Додеа и Гајнера. За целу ову групу Међународна комисија за тополу усвојила је колективно име *Populus euramericana* (Dode) Guinier, која обухвата све хибриде еурамеричког порекла.

Eckenwalder (1996) истиче да највећи несклад у различитим класификацијама топола представља број врста, који се зависно од аутора креће од 22 до 85. Ово је из разлога што многи аутори не препознају природне хибриде F_1 генерације, па их третирају као изворне врсте, као и у разлици схватања дефиниције врсте. Природни хибриди F_1 генерације могу имати доследну морфологију и јасан географски опсег, али њихова равнотежа ишчезава сексуалним размножавањем у следећим генерацијама, па они због тога не могу бити третиране као врсте. Поред тога, велика диспропорција броја врста је у разлици схватања унутарврсне варијабилности. Неки аутори не прихватају унутарврсну варијабилност, што резултира признавањем великог броја врста, за разлику од других аутора који уважавају унутарврсни варијабилитет, што резултира мањим бројем врста рода *Populus*.

Према Eckenwalder-овој (1996) класификацији топола која се најчешће користи, род *Populus* има укупно 29 врста подељених у 6 секција (табела 1), које су груписане на основу морфолошких сличности и могућности укрштања.

Царство *Plantae* → Одељак *Spermatophyta* → Пододељак *Magnoliophytina* → Разред *Magnoliopsida* → Ред *Salicales* → Фамилија *Salicaceae* Lindl. → **Род *Populus* L.**

Табела 1. Класификација топола према Eckenwalder-у (1996)

Секција					
<i>Abaso</i> Eckenwalder	<i>Turanga</i> Bunge	<i>Leucoides</i> Spach	<i>Aigeiros</i> Duby	<i>Tacamahaca</i> Spach	<i>Populus</i> (<i>Leuce</i> Duby)
Врста (распрострањење)					
<i>Populus mexicana</i> Wesmael (Мексико)	<i>P. euhratica</i> Olivier (СИ Америка, Азија)	<i>P. glauca</i> Haines (Кина)	<i>P. deltoides</i> Bartr. ex Marsh. (Северна Америка)	<i>P. angustifolia</i> James (Северна Америка)	<i>P. adenopoda</i> Maximowicz (Кина)
	<i>P. ilicifolia</i> (Engler) Rouleau (Источна Африка)	<i>P. heterophylla</i> L. (САД)	<i>P. ferontii</i> S. Watson (САД)	<i>P. balsamifera</i> L. (Северна Америка)	<i>P. alba</i> L. (Европа, Северна Африка, Централна Азија)
	<i>P. pruinosa</i> Schrenk (Азија)	<i>P. lasiocarpa</i> Olivier (Кина)	<i>P. nigra</i> L. (Евроазија, Северна Африка)	<i>P. ciliata</i> Royle (Хималаји)	<i>P. gamblei</i> Haines (Источна Евроазија)
				<i>P. laurifolia</i> Ledebour (Евроазија)	<i>P. grandidentata</i> Vazques&Cuevas (Мексико)
				<i>P. simonii</i> Carrière (Источна Азија)	<i>P. monticola</i> Brandegeе (Мексико)
				<i>P. suaveolens</i> Fischer (СИ Кина, Јапан)	<i>P. sieboldii</i> Miquel (Јапан)
				<i>P. szechuanica</i> Schneider (Источна Евроазија)	<i>P. simaroa</i> Miquel (Јапан)
				<i>P. trichocarpa</i> Torrey&Gray (Северна Америка)	<i>P. simaroa</i> Rzedowski (Мексико)
				<i>P. yunnanensis</i> Dode (Евроазија)	<i>P. tremula</i> L. (Европа, Северна Африка, СИ Азија)
					<i>P. tremuloides</i> Michaux (Северна Америка)

1.2. Основне карактеристике *Populus nigra* L.

Црна топола (*Populus nigra* L.) представља једну од најзначајнијих врста шумског дрвећа алувијалних станишта. Типичан је представник пионирских врста дрвећа (Cagelli and Lefèvre, 1995; Smulders *et al*, 2001; van der Schoot *et al*, 2000, Fossati *et al*, 2003; Storme *et al.*, 2004; Pospíšková and Šálková, 2006; Imbert and Lefevre, 2003; Cottrell *et al.*, 2005), која се одликује широком еколошком валенцом (Kajba *et al.*, 2005). Насељава необрасле површине и за свој раст и развој тражи плодна и свежа земљишта (Ballian and Mekić, 2008), а избегава кисела земљишта и стајаћу воду (Romanić, 2000). У приобалним екосистемима формира метапопулације налетом семена на свеже наплављене алувијалне наносе (Zsuffa, 1974; Herpha, 1986; Vanden Broeck, 2003; Kajba *et al*, 2005).

Животни циклус црне тополе, од опрашивања, формирања семена, распрострањања, клијања и вегетативног размножавања преко раста, добро је синхронизован са режимом плављења, пре свега са учесталостју и временом периодичних поплава и суша (Hupp, 1992; Iwasa and Levin, 1995; Lytle and Poff, 2004; Stella *et al.*, 2006).

Карактерише се великом разноврсношћу типова популација, од појединачних индивидуа до чистих или мешовитих састојина које се простиру на великим површинама (Lefèvre *et al.*, 1998; Vanden Broeck, 2003; Toplu, 2005). Под повољним условима може да живи и преко 100 (300) година (Imbert and Lefèvre, 2003; Jovanović, 2007), а на неповољним стаништима не живи дуже од 50-60 година (Jovanović, 2007). Појединачна стабла могу живети и преко 400 година (Popivshchy *et al.*, 1997; Vanden Broeck, 2003; Toplu, 2005).

Расте као дрво равница и брежуљака, обично на висини до 300 m. Заједно са белом тополом и врбом је главна домаћа врста која изграђује ритске шуме. Углавном ствара мешовите састојине (*Populetum nigrae*), које представљају производ узајамног деловања еколошких особина и биолошких захтева врба и тополя са једне, те алувијалног деловања реке с друге стране. У овим мешовитим састојинама црна топола расте на вишим деловима, на теренима где вода не долази више пута годишње, на нижим деловима место уступа врбама (Tucović, 1954).

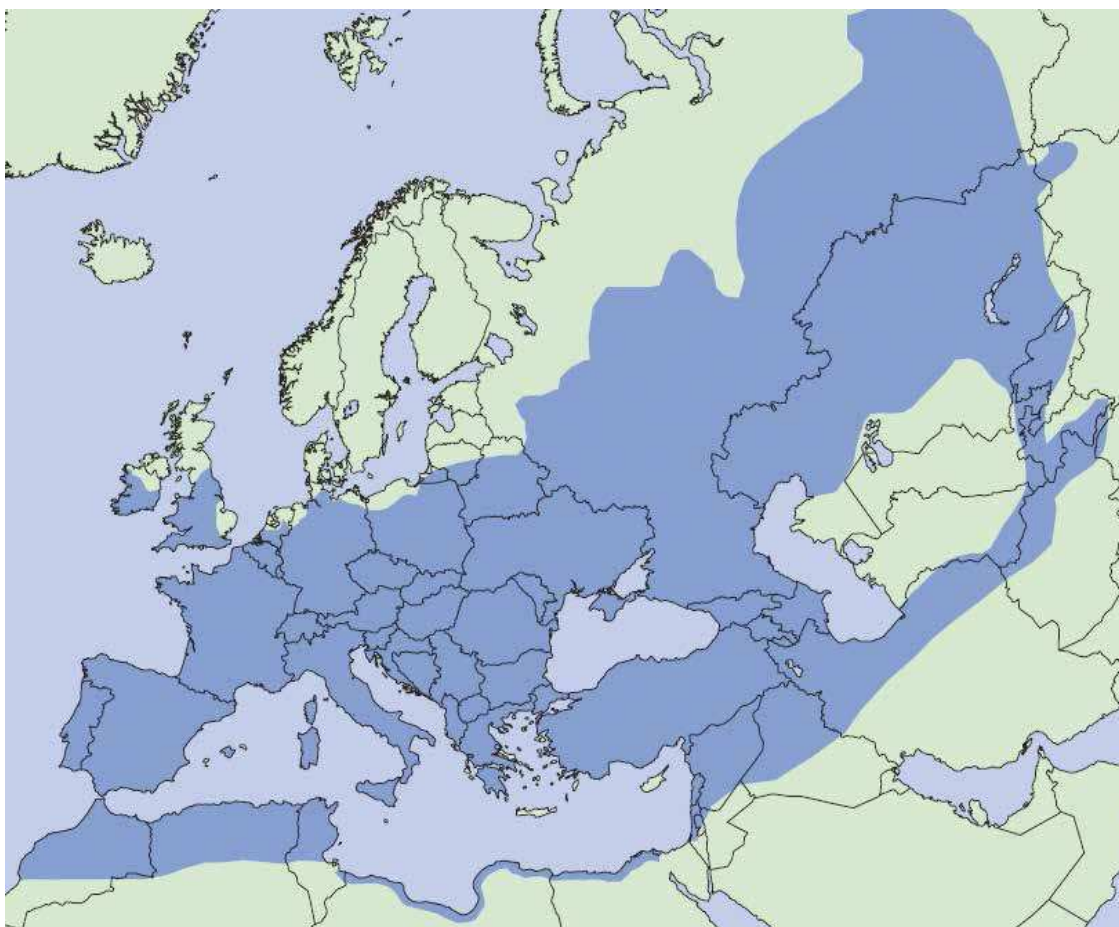
Карактерише их стална хелиофилност, рана кулминација прираста, рани наступ фертилитета, кратак животни век, богата и честа фруктификација, способност распрострањења семена на далеко, лака вегетативна регенерација (Kajba *et al.*, 2005). Брз раст и лако вегетативно размножавање су основна својства која су омогућила постизање великих ефеката у клонској селекцији, што представља први облик употребе селекционисаног материјала у практичном шумарству (Ballian and Mekić, 2008).

1.3. Природно распрострањење *Populus nigra* L.

Многи аутори су све до шездесетих година XX века само у грубим цртама дефинисали извесне географске области у којим су сматрали да је распрострањена црна топола и њени варијетети, а да при томе нису улазили у прецизније ограничавање тих података. Ипак, општи став у дендролошкој литератури тог доба био је да се црна топола у широком подручју свог ареала распростире готово у читавој Европи са изузетком Скандинавије, Шкотске, Ирске и острвима Балтичког мора, где је њен ареал вештачки проширен. Најсеверније природно налазиште аутохтоне црне тополе налази се, у Западном Сибиру, на Јенисеју на око 64° северне географске ширине, а најисточније налазиште на Кани на 96° источне географске дужине. Јужна граница распрострањења црне тополе захвата мањи део северне Африке, где постоје разбијена налазишта црне тополе на планинама Алжира и Марока, затим Азију односно северну Персију, Сирију, источни Авганистан, источни Туркестан, падине Алтаја и Хималаја. Распрострањење црне тополе у Западни Сибир и Централну Азију није довољно прецизно утврђен у том времену (Tusović, 1965).

У литератури новијег датума наводе се подаци који се подударају са библиографским подацима старијег раздобља. Ареал црне тополе је изузетно велик и дисјунктиван (Romanić, 2000). Насељава алувијалне терене уз велике реке умерених климатских подручја Европе и Азије (Romanić, 2000; Kajba *et al.*, 2005). Претежно се јавља у средњој и јужној Европи, а ареал јој захвата и Сибир (Jovanović, 2007). Црна топола има велик ареал широм Европе, а налази се и у Северној Африци и централној и западној Азији. Подручје распрострањења

протеже се од Медитерана на југу до приближно 64° географске ширине на северу, и од Велике Британије на западу до Казахстана и Кине на истоку. Ареал обухвата Кавказ и делове Блиског Истока (Zsufa, 1974; Vanden Broeck, 2003; Dickmann and Kuzovkina, 2008). Природни опсег црне тополе укључује већи део западне Европе (са изузетком Скандинавије, Ирске, Шкотске), Украјине, Руске Федерације, део северне Африке и Мале Азије и северни Иран (Toplu, 2005). На овако широком ареалу црна топола заузима мање више незнатну површину на шљунковитим наносима у долинама река, ређе и обалама језера.



Слика 1. Ареал *Populus nigra* L. према EUFORGEN-у (Vanden Broeck, 2003)

На подручју Републике Србије, црна топола се јавља као врста ритских шума углавном уз веће водене токове (Maksimović and Šijačić-Nikolić, 2013). Регион црне тополе, од извора низ реку, настаје одмах после региона сиве јове и беле врбе, које у већини случајева захватају изворишни део реке. Највеће распрострањење и најбоље чисте и мешовите састојине црна топола има у

плавним подручјима наших великих река Дунава, Саве, Тисе и Велике Мораве, на надморској висини од 80-120 m. Њено распрострањење тесно је везано за режим плављења, подземних вода и распрострањење шљунковитих, песковитих и песковито иловастих алувијалних наноса на којима црна топола нема конкурента. На оваквим стаништима црна топола постиже знатне размере и остварује високопродуктивне шуме које имају знатну економску вредност (Tucović, 1965).

1.4. Морфолошке и биоеколошке карактеристике *Populus nigra* L.

Црна топола је високо дрво чија појединачна стабла постижу знатне димензије. Дрво првог реда, нарасте до 35 m висине и пречника до око 3 m (Jovanović, 2007). Димензије стабла зависе од надморске висине, па тако на висинима преко 200 m ретко се срећу популације црне тополе са средњом висином до 30 m, а појединачна стабла са прским пречником преко метар (Tucović, 1965).

Појединачна стабла на осами имају карактеристичан хабитус, са кратким деблом, широком и доста ретком крошњом и искривљеним јаким гранама које се пружају до саме земље. Стабла у склопу су висока и пунодрвна, са мањом крошњом.

Одликује се снажно развијеним, више-мање плитким кореновим системом са дубоким укоречавањем само једног дела вертикалних жила (Tucović, 1973). Кора код младих стабала је глатка пепељасто сиве боје, а код старијих стабала је тамно сива, дубоко испуцала и карактеристично избраздана. У доњим деловима дебла често ствара икричавост која потиче од успаваних пупољака, што је јако цењена особина код израде фурнира.

Једногодишњи избојци су округли, без ребара на кори, жућкастонаранцасте боје, која у другој години прелази у пепељастосиву боју. Пупољци су спирално распоређени око избојка, купасти, зашиљени, са сјајном смоластом пресвлаком.

Лишће је ромбично, са дугачком бочно спљоштеном петелјком, при основи клинасто, а по ободу назубљено. Листа у периоду април-мај, и ова фаза се поклапа са фазом сазревања плодова.

Спада у дводомо дрвеће. Цветови се развијају у висућим, дугим ресама, на прошлогодишњим избојцима. Мушки цветови имају 4-6 cm дуге ресе, црвене боје, које носе 20-30 прашника. Женски цветови су ресе дужине 8-10 cm, већином жућкастозеленкасте боје. Цвета пре листања и опрашује се помоћу ветра.



Pl. 305. *Peuplier noir*. *Populus nigra* L.

Слика 2. Европска црна топола (*Populus nigra* L.) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:305_Populus_nigra_L.jpg)

Плод је вишесемена, купаста, гола, зеленкастосмеђа чаура. У зрелости плодна чаура пуца на два дела и ослобађа семе. Семе у чаури је бројно, са дугим белим свиленастим длачицама на себи. Длачице у које је уграђено семе омогућавају његово расејавање на велике удаљености, што резултира високом стопом миграције, протока гена и генетичке разноврсности (Legionnet and Lefèvre, 1996; Guillois-Froget *et al.*, 2002). Семе се прво разноси ветром, а затим секундарно водом (Imbert and Lefèvre, 2003). Ове две фазе расејавања су могуће, јер је семе лако (1450 семенки по g, Zsuffa, 1974) и има велику хидрофобну длакавост.

Црна топола достиже репродуктивну зрелост између 10-15 године старости, али не производе значајне количине семена пре двадесете године (Braatne *et al.*, 1996; Stanton and Villar, 1996). Кореcky (1962) према Zsuffi (1974) наводи да црна топола почиње да рађа између 6-8 године живота, али су нађене биљке које су почеле да цветају у другој години живота. Репродуктивно зрела стабла обилно плодносе сваке године, па старија стабла могу да произведу преко 50 милиона семенки у једној сезони (OECD, 2000). Плодоношење је нарочито обилно када је круна стабала потпуно осветљена.

Клијање семена се дешава искључиво на голом земљишту (Barsoum and Hughes, 1998) и за успешно клијање потребни су оптимални водо-земљишни услови, као и места где су свежи наноси песка и шљунка, без вегетације (Barsoum, 2001; Gaudet, 2006).

Семе има кратку виталност и уколико су повољни услови хипокотил се развија у року 6-8 часова након што је влага досегла до семена (Zsuffa, 1974). У прве две године по хектару се могу наћи 500.000, ређе и 1.000.000 биљака, а у 4. години од тог броја остаје 100.000-150.000 хиљада биљака. Од овог броја временом остаје 0,5-1%, а у зрелим састојинама још мање (Јовановић, 2007).

У свим својим животним фазама црна топола је под директним утицајем хидролошког режима река, од кога највише зависи њена регенерација (Barsoum, 2001). Природно обнављање црне тополе је све ређе, будући да је хидролошким захватима у сливовима река ублажена њихова ерозивна снага, па је процес појаве нових спрудова, на којим се јављају малати црне тополе све ређи (Romanić, 2000). Поред тога, бројна еколошка ограничења доприносе ретком подмлађивању црне

тополе, на сваких 10 до 20 година, у зависности од климатских услова и рељефа обале реке (Braatne *et al.*, 1996).

Наповољнији услови за преживљавање младих садница је стално влажна подлога (Guilloy-Froget *et al.*, 2002) која мора бити погодна за ширење корена (Legionnet *et al.*, 1999). Саднице се укорјењавају на влажним наносима, на нижим нивоима реке где касније често буду уништене или оштећење од приобалних поплава (Braatne *et al.*, 1996). Из тих разлога се у природним састојинама црне тополе често јавља јака старосна структура (Heinze, 1998/a).

Поред ефикасног ширења семена и полена црна топола се одликује и добром способношћу да се подвргне природном вегетативном размножавању (Arens *et al.*, 1998). Поседује велику моћ терања изданка из пања и кореновог система, и може дати 400-500 изданака, од који касније остаје свега неколико (Jovanović, 2007). Асексуално или вегетативно размножавање представља алтернативу регенерацији из семена и јавља се у случају дугог периода поплаве и/или услед механичких оштећења родитељских стабала, успаваних коренских примордија и пупољака који су стимулирани да производе нове избојке и корење (Barsoum, 1998). Вегетативно размножавање се одвија из избојака и из изданака на местима где је дошло до механичких повреда дрвета или је део биљке делимично затрпан земљом, или узимањем дела биљке (резнице) (Legionnet *et al.*, 1997).

Докази о спонтаном вегетативном размножавању су најчешће откривени у јувенилној фази развоја црне тополе, док допринос вегетативног наспрам сексуалног размножавања у адулној фази развоја остаје нејасан. Оборена стабла, преломљени делови корена и гране транспортоване рекама могу се врло лако укоренити када су делимично прекривени земљом (Cagelli and Lefèvre, 1995). За потребе газдовања шумама црна топола се успешно размножава резницама (Ballian and Mekić, 2008) и овај начин размножавања представља најчешћи облик размножавања у плавном окружењу (Barsoum, 2001).

1.5. Угроженост популација *Populus nigra* L.

Европска црна топола представља једну од најугрожених аутохтоних врста у Европи (Lefèvre *et al.*, 2001; Cottrell *et al.*, 2002; Vanden Broeck *et al.*, 2002; Tabbener and Cottrell, 2003; Cottrell, 2004; Pospíšková and Šálková, 2006; Rathmacher *et al.*, 2010; Bordács and Bach, 2014).

Три кључна фактора угрожавају опстанак природних популација црне тополе. Први фактор је нестанак влажних екосистема, услед људских активности, који представљају основна станишта ових врста. Природна станишта тополя нестају под притиском пољопривредних и шумарских активности, али и урбанизације која захвата све више простора. Поред тога, регулација речних сливова доводи до поремећаја регенерационих капацитета врста и подстиче замену популација тополя популацијама тврдых лишћара.

Други важан угрожавајући фактор јесте замена природних састојина аутохтоних врста тополя плантажама брзорастућих клонова хибридних тополя, у циљу задовољења потреба људске популације за дрветом меких лишћара.

На крају, интрогресија култивисаних клонова других врста тополя је потенцијална претња природним популацијама црне тополе. Поред егзотичних хибрида тополя, претњу по генофонд и одрживост природних популација црне тополе, представљају и различити варијетети који нису аутохтоног порекла (Lefèvre *et al.*, 1998).

Дивље популације аутохтоних црних тополя могу бити угрожене од изумирања преко генетичке асимилације када се нађу у непосредној близини широко распрострањених засада хибридних тополя. Појединци у малим изолованим популацијама у контакту са другим таксонима су много више погодни хибридизацији ако ни због чега другог онда због недостатка јединки исте врста у непосредном окружењу. Ово је случај за изоловане природне популације *P. nigra* на северним маргинама њеног дистрибуционог подручја (Tabbener and Cottrell, 2003; Vanden Broeck *et al.*, 2002), и на њеним источним маргинама у Кини, где се *P. nigra* слободно хибридизује са *P. laurifolia* (Shu, 1982). Тако, интродуковане хибридне тополе ће моћи да у кратком временском интервалу (неколико генерација) надмаше аутохтоне црне тополе, јер када хибридизација започне,

тешко је зауставити, посебно ако су хибриди плодни и опрашују се међу собом и са сродним индивидуама (Allendorf *et al.*, 2001), што је случај са *Populus* врстама (Vanden Broeck *et al.*, 2003).

У многим европским земљама, посебно у Западној Европи природна станишта црне тополе су угрожена. Црна тополя је једна од најугроженијих врста у Белгији, где је потпуно нестала у долини реке Мезе (van Slycken, 1995). Слична ситуација је установљена и у Холандији (de Vries, 1995). Смањење популација црне тополе у Аустрији дуж Дунава приметно је од 1960. године (Heinze, 1997/a). У Немачкој црна тополя је категорисана као „рањива“ врста и налази се на Националној Црвеној Листи (BfN, 2008). Ситуација у Великој Британији показује да је црна тополя пред изумирањем у граничним подручјима њеног ареала. Најновије истраживање показује да у Енглеској, Велсу и Северној Ирској има 7.000 стабала црне тополе, од којих су 600 женске индивидуе (Cooper *et al.*, 2002; Preston *et al.*, 2002), што представља драстично смањену ефективну величину популације (White, 1993; Tabbush, 1996). Такође, црна тополя је услед урбанизације и лошег управљања природним ресурсима, постала једна од најугроженијих врста у природним популацијама у Турској, где је имала широко распрострањење (Toplu, 2005).

Истраживања заснована на молекуларним маркерима показују да је генетичка разноврсност црних топола у Европи највећа у јужним земљама (Француска, Италија, Шпанија), а најнижа у Британији (Storme *et al.*, 2004). У генетичкој студији базираној на изоензимима Legionnet and Lefèvre (1996) пронашли су мању разноврсност црне тополе у француским популацијама у односу на популације у Централној Европи, што такође указује на мању разноврсност у маргиналном делу њеног ареала. Legionnet (1996) је пронашао доказе неочекивано ограниченог протока гена, па је с обзиром на присуство неповољног генетског материјала у генима популације предвидео песимистички сценарио када је у питању ова врста.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Активности везане за конзервацију и усмерено коришћење шумских генетичких ресурса црне тополе биле су предмет бројних истраживања. Ова истраживања су се, у највећој мери, односила на, испитивање унутарпопулационе и међупопулационе варијабилности на нивоу морфолошких и молекуларних маркера, проучавање интрогресије гена култивисаних топола и дефинисање адекватних стратегија конзервације генофонда.

У даљем тексту дат је преглед појединих истраживања који су се бавили овом тематиком, као и резултати и закључци до којих су аутори тих истраживања дошли. С обзиром да су истраживања са овом проблематиком, у највећем броју случајева, повезана, преглед истраживања неће бити подељен у поглавља него ће бити приказан као целина. Сагледавањем свих параметара заједно може се добити увид у структурно-функционалну повезаност истраживања и извести адекватан закључак.

Први корак да се у Србији изврши таксономска класификација облика црне тополе на основу упоредне морфолошке и биометријске анализе, распрострањености и биоеколошких карактеристика предузет је од стране Туцовића у периоду 1956-1964. године. Све до тада црна тополя је била недовољно проучена кроз научно истраживачки рад и постојећи подаци су се често односили на популације из географски удаљених подручја Европе.

Анализирајући морфолошке карактеристике листова дугораста и краткораста Тисовић (1965) је потврдио уочљиве разлике између базалних, средњих и вршних листова што указује да је лист црне тополе пластичан орган. Потпуно формиранли листови дуж дугораста много се разликују по облику и величини, међутим, у процесу формирања дугораста најмање се мењају базални листови, који су веома слични са листовима краткораста. Вршни листови су знатно мањих димензија, често закржљали, јер се развијају под условима неповољним за њихов потпун развој, па су по облику и димензијама на дугорасту једино карактеристични средњи листови. Између формиранлих листова дуж границе краткораста, такође се уочавају знатне разлике, међу којима су листови средњег дела по облику и димензијама најкарактеристичнији и потпуно

формирани. Због напред наведених карактеристика листова аутор истиче да су услед најмање израженог полиморфизма средњи листови дуж граница најважнији за карактерисање појединих систематских облика. Поредиши листове средњег дела граница дугораста и краткораста аутор је забележио веће димензије листова дугораста који се одликују лучном основом, док су листови краткораста мањи и са клинастом основом. Поред тога, утврдио је знатни листни полиморфизам који је условљен положајем листова у крошњи. Проучавањем органа црне тополе потврђен је знатан степен варијабилности и при географском распрострањењу, па се у том погледу у Србији разликују флористички низијске и брдске популације црне тополе. На основу обављених упоредних морфолошких и биометријских истраживања црне тополе у Србији аутор је одредио ниже таксономске категорије црне тополе, које имају посебно еколошко и биолошко значење.

Морфолошка варијабилност листова црних топола, као и код других врста дрвећа је врло велика. Према морфолошким карактеристикама разликују се листови на дугим и листови на кратким избојцима. Листови са дугих избојака више су варијабилни од листова са кратких избојака. Листови на дугим избојцима су ромбичнооовални ушиљеног врха, фино назубљеног руба, без длачица, док су листови на кратким избојцима мањи, шири и често затупљене или заобљене базе Rehder (1940) према Zsuffi (1974).

Eckenwalder (1996) наводи да листови показују велику варијабилност према томе у којем се делу крошње налазе, да ли су са дугог или кратког избојка те да ли су се развили у пролеће или лето. Slavov and Zhelev (2010) наводе да постоје разлике и између листа јувенилних и одраслих стабала топола, које се огледају величини, облику и назубљености.

На основу морфолошке варијабилности листова црне тополе Krstinić *et al.* (1997) покушали су да процене степен интрогресије у потомство три просторно одвојене природне састојине црне тополе дуж реке Саве у Хрватској. У овом истраживању анализирана су морфолошка својства листова краткораста трогодишњег генеративног потомства, као и листови од двестогодишње европске црне тополе, једне *P. deltoides* „Lux 618“, *P. x euramericana* „I-214“ и *P. nigra* var

„*Italica*“, који су се користили као контролни подаци. Резултати анализе показали су да у посматраном потомству преовладавају фенотипи који су најсличнији европској црној тополи. Код малог броја јединки утврђена су обележја карактеристична за америчку црну тополу (*Populus deltoides* Bartr.), што се објашњава реконбинацијом, односно трансгресијом у F₂ генерацији. Нека својства која су карактеристична за америчку црну тополу (*Populus deltoides* Bartr.), као што су ширина листа, дужина петељке, угао између првог бочног нерва и хоризонтале, указују на постојање интрогресије гена америчке црне тополе у геном домаће црне тополе. За утврђивање хибридности потомства тополе погодна су својства под јаким генетском контролом, као што су: угао између првог бочног нерва и хоризонтале, удаљеност базе листа од најширег дела листа, облик базе, ширина листа на удаљености 1 cm од врха листа, густина и облик зубаца.

Kajba *et al.* (1999) проучавали су морфологију листова црне тополе у циљу процене степена интрогресије у генима јувенилних популација европске црне тополе. У овом истраживању испитивана је варијабилност седам младих популација дуж реке Драве и Саве у Хрватској, које су поређене са одраслим стаблима *Populus deltoides*, *P. nigra*, *P. nigra* „*Italica*“ и „*I-214*“. Анализом су обухваћена исте морфолошке карактеристике листа као и код Krstinića *et al.* (1997), на основу којих је утврђено постојање јединки које би могле бити америчка црна тополя међутим потомство домаће црне тополе преовладава. Разлици између домаће и америчке црне тополе највише је допринео угао између првог бочног нерва и хоризонтале.

Romanić (2000) је у свом истраживању проучавао унутарпопулациону и међупопулациону варијабилност листова узетих са кратких избојака, из пет јувенилних популација црне тополе дуж слива реке Драве у Хрватској. За проучавање унутарпопулационе варијабилности морфолошких својстава листова Romanić (2000) је формирао пет модела у којима је упоређивао четири групе података: јувенилна популација европске црне тополе, смеша клонова европске црне тополе, клон „*Lux*“ и клон „*I – 214*“. За сваки модел посебно је анализирао које се групе података највише међусобно разликују и која варијабла највише доприноси том разликовању, при чему је установио да у највећем броју модела разликовању група највише доприноси варијабла дужина петељке, а затим следе

варијабле удаљеност базе листа од најширег дела листа, ширина листа, број зубаца, ширина врха листа, дужина листа, а најмање варијабла величина угла између главног и првог пространог лисног нерва. Аутор је утврдио постојање статистички значајне међупопулационе варијабилности за морфолошка својства: дужина лиске, ширина лиске, удаљеност базе листа од најширег дела листа и ширина врха листа на удаљености 1 cm од врха листа. За проучавана морфолошка својства листа: дужина петелке листа, број зубаца листа на дужини од 3 cm лисног руба и угао између главног и првог доњег пространог лисног нерва није утврдио статистички значајну међупопулациону варијабилност, па је ова својства окарактерисао као својства која су под већом генетском контролом у односу на друга проучавана својства листова. Аутор наводи да би за процену међупопулационе варијабилности могла послужити својства број зубаца на дужини 3 cm лисног руба и дужина петелке листа, која би убудуће била најподеснија код истраживања генетског диверзитета међу локалним популацијама европске црне тополе. Истраживањем индивидуалне варијабилности јувенилних популација аутор је утврдио да ни у једној од пет проучаваних јувенилних популација европске црне тополе нема назнака постојања јединки које би према истраживаним морфолошким својствима листа могле бити сврстане у америчке црне тополе (*Populus deltoides* Bartx. Ex Marsh.).

У оквиру пројекта EUROPOP (van Dam, 2002) проучавана је варијабилност црне тополе широм Европе. Овим пројектом обухваћено је 9 земаља и 6 речних система (Дунав, Дром, Ебро, Рајна, Тицино и Уск), са укупно 23 популације. Истраживање је спроведено у оквиру природних популација и у оквиру постојећих банки гена сваке земље учеснице и базирало се на неколико генетичких маркера (морфолошки, изоензими, AFLP, cpDNA и SSR). Код свих типова маркера утврђена је велика варијабилност на унутарпопулационом, на међупопулационом нивоу као и између речних система. У свакој земљи која је укључена у овај пројекат постављен је оглед за проучавање варијабилности морфолошких карактеристика. Резнице сакупљене са стабала у природним популацијама и из банки гена су пикиране у једном расаднику. Као контролни подаци су коришћени узорци из EUFORGEN-ове колекције. На листовима који су сакупљени са врха саднице анализирано је 7 квантитативних (дужина листа,

ширина листа, однос дужине и ширине, дужина петељке и однос дужине петељке и листа, укупна дужина листа са петељком, однос дужине и ширине листа) и 5 квалитативних карактеристика (облик основе, облик места спајања петељке и листа, облик врха листа, длакавост и степен длакавости), које су коришћене у оквиру EUFORGEN *Populus nigra* network за утврђивање разлика између разних врста топола (van Slycken, 1996). Lefèvre *et al.* (2002/a) су испитивали морфолошка својства листова, при чему су установили велику варијабилност испитиваних својстава. У овом истраживању примећено је да су узорци са југа Француске били мањих димензија од узорака сакупљених на већим надморским висинама на Алпима и од узорака са југозапада Француске. Alba *et al.* (2002) проучавали су квантитативна и квалитативна морфолошка својства листова у популацијама у Шпанији. За све анализиране карактеристике утврђене су статистички значајне разлике унутар популација, док је разлика између популација утврђена само за дужину петељке. Различити облик основе, облик врха листа и места спајања петељке са листом присутни су у популацијама, а сам облик листа између популација био је сличан. Поредећи листове стабала која нису репродуктивно зрела са зрелим стаблима приметили су да стабла која још увек нису репродуктивно зрела имају већи лист и већу петељку, док су квалитативне особине сличне. Поредећи узорке из банке гена приметили су да величина листа и петељке опада у правцу север – југ, тако да су листови у популацији реке Ебро били значајно мањи од популација Дуеро и Тахо. Без обзира на порекло листови су имали сличан облик основе и врха листа.

Ballian *et al.* (2006) анализирали су индивидуалну варијабилност морфолошких својства листова длакавих црних топола (*Populus nigra* subsp. *caudina* Ten.) пореклом из три популације у Босни и Херцеговини (Чапљина, Коњиц, Бугојно). Анализом су обухватили следећа својства: дужина лиске, ширина лиске, дужина петељке, угао инсерације првог лисног нерва, те растојање од основе до најширег дела лиске. Резултати до којих су аутори дошли показали су значајне разлике између истраживаних популација. Утврдили су да се популација Чапљина разликује од популација из континенталних крајева, такође су пронашли доказе о постојању одређене везе између популација Коњиц и Бугојно, које су имале сличан развојни ток, и популације Чапљина и Коњиц. Због

постојања разлика у анализираним својствима истраживаних популација аутори су указали на неопходност да се свака популација одвојено третира како би се дефинисале адекватне мере конзервације, које имају за циљ постизање потпуног успеха у заштити њиховог аутохтоног генофонда.

Kajba *et al.* (2004) наводе да се длакава црна топола која расте дуж реке Неретве у Босни и Херцеговини знатно разликује од црне тополе у популацијама дуж река Дунава, Драве и Саве у Хрватској. Поређењем длакаве црне тополе са типичном црном тополом аутори су установили значајне разликује у свих пет анализираних морфолошких карактеристика. Димензије листа длакаве црне тополе биле су мање у односу на типичну црну тополу. Највеће разлике утврђене су у растојању између основе и најширег дела лиске, ширини и дужини лиске, углу између централног нерва и првог бочног, док је најмања разлика утврђена у дужини петелке. Мање димензије листа длакаве црне тополе последица су адаптације на услове станишта који су ксеротемнији од станишта типичне црне тополе. Популација длакаве црне тополе је имала и мању варијабилност, која је објашњена тиме што је ова популација просторно изолована и вероварно под утицајем генетичког дрифта.

Истраживања која су предузета од стране Brusa *et al.* (2010) имала су за циљ да утврде присуство очуваних природних популација црне тополе у Словенији, да процене варијабилност унутар и између две изабране популације, као и да процене стање тих популација, што је од пресудног значаја за дугорочно очување њиховог генофонда. Аутори су извршили поређење морфологије листова из две популације црне тополе дуж Саве и Муре, као и поређење са клоном канадске тополе (*Populus x canadensis*). Резултати истраживања потврдили су постојање добро очуваних популација црне тополе у Словенији. Изабране популације дуж Саве и Муре, разликују се у морфолошким особинама које описују облик лиске, док се популације црне тополе и канадске тополе највише разликују у дужини петелке и облику врха лиске. Процењена варијабилност унутар популација била је већа него између популација, док је варијабилност унутар популације на Сави била мања од варијабилности унутар популације на Мури. У популацији на Мури пронађена су само појединачна стабла црне тополе, док је 6 одраслих стабала канадске тополе непознатог порекла идентификовано

међу стаблима црне тополе у популацији на Сави. Аутори наводе да је у популацијама забележено слабо природно обнављање и истичу да варијабилност испитаних популација указује на потребу да се истраживање прошири на друге популације у Словенији, као и да се са активностима на конзервацији генофонда започне што пре.

Jovanović and Tucović (1964) истраживали су варијабилност потомства једног моноеичног стабла црне тополе, насталог контролисаном самооплодњом. Морфолошке особине лишћа анализирали су на контролним и инбридинг биљкама, при чему су мерили следеће параметре: дужину лиске, ширину лиске, дужину петелке, број зубаца на дужини од 1 cm, величину угла који заклапа први пар лисних нерава. За сваку измерену карактеристику одредили су средњу вредност и њену грешку, стандардну девијацију и њену грешку и коефицијент варијације. Резултати анализе указују на присуство мање или веће депресије у потомству насталог инбридингом. Средња дужина лиске сакупљених са средине висине, код инбридинг биљака била је мања од контролних за 7,44%; средња ширина лиске за 14,31% мања од контроле; средња дужина петелке је за 22,34% мања од контроле; средњи број зубаца је за 0,95% мањи од контроле; те средња величина угла који заклапа први пар лисних нерава је за 1,79% мањи од контролних биљчица. Сprovedена морфолошка анализа показала је да је најваријабилније својство дужина петелке листа, затим дужина и ширина лиске.

Bisoffi and Cagelli (1992) проучавали су у којој мери се облик и величина листа могу користити приликом разликовања појединих клонова из секције *Aigeiros*. На сваком листу израчунали су координате за 10 карактеристичних тачака које дефинишу облик листа, на основу којих су израчунали све карактеристичне удаљености на листу. Анализа варијансе је показала да нека својства, као што су ширина и дужина листа и величина срцоликог уреза базе листа, имају велику улогу у разликовању појединих клонова. Аутори наводе да морфолошка анализа листа, са развојем и применом видео-рачунарског начина обраде података, може имати значајну улогу као помоћна метода за разликовање клонова. Ова метода ће смањити људске грешке код мерења и омогућити брзу обраду велике количине података, што ће уједно појефтинити трошкове истраживања.

Safavi (2011) је открила значајне разлике између генотипова тополе за неке морфолошке особине као што су ширина лиске и дужина петељке и високу херитабилност за особине као што су дужина лиске, ширина лиске и дужина петељке. Alimohamadi *et al.* (2012) бавили су се испитивањем генетичког диверзитета популација црне тополе у провинцији Кермашах у Ирану. У овој студији, генетичка разноврсност између осам популација црне тополе је процењена применом морфолошких и молекуларних маркера. За процену морфолошке варијабилности анализирано је 19 морфолошких карактеристика листа. Резултати морфолошке анализе показали су да је у популацијама црне тополе у Ирану присутан низак ниво генетичког диверзитета. Ово су потврдили молекуларни маркери који су показали полиморфност локуса 0%. На основу посматраног генетичког идентитета (100%) аутори претпостављају да ове плантаже потичу од идентичних клонова односно да сва узоркована стабла представљају исти генотип, и указују на потребу да се генетички диверзитет у популацијама повећа садњом већег броја клонова и тиме избегне понављање.

Kovačević (2014) је проучавао варијабилност између 12 популација европске црне тополе дуж реке Дунав, од извора у Немачкој, па до ушћа у Црно море у Румунији. У свом истраживању анализирао је осам морфолошких карактеристика листова: дужину лиске, ширину лиске, дужину петељке листа, угао између првог лисног нерва и хоризонтале, ширину лиске на 1 cm од врха лиске, растојање између основе лиске и најширег дела лиске, дужину целог листа (лист и петељка), број лисних нерава на левој страни листа и број лисних нерава на десној страни листа. Поред измерених карактеристика анализом је обухватио и четири изведене карактеристике. На основу коефицијента варијације утврђено је да највећи утицај на разликовање између и унутар популација доприносе параметри: ширина лиске на 1 cm од врха лиске, растојање између основе лиске и најширег дела лиске, и однос растојања између основе лиске и најширег дела лиске и ширине лиске. Параметри који су показали највећу стабилност су били број нерава са леве и десне стране и однос растојања између основе лиске и најширег дела лиске и дужине лиске. Најсличније популације су биле оне које су физички најближе, а то су популације из Националног парка Дунав-Драва из Мађарске, Националног парка Копачки-Рит из Хрватске и Специјалног резервата

природе Горње Подунавље. Велико изненађење биле су популације Резерват биосфере Делта Дунава из Румуније и Национални парк Лоњско поље из Хрватске које су груписане у један кластер. Аутор је ово објаснио на основу молекуларне анализе ових популација (Jelić *et al.*, 2014), где каже да је популација Лоњско поље вероватно у скорије време прошла кроз значајно смањење популације и смањење варијабилности. Добијени резултати пружају важну основу за даљи рад на опису, очувању и унапређењу разноврсности црне тополе у сливу Дунава и указује на неопходност укључивања молекуларних маркера у циљу потпуног описа испитиваних популација.

Ћortan (2015) је проучавала унутарпопулациону и међупопулациону варијабилности црне тополе у четири природне популације које се налазе дуж три највеће реке на подручју Војводине (Дунав, Сава, Тиса). Морфолошком анализом је обухватила 9 морфолошких параметара: дужину листа, ширину листа, дужину петелјке, угао између првог нерва и хоризонтале, ширину листа на 1 cm од самог врха листа, растојање између основе листа и најширег дела листа, дужина целог листа, број нерава са леве стране листа, број нерава са десне стране листа. Поред измерених параметара анализом је обухватила и три изведена параметра: ширина листа/дужина листа, ширина врха/дужина листа и удаљеност базе до најширег дела листа/дужина листа. Резултати анализе морфолошких параметара листа показали су постојање статистички значајних разлика на унутарпопулационом нивоу, док разлике између популација нису биле статистички значајне за већину анализираних параметара (дужина листа, дужина петелјке, ширина листа на 1 cm од самог врха, дужина целог листа и сви изведени параметри). Резултате морфолошке анализе потврдила је молекуларна анализа, јер је у оквиру свих популација хетерозигозност била прилично висока што је указало на велику варијабилност на нивоу популација.

Употребљивост морфологије листа за процену генетичког диверзитета у популацијама није још увек најјаснија. Неке студије показују да је могуће проценити генетички диверзитет на основу карактеристика листа, те да је овај тип маркера сврсисходан инструмент у процавању генетичке варијабилности (Alba *et al.*, 2002; Storme *et al.*, 2002). С друге стране, показало се да морфолошки маркери нису употребљиви за процену генетичког диверзитета, зато што се биљке са

идентичним генетичким саставом (клонови), гајене у различитим тестовима на терену, разликују значајно по морфолошким карактеристикама (van Dam *et al.*, 2002).

Batos (2010) помиње контроверзност бројних студија о значају морфолошке анализе листа за детерминацију врсте и нижих категорија, у неким случајевима они су омогућили идентификацију врсте или хибрида, а у неким случајевима су потврдили изразит утицај срединских фактора, као што су станиште, година, сезона и утицаји фактора у оквиру индивидуе, као што је позиција листа, као и међусобни утицај појединих фактора.

Употребом молекуларних маркера елиминишу се бројни неспоразуми о варијабилности, који су последица утицаја спољашњих фактора, посебно у анализи квантитативних особина, експресије која је много више под утицајем интеракције између генетске основе и променљивих услова средине (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2009/a, Isajev *et al.*, 2009). Из тих разлога, последњих неколико деценија технике молекуларних маркера се све више примењују у утврђивању степена варијабилности у популацијама шумских дрвенастих врста у региону (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., Šijačić-Nikolić *et al.*, 2009/a, 2009/b; *Fagus sylvatica* L., Ivetić *et al.*, 2010, 2012; *Picea omorica* (Panč.) Purkyne, Milovanović and Šijačić-Nikolić *et al.*, 2010/b; *Picea abies* Karst., Ballian *et al.*, 2007; *Pinus nigra* Arnold, Lučić *et al.*, 2010, 2013; *Taxus baccata* L., Ballian *et al.*, 2008). Примена молекуларних техника нам омогућава да боље упознамо биологију врсте, њену репродукцију, динамику у времену и простору, интеракцију са променама у окружењу и генетичку интрогресију са неаутохтоним врстама, што је великог значаја за развој одговарајуће стратегије конзервације (Jelić *et al.*, 2014).

Биохемијски маркери, изоензими, протеини су широко примењени у шумским генетичким истраживањима, али имају бројна ограничења (Lučić *et al.*, 2011, Mataruga *et al.*, 2012). Због тога се за прецизнија генетичка истраживања користе софистициране методе засноване на коришћењу DNK секвенци, које су супериорније у односу на протеинске и морфолошке маркере (Isajev *et al.*, 2008).

Развојем DNK маркера, укључујући, RFLPs (Restriction Fragment Length Polymorphism), RAPDs (Random Amplified Polymorphic DNA), AFLPs (Amplified

Fragment Length Polymorphism), микросателите или SSR (Simple Sequence Repeats) и, SNP (Single Nucleotide Polymorphism) превазиђена су ограничења о броју променљивих локуса и обезбеђен је моћан инструмент за истраживање варијација у кодирајућим, некодирајућим и високо варијабилним регионима нуклеарних генома као и генома органела (Porth and El Kassaby, 2014). У шумарској генетици са развојем молекуларних маркера постигнут је напредак у проучавању популационе генетичке структуре (Wang and Schmidt, 2001), генетичког диверзитета (Porth and El-Kassaby, 2014; Lučić *et al.*, 2014), унутар- и међу- популационе генетичке варијабилности (Lučić *et al.*, 2013), и конзервационих стратегија (Konzen, 2014). Поменути маркери су се показали као веома корисни у филогенетским анализама, у истраживањима популационих структура, различитих система укрштања, протока гена, одређивања паренталних карактеристика, интрогресивне хибридизације, маркерима асистираној селекцији и повезаности гена (Galović and Orlović, 2007).

Неколико молекуларних маркера је развијено и користе се за процену генетичке варијабилности у популацијама топола или у колекцијама банке гена. Генетичка варијабилност унутар и између врста топола је проучаван коришћењем великог броја маркера: изоензими (Legionnet and Lefèvre, 1996; Benetka *et al.*, 1999; Benetka *et al.*, 2002; Fossati *et al.*, 2003; Storme *et al.*, 2004; Vanden Broeck *et al.*, 2004, 2006; Braatne *et al.*, 2006), AFLP (Arens *et al.*, 1998; Winfield *et al.*, 1998; Storme *et al.*, 2004; Gao *et al.*, 2007; Smulders *et al.*, 2008/a; Orlović *et al.*, 2009), микросателити или SSR (van der Schoot *et al.*, 2000; Smulders *et al.*, 2001; Imbert and Lefèvre, 2003; Pospíšková and Bartáková, 2004; Storme *et al.*, 2004; Tuskan *et al.*, 2004; Vanden Broeck *et al.*, 2006; Smulders *et al.*, 2008/a; Rathmacher *et al.*, 2010, Alimohamadi *et al.*, 2012; Jelić *et al.*, 2014; Čortan, 2015), RAPD (Cottrell *et al.*, 1997; Rajora and Rahmen, 2003), RFLP (Salvini *et al.*, 2001; Heinze, 2008), cpDNA (Heinze, 1998/c; Cottrell *et al.*, 2005). У неким истраживањима, варијабилност је анализирана на ужем географском подручју (Arens *et al.*, 1998; Imbert and Lefèvre, 2003; Pospíšková and Bartáková, 2004; Pospíšková and Šálková, 2006; Rathmacher *et al.*, 2010), док друга истраживања покривају веће подручје дистрибуције топола (Storme *et al.*, 2004; Cottrell *et al.*, 2005; Smulders *et al.*, 2008/a; Jelić *et al.*, 2014).

У последњој деценији истраживања шумског дрвећа су већином фокусирана на SSR и SNP маркере (Maksimović *et al.*, 2014). Главне предности коришћења SSR маркера над другим типовима маркера, јесте да они углавном имају велики број алела на локусу, коодоминантно наслеђивање омогућава разликовање хомо- и хетеро- зиготног стања у диплоидним организмима, показују селективно неутрално понашање, могу се користити код свих врста, често се јављају и имају подједнаку дистрибуцију кроз нуклеарни геном, могу да се нађу и у оквиру хлоропластног и митохондријалног генома и брзо и ефикасно се анализирају из веома мале количине биљног ткива (Lefort *et al.*, 1999). Због претходно наведеног микросателитски маркери се користе за разликовање уско повезаних генотипова (Smulders *et al.*, 1997; van de Wiel *et al.*, 1999) и испитивање генетичке разноврсности у природним популацијама (Chase *et al.*, 1996). Поред тога, њихова коодоминантна природа их чини веома погодним за популациона генетичка истраживања, јер омогућавају процењивање инбридинга, губитка хетерозиготности, као и диференцијацију на нивоу генотипова или популација (van der Schoot *et al.*, 2000).

Имајућу у виду да су у овом истраживању коришћени молекуларни маркери типа микросателита највећа пажња у прегледу литературе посвећена је управо њима.

Van der Schoot *et al.* (2000) су коришћењем савремених метода умножили и секвенционирали микросателитске локусе за црну тополу и развили прајмере за микросателитске анализе. Израдили су фрагменте за дванаест парова прајмера са динуклеотидним понављањима, који су били довољно полиморфни за црну тополу. Неки од њих показали су такође амплификацију и код других врста топола (*P. deltoides*, *P. trichocarpa*, *P. tremula*, *P. tremuloides*, *P. candicans*, *P. lasiocarpa*). Најбољих девет микросателитских маркера су тестирали на скупу од 23 генотипова црне тополе из целе Европе. Микросателити су били високо полиморфни, са 10-19 различитих алела по микросателитском локусу. Ниво хетерозиготности између испитиваних генотипова био је у просеку 0,71 (опсег 0,25-1,00) где су се са најмањом хетерозиготношћу истицале једна индивидуа из бивше Југославије и једна из Словачке.

Smulders *et al.* (2001) израдили су полиморфне фрагменте за десет парова прајмера углавном са тринуклеотидним понављањима. Степен полиморфизма за најбољих шест парова прајмера су тестирали на 23 генотипова који представљају диверзитет црне тополе широм западне и средње Европе. Испитани парови прајмера амплификују између 6 и 12 алела по сваком локусу. Запажена хетерозиготност била је висока (0,57-0,91) са изузетком једног маркера, који је имао хетерозиготност од само 0,32.

Генетички диверзитет црне тополе унутар *ex situ* колекције Storme *et al.* (2004) проучавали су анализирањем 675 индивидуа из девет европских банки гена (Аустрија, Белгија, Француска, Немачка, Велика Британија, Мађарска, Италија, Холандија и Шпанија). За спроведене анализе коришћена су 3 AFLP маркера, 5 микросателитских (SSR) маркера, као и 11 изоензима. Анализом изоензима утврђено је 21 хибрида (3,1%) од којих 11 потиче из белгијске колекције, док су AFLP и SSR анализе откриле 26% клонског дуплирања. Ниво клонског дуплирања варирао је од 0% у француској колекцији до 78% у белгијској колекцији. Већина дуплираних узорака је пронађено у банкама гена земаља са већом густином насељености и релативно малим бројем природних популација црне тополе. Откривени хибриди искључени су из даље анализе, па је истраживање обухватило само јединствене генотипове са познатим географским пореклом, чиме је колекција смањена за четвртину. Највећи број јединствених генотипова забележено је у Француској (103), Аустрији (92), Шпанији (91) и Италији (65). Велика Британија са 16 јединствених генотипова показала је најнижи диверзитет, затим следе Белгија, са само 18 јединствених генотипова, Мађарска (21), Немачка (22) и Холандија (37). Генетички диверзитет је варирао од региона до региона, и зависио је у доброј мери од коришћеног маркер система. Највише јединствених алела је откривено у области Дунава (Аустрија), Роне (Француска), Италији, Рајне (Холандија) и Ебра у Шпанији. Спроведена PCA анализа јасно раздваја источне, северне и јужне земље, и групе земаља које су географски близу једна другој, при чему се Велика Британија разликује од других земаља. За сваку земљу анализиран је однос између апсолутне географске удаљености између тачака израчунате коришћењем географских координата и генетичке сличности на основу података добијених коришћењем микросателита, AFLPs и изоензима. Добијени резултати

били су у складу са претпоставком да генетички диверзитет није структуриран према апсолутној географској удаљености, јер је расејавање семена у неким случајевима отежано планинским венцима. Као и код Cotrell *et al.* (2005) релативно висок генетички диверзитет је утврђен у јужним земљама Европе (Француска, Италија и Шпанија) што се објашњава постојањем рефугијума у овом подручју, док се велики диверзитет у Аустрији објашњава постојањем рефугијума на Балкану који је у директној вези са овом популацијом. Генетска диференцијација између региона била је умерена.

Генетичку структуру популације црне тополе у сливу реке Мораве у Чешкој Републици проучавале су Pospíšková and Bartáková (2004) коришћењем 12 микросателитских локуса. Анализом је обухваћено 112 адултих стабала (старости 50-140 година), при чему је утврђено 8 група идентичних генотипова (укупно 24 стабала), па је даље истраживање настављено са 96 индивидуа. Високе вредности очекиване хетерозиготности (0,83) и ефективног броја алела (6,5) указују на висок диверзитет у популацији, док висока вредност запажене хетерозиготности (0,79) показује велики број хетерозиготних индивидуа. У циљу испитивања просторне генетичке структуре и протока гена у популацији, четири локалитета истраживања посматране су као субпопулације. Ниска F_{st} вредност (0,052) потврђује постојање протока гена између различитих субпопулација и малу генетичку диференцијацију између њих. Ниске F_{st} вредности се наводе и у другим истраживањима која су спроведена у популацијама црне тополе из сразмерно мале регије. За две популације у Немачкој F_{st} је био 0,053 (Gebhardt *et al.*, 2002), док је за три популације дуж Рајне F_{st} имао вредност 0,05 (van Dam *et al.*, 2002).

Smulders *et al.* (2008/a) анализирали су структуру генетичког диверзитета 17 популација црне тополе из 11 речних долина које су део седам речних сликова у Европи (Дунав, Ебро, Елбе, По, Рајна, Рона и Уск). Генотипизација је извршена коришћењем AFLP и микросателитских маркера, на узорку од 1096 индивидуа. Запажена хетерозиготност била је 0,74 (опсег 0,59-0,82 преко микросателитских локуса). Највећи проценат (72,6-90,8%) генетичких варијација забележен је у популацијама. Популације које се налазе дуж истих река биле су сличне (F_{st} =0,042-0,135 на основу AFLP, 0,002-0,037 на основу микросателита). Укупна

диференцијација популација између различитих река била је значајна (F_{st} између популација био је 0,268 на основу AFLP, и 0,081 на основу микросателита). Анализом су утврдили да популације које су географски близу једна другој имају тенденцију да се групишу у исти структурни кластер, укључујући популације из суседних сливова. Популације Дунав и Ин у Аустрији биле су генетички сличније популацији Влтава (слив Елбе) у Чешкој Републици него просторно удаљеним популацијама дуж Тисе и Прута у Украјини, које припадају сливу Дунава. Ово указује да се проток гена одвија на прилично великим удаљеностима између речних сливова. У складу са овим резултатом, PCA анализа урађена на основу AFLP резултата показала је велико преклапање популација, иако француски и шпански узорци формирају посебан кластер, а узорци из Тицино (Италија) су били у средњем положају. Обим клонског дуплирања био је већи дуж регулисаних речних сливова (41% клонског дуплирања дуж Рајне у Холандији, дуж реке Уск забележена су само два генотипа дуж целе реке, при чему је један генотип представљао 70 стабала од укупно 72 узоркована стабла), док клонско дуплирање није забележено дуж динамичних река, као што су Ебро (Шпанија), Дром (Француска) и Тиса и Прут у Украјини.

Pospíšková and Šáliková (2006) користили су дванаест микросателитских маркера за процену генетичке варијабилности *Populus nigra* L. дуж реке Мораве у Чешкој Републици. Упркос, ограниченој величини истраживане популације (65 одраслих стабала), утврђен је висок ниво генетичког диверзитета, што је у упоредиво са познатим генетичким диверзитетом за црне тополе у јужној Европи, где се налазио њен глацијални рефугијум. Запажена хетерозиготност у зависности од локуса кретала се у опсегу од 0,70-0,92 (средња вредност $H_o=0,80$), док се очекивана хетерозиготност кретала у опсегу од 0,70 до 0,90 (средња вредност $H_e=0,82$). Позитивна средња вредност фиксационог индекса (0,03) указује на слаб вишак хомозигота у истраживаној популацији.

Jelić *et al.* (2014) анализирали су 12 популација црне тополе у заштићеним подручјима дуж слива Дунава, са изузетком једног заштићеног подручја, које се налазило на Сави, притоци Дунава. Сакупљање узорака листова за микросателитске анализе обављено је у осам европских земаља које покривају цео ток Дунава (Немачка, Аустрија, Словачка, Мађарска, Хрватска, Србија, Бугарска

и Румунија). Анализа је извршена коришћењем осам микросателитских маркера, при чему је анализирано 364 стабала. Резултати анализе показали су веома низак ниво клоналитета, јер су откривена само два идентична генотипа у популацији у Националном парку Дунав-Драва у Мађарској и у резервату биосфере Делта Дунава у Румунији. Сви остали генотипови били су јединствени, што доказује низак ниво дуплираних генотипова дуж динамичних река. Број алела у зависности од анализираног локуса кретао се од 9-24, при чему су све популације имале сличан просечан број детектованих алела. Највеће алелно богатство примећено је у популацији Парк природе Русенски Лом у Бугарској, што указује да ова популација има највећи генетички диверзитет, док је најниже алелно богатство забележено у популацији у Националном парку Дунав-Ауен у Аустрији. Средње вредности запажене (H_o) и очекиване хетерозиготности (H_e) биле су високе у свим популацијама. Запажена хетерозиготност била је 0,69 (опсег 0,49-0,81 преко микросателитских локуса), док је очекивана хетерозиготност била 0,79 (опсег 0,69-0,84 преко микросателитских локуса). Резултати запажене и очекиване хетерозиготности су слични између анализираних популација, и били су приближни вредностима приказаним у другим истраживањима (van der Schoot *et al.*, 2000; Smulders *et al.*, 2001; Imbert and Lefèvre, 2003; Smulders *et al.*, 2008/a; Rathmacher *et al.*, 2010), иако су постојале разлике у укупној величини узорака, броју популација и скупу коришћених локуса. Очувану хетерозиготност црне тополе у природним популацијама у заштићеним подручјима дуж Дунава аутори објашњавају дугим животним веком индивидуалних стабала. Генетичка диференцијација између популација није била значајна, посебно између суседних популација. Разлике су се постепено повећавале са географском дистанцом, без могућности да се дефинишу специфичне генетске области. Највећа генетичка разлика је примећена између просторно најудаљенијих популација, популације у Немачкој која је најближа извору Дунава и популације у Румунији која се налази на ушћу Дунава у Црно море ($F_{st}=0,0694$). Популације средњег тока Дунава (Аустрија, Словачка, Мађарска, Хрватска и Србија) показале су мање разлике ($F_{st}=0,003-0,0349$), док популације из Националног парка Дунав-Драва из Мађарске, Националног парка Копачки-Рит из Хрватске и Специјалног резервата

природе Горње Подунавље нису показале статистички значајне разлике, при чему се мора узети у обзир да се ове популације граниче једна са другом.

Imbert and Lefèvre (2003) проучавали су генетички диверзитет црне тополе дуж реке Дром у Француској, коришћењем шест микросателитских маркера. Истраживањем је обухваћено 22 популације дуж целог тока реке у дужина од око 100 km. Укупно је анализирано 652 саднице, које су имале генеративно порекло и припадале су јединственом репродукционом и миграционом циклусу. Резултати анализе показали су висок диверзитет ових популација, док су разлике између популација биле мале, али статистички значајне, као што је утврђено код многих других дрвенастих врста (Adams, 1992; Hamrick *et al.*, 1992). Број алела по локусу кретао се у опсегу од 9 до 15, а број различитих генотипова посматран по локусу од 27 до 68. Очекивана хетерозиготност за сваки локус у свакој популацији била је углавном велика (0,65-0,80), док је запажена хетерозиготност била још већа (0,71-0,85).

Пројекат EUROPOP (van Dam, 2002) дао је велики допринос познавању генетичке варијабилности црне тополе у Европи. Истраживање је спроведено у оквиру природних популација и у оквиру постојећих банки гена сваке земље учеснице на овом великом пројекту. Комбинујући традиционалне и модерне технике, коришћењем морфолошких и генетичких маркера (изоензими, AFLP, cpDNA и SSR) утврђена је велика варијабилност на унутарпопулационом, на међупопулационом нивоу као и између речних система. Спроведена UPGMA кластер анализа, на основу изоензима издваја популације из Француске и Шпаније као посебан кластер на највећој удаљености од других. Анализе хлоропласне DNK (cpDNA) посебно истичу популације из Шпаније, код којих је забележена екстремно висока варијабилност што упућује на могућност постојања рефугијума црне тополе на том подручју. Микросателитске анализе издвајају популацију Велике Британије као популацију са најмањим диверзитетом. Cotrell *et al.* (2002) су у оквиру свог истраживања на основу cpDNA утврдили да је варијабилност популација из Велике Британије много мања у односу на популације из Француске и Шпаније. С тим у вези аутори претпостављају да је Велика Британија колонизирана после последњег глацијалног периода материјалом који потиче из рефугијума западне Европе. С обзиром да је велики диверзитет на

основу *cpDNA* забележен баш у Шпанији аутори претпостављају да је то био један од кључних рефугијума. У оквиру истог пројекта *Alba et al.* (2002) проучавали су диверзитет црне тополе у Шпанији. Истраживање је обухватило популације које су се налазиле у долинама река Ебро, Дуеро и Тахо. Анализе изoenзима показују малу варијабилност ових популација, а анализе на бази микросателита и *cpDNA* показале су велики диверзитет истраживаних шпанских популација, док је варијабилност између популација била мања упућујући на неометан проток гена. Резултати овог истраживања откривају присуство великог броја различитих хаплотипова у овим популација чиме подржавају претпоставку о постојању глацијалног рефугијума на овом подручју. *Flush et al.* (2002) анализирајући *cpDNA* 35 индивидуа црне тополе из EUFORGEN-ове колекције, запажају мању варијабилност у централној Европи од узорака из источне Европе и Шпаније где је забележена највећа варијабилност. *Lefèvre et al.* (2002/a) у истом пројекту истражује варијабилност црне тополе у оквиру 5 региона у Француској (Пиринеји, Алпи, долина реке Лоар, долине источних и западних притока реке Дром) на нивоу неколико генетичких маркера (морфолошки, AFLP, SSR, *cpDNA*). Ово истраживање показује највећу варијабилност у југозападном региону (на Пиринејима) која опада ка истоку (сливу реке Роне) па ка северу (ка Алпима). Овакву дистрибуцију варијабилности и ови аутори повезују са рефугијумом на Пиринејском полуострву и са колонизационим рутама. Забележена варијабилност у оквиру популација и у оквиру истраживаних региона је велика, док је између региона доста мања.

Cottrell et al. (2005) проучавали су варијабилност хлоропластне DNK (*cpDNK*) црне тополе у циљу бољег разумевања локације глацијалних рефугијума и постглацијалних путева глацијалне реколонизације. Заједничка анализа заснована на рестрикционим фрагментима произведеним од пет парова прајмера коришћена је за одређивање *cpDNK* хаплотипова од 637 узорака добијених из *ex situ* колекција банке гена основаних у 9 европских земаља (Холандија, Француска, Шпанија, Белгија, Аустрија, Италија, Велика Британија, Немачка, Мађарска). Резултати анализе показују да је највећа варијабилност забележена у Шпанији, Аустрији и Италији што указује да су рефугијуми постојали на југозападу (Пиринејско полуострво) и југоистоку Европе (Апенинско и/или Балканско

полуострво). Претпоставља се да су Пиринеји представљали значајну препреку глацијалне реколонизације, јер само 7 од 45 хаплотипова из Шпанији постоје у централном и северном делу Европе. Италија је показала велики диверзитет и у овом случају Алпи су представљали баријеру у колонизацији Европе. Три хаплотипа која се посебно издвајају из целе групе потичу са југа Мађарске ка граници са Србијом, где је Bordacs *et al.* (2002) утврдио постојање великог диверзитета популација црне тополе. Међутим како би се утврдила тачна локација рефугијума на југоистоку Европе потребно је спровести детаљнија истраживања на том подручју.

Природна хибридизација и интрогресија између узгајаних биљака и њихових дивљих сродника су интезивно проучавани у пољопривреди. Међутим, интрогресија је од посебног значаја за шумско дрвеће, јер може имати велики утицај на екосистемске процесе и биолошки диверзитет (DiFazio *et al.*, 2004). Повећање темпа три интерактивне људске активности које су највише допринеле повећању стопе хибридизације (интродукција, фрагментација и промена станишта) указују на то да ће овај проблем постати још озбиљнији (Rhymer and Simberloff, 1996). Неколико студија је показало да су припитомљене врсте, као што су хибридне тополе способне да се спонтано опрашују са својим дивљим сродницима у теренским условима и да се хибридизација може знатно разликовати код специфичних популација (Benetka *et al.*, 1999; Heinze, 1998/b; Imbert and Lefèvre, 2003; Muller *et al.*, 2002).

Претпоставља се да присуство вештачких засада топола представља озбиљну потенцијалну претњу за диверзитет и обнављање природних аутохтоних топола. На подручју Европе, црној тополи прете еурамеричке тополе (*P. x canadensis* Moench.), култивисани хибрид између *P. deltoides* Marshall и *P. trichocarpa* (*P. x generosa* Henry) и *Populus nigra* варијетети као што су мушка стабла Ломбардијске тополе (*Populus nigra* cv. '*Italica*' Duroi) (Arens *et al.*, 1998; Cagelli and Lefèvre, 1995; Heinze, 1998/c; Lefèvre *et al.*, 2001).

Велики број научника бавио се проучавањем интрогресије гена хибридных топола у аутохтоне популације црне тополе, међутим, упркос многим одличним

истраживањима, нека питања о хибридизацији *Populus* врста остају нерешена (Vanden Broeck *et al.*, 2005).

Benetka *et al.* (2002) проучавали су интрогресију гена у потомство женских стабала *P. nigra* и *P. x canadensis*, коришћењем три ензимска локуса (6-PGD, LAP и GAP). Истраживањем су обухватили потомство из слободног опрашивања, као и потомство из контролисаног опрашивања од стране смеше полена 3 клона *P. nigra* и 3 клона *P. x canadensis*. Стопа интрогресије у потомству *P. nigra* из слободног опрашивања била је 0,67%, док је интрогресија у 3 потомка *P. nigra* из контролисаног опрашивања била 7,14%. Код *P. x canadensis* однос хетерозиготних наспрам хомозиготних фенотипова у 2 потомка из слободног опрашивања био је 1:1. Након оплодне мешом полена овај сегрегациони однос био је 1:1 (6-PGD, GAP) односно 3:1 (LAP). Резултат овог истраживања показује да се црна топола примарно опрашује поленом црне тополе и у контролисаним условима и у природним условима. *P. x canadensis* може да опраши *P. nigra* само у случају да њен полен доминира у облаку полена који се у том тренутку разноси (Benetka *et al.*, 2002; Vander Broeck *et al.*, 2002; Tabbener and Cottrell, 2003; Vander Broeck *et al.*, 2004; Vander Broeck *et al.*, 2005; Ziegenhagen *et al.*, 2008).

Rajora (1986) и Tabbener and Cottrell (2003) су испитивали природно опрашивање женских стабала црне тополе у вештачким састојинама које су окружене низом компатибилних врста из рода *Populus*, укључујући и мушка стабла *P. x canadensis*. У овим истраживањима нису пронађени докази интрогресије гена *P. deltoides* у потомство женских стабала *P. nigra*, што су показале и раније студије спроведене у природним популацијама. Међутим, у свим овим истраживањима релативни удео мушки индивидуа *P. x canadensis* које окружују истраживано подручје било је мало (Benetka *et al.*, 1999; Fossati *et al.*, 2003; Heinze, 1997/b; Janssen, 1997; Rajora, 1986; Tabbener and Cottrell, 2003). То указује да поред хипотезе конкуренције полена, такође релативно мали удео интерспецифичног полена, у укупном облаку полена би могао бити један од могућих разлога за недостатак *P. deltoides* гена у слободно опрашеном потомству *P. nigra* (Rajora, 1986; Tabbener and Cottrell, 2003). Резултати истраживања добијени у оквиру европског истраживачког пројекта EUROPOP показују низак ниво интрогресије у популацијама црне тополе дуж граница 6 речних сливова

(Дунав, Дром, Ебро, Рајна, Тицино и Уск) (Lefèvre *et al.*, 2002/b). У Француској низак ниво интрогресије гена *P. deltoides* у природне популације црне тополе је пронађен дуж река Гароне (Muller *et al.*, 2002), и није било алела *P. deltoides* и *P. trichocarpa* који су откривени у природним популацијама црне тополе дуж реке Дром (Imbert and Lefèvre, 2003). Насупрот томе, гени *Populus deltoides* су откривени код младих садница тополе које насељавају обале реке Мезе у Белгији (Vanden Broeck *et al.*, 2003), реке Вале и Мезе у Холандији (Beringen, 1998), реке Ебро у Шпанији (Agúndez *et al.*, 2001), реке Дунава у Аустрији (Heinze, 1998/b; Krystufek, 2001) и Мађарској (Bordács *et al.*, 2002) и у природним популацијама црне тополе које се налазе у Чешкој (Benetka *et al.*, 1999). Иако је откривен низак ниво интрогресије у природним популацијама црне тополе резултати истраживања указују на то, да се култивисане црне тополе размножавају дуж неколико речних система у Европи, као и да се надмећу са аутохтоним врстама у колонизацији станишта. У неким ситуацијама интрогресиране саднице су се добро адаптирале чим су преживеле динамику река током неколико година (Vanden Broeck *et al.*, 2005).

Fossati *et al.* (2003) у свом истраживању су изабрали шест микросателитских маркера како би представили 60 комерцијалних клонова *Populus deltoides* Marsh. и *Populus x canadensis* Moench (настала укрштањем између *Populus nigra* L. и *P. deltoides*), као и да окарактеришу природну популацију црне тополе која расте дуж реке Тицино на северу Италије. Од шест коришћених маркера пронашли су да четири микросателитска локуса имају алеле који су специфични за *P. deltoides* и могли би да се користе као маркери за процену интрогресије *P. deltoides* у *P. nigra*. У истраживаној регији хибридне тополе и *P. deltoides* комерцијални клонови се узгајају као моноклонске састојине близу подручја где црна тополя има своје природно станиште. Аутори су микросателитску анализу извршили да испитају да ли постоје докази о интрогресији између природних популација и моноклонских плантажа хибрида и *P. deltoides* клонова узгајаних у околини. Анализирали су три фазе природне популације: групу старијих стабала старости око сто година, млађу популацију (старости од 2 - 30 година) и саднице од три женске индивидуе у овој популацији. Алели специфични за *P. deltoides* су откривени само у старијој генерацији

природних популација, док интрогресија није примећена код млађих индивидуа и њиховог потомства. Ови резултати су потврђени изoenзимском анализом локуса PGI-B, PGM и LAP-A, који су претходно идентификовани као дијагностички за *P. nigra*, *P. deltoides* и *P. x canadensis*.

За разлику од ранијих истраживања Vanden Broeck *et al.* (2004) по први пут су представили доказе интрогресије гена *P. deltoides* у потомство слободно опрашених женских индивидуа *P. nigra*. У сврху овог истраживања сакупљање семена извршено је са старијег стабла црне тополе, које је било окружено зрелом плантажом хибридне *P. x canadensis* на удаљености од 5 m. Три зреле мушке индивидуе *P. nigra* var. *italica* налазиле су се на удаљености од 50 m. Најближе познато аутохтоно мушко стабло било је 25 km даље. Користећи комбинацију молекуларних маркера добили су информације у вези генетске основе 34 слободно опрашене семенке које су сакупљене са изоловане женске индивидуе *P. nigra* и од 29 садница које су спонтано колонизовале обале реке Мезе дуж холандско-белгијске границе. Резултати ове студије показали су висок ниво интрогресије у потомство испитиваног стабла, јер су тридесет две саднице од слободно опрашене женске индивидуе *P. nigra* идентификоване као хибриди. На основу ових резултата аутори закључују да се низак ниво интрогресије очекује у природним популацијама црне тополе, где мушке индивидуе расту у непосредној близини женских стабала. Међутим, треба бити обазрив када су изолована женска стабла црне тополе окружена међуврсним хибридика мушких, која могу бити извор интрогресије гена у природне популације.

Vanden Broeck *et al.* (2006) истраживали су конкурентност полена *Populus nigra* L. и *Populus x canadensis* Moench приликом оплодње женских стабала *P. nigra*, у мешовитој вештачки подигнутој састојини. Резултати до којих су дошли нису потврдили интрогресију гена мушких стабала *P. x canadensis* у потомство *P. nigra*. На месту истраживања, обилност и време цветања *P. x canadensis* и *P. nigra* мушких стабала била је иста, па несинхронизовано цветање није био фактор спречавања хибридизације између ове две врсте. Површина засада *P. x canadensis* (0,80 ha) била је двоструко већа од површине коју је заузимала *P. nigra* (0,44 ha). Упркос већој заступљености *P. x canadensis* хибрида резултати овог истраживања показали су да и у оваквим теренским условима полен *P. nigra* може бити

успешнији у опрашивању женских стабала црне тополе. Међутим, аутори истичу да резултати неких истраживања показују да када природне састојине црне тополе постану веома мале у односу на засаде хибридних топола може се јавити проток гена од узгајаних топола ка аутохтоним тополама, услед тога природне популације црне тополе могу бити у опасности да се изгубе кроз генетичку асимилацију. С тим у вези напоре треба фокусирати на одржавању и проширивању нехибридних аутохтоних популација. Пошумљавања у комбинацији са рестаурацијом станишта могу ограничити потенцијални ризик од протока гена са узгајаних *P. x canadensis* хибрида. Резултати ове студије немају одговор на неколико питања, јер нису узете у обзир индивидуалне разлике у плодности мушких стабала услед разлика у величина и виталност полена, као и у трајању ослобађања полена (Rajora, 1989; Tabbener and Cottrell, 2003; Vanden Broeck *et al.*, 2003). Успех репродукције мушких стабала може зависити и од других бројних фактора, као што су просторна удаљеност материнског стабла, правац и брзина ветра и густина састојине, које приликом истраживања аутори такође нису узели у обзир. Ради бољег разумевања ниског нивоа интрогресије аутори су извршили анализу родитељства унутар састојине *P. nigra*. Резултати до којих су дошли указују да се женске индивидуе укрштају са ограниченим бројем мушких стабала. С обзиром на то веома је важно да се приликом природне обнове популација црне тополе узме у обзир да је број стабала који ефикасно доприноси стварању подмладка вероватно мањи од присутног броја стабала у обновљеној популацији. Стога треба предузети мере да се увећа ефективна величина популације у циљу смањења генетичког дрифта, инбридинга и накнадног смањења разноврсности. Резултати истраживања такође указују да *half-sib* потомство из семенских плантажа не може бити добар извор репродуктивног материјала за обнављање популација црне тополе, јер постоји њихова генетичка повезаност због ефекта преференцијалног парења.

У свом истраживању Smulders *et al.* (2008/b) испитивали су могућност међусобног укрштања хибрида *Populus x canadensis* са дивљим стаблима *Populus nigra* коришћењем специфичних AFLP и микросателитских молекуларних маркера. За потребе овог истраживања узорковано је 44 младих стабала црне тополе спонтано насељених дуж реке Рајне и њених притока у Холандији. Дуж

ових река, постоји само неколико природних популација *P. nigra* које се мешају са многим засађеним плантажама *P. x canadensis*. Резултати анализе показали су да скоро половина узоркованих стабала нису били чисте *P. nigra* него потомство настало природном хибридизацијом између *P. x canadensis* и *P. nigra*, које је колонизовало обале реке Рајне. С обзиром да потомство хибридних топола насељава исте еколошке нише као аутохтоне црне тополе аутори истичу да су неопходна даља истраживања како би се утврдило да ли саднице хибридних топола имају конкурентску предност над садницама аутохтоне црне тополе и обрнуто.

Коришћењем 11 микросателитских маркера Chenault *et al.* (2011) су проучавали клоналитет и просторну генетичку структуру црне тополе дуж реке Лоаре у Француској, као и интрогресију гена Ломбардијске тополе (*Populus nigra* var. *italica*). За потребе истраживања узоркована су сва зрела стабла у природној састојини црне тополе. Испитивањем је откривен висок удео реплификованих генотипова. До 18 рамета пронађено је по мутилокус линији, али 95% мутилокус линија садржало је мање од 5 рамета. Нису пронађене значајне разлике у могућности вегетативног размножавања између полова. Иако нису показали типичан стубаст облик раста, који је карактеристичан за Ломбардијску тополу (*Populus nigra* var. *italica*), идентификовано је пет F₁ хибрида од ове старе и широко распрострањене сорте.

Vanden Broeck *et al.* (2005) наводе да још много напора треба да се уложи да би се у потпуности разумели ризици који су повезани са протоком гена између култивисаних топола и њихових дивљих сродника. С тим у вези ризик природне хибридизације између култивисаних топола и њихових дивљих сродника мора да се анализира од случаја до случаја. Највећи проблем представљају површине где се узгајају култивисане тополе, које надмашују веома мале природне популације топола. Више дијагностички, за врсту специфични молекуларни маркери и знање о њиховој геномској дистрибуцији су потребни да утврде прецизнији и брз поступак за процену и квантификовање интрогресије. Да би се боље разумеле последице интрогресије потребно је проучавање репродуктивних особина попут плодности, капацитета колонизације и конкурентске способности гајених топола у односу на њихове дивље сроднике. Када хибридне саднице не могу ефикасно да

се надмећу на терену са садницама аутохтоних врста до интрогресије неће доћи. Stewart *et al.* (2003) наводе да боље разумевање геномске дистрибуције и функција гена који утичу на адаптивне особине и откривање региона у геному који су мање склони интрогресији би омогућило боље разумевање интрогресије и накнадне последице за популације аутохтоних топола.

Ziegenhagen *et al.* (2007) проучавали су ризик од ширења хибрида и интрогресију гена између *P. nigra* и култивисаних хибрида *P. x canadensis* у популацији црне тополе дуж реке Елбе у Немачкој. Хибридни клонови *P. x canadensis* били су расути унутар ове популације и јављали су се као плантаже у околним пределима. Комбинацијом два молекуларна маркера, један из хлоропластне ДНК и други из нуклеарне ДНК извршена је процена величине природне популације *P. nigra* на реци Елба. Аутори су помоћу ДНК маркера пратили 208 одраслих стабала у популацији и 140 младих стабала дуж обале реке, при чему су у скоро 20% анализираних младих топола установили присуство најмање једног од два *P. deltoides* или *P. x canadensis* дијагностичких алела. У малом броју случајева пронашли су јасне доказе да је хибрид *P. x canadensis* био извор полена.

Vanden Broeck *et al.* (2012) истраживали су хибридизацију женских стабала *Populus nigra* са култивисаним хибридима *P. x canadensis* и *P. nigra* 'Italica' дуж реке Изер у Фландрији (Белгија). Резултати ове студије доказали су природну хибридизацију између *P. nigra* и *P. x canadensis* у западној Фландрији. У 58% садница од слободно опрашених стабала *P. nigra* пронашли су најмање један дијагностички алел за *P. deltoides*. Како клонови *P. deltoides* нису сађени у Белгији, алели *P. deltoides* у потомству *P. nigra* могу једино потицати од природне хибридизације са мушким стаблима *P. x canadensis*. Код једне саднице пронашли су алеле *P. nigra* 'Italica'. Егзотични хибриди *P. x canadensis* показали су значајно већи репродуктивни потенцијал у односу на природне *P. nigra*. На основу овог истраживања аутори су закључили да се природна хибридизација са *P. x canadensis* јавља и може представљати значајну претњу конзервацији црне тополе у западној Фландрији. Да би се смањио ризик од генетичке интрогресије аутори препоручују да се за пошумљавања користи више генотипова *P. nigra* из суседних популација при томе водећи рачуна о уравнотеженом односу полова.

Pospíšková and Šálková (2006) извршиле су анализу родитељства на узорку од 30 садница у циљу испитивања степена хибридизације између *P. nigra* и интродукованих хибридних топола и утврђивања дистанце преношења полена и семена. Аутори су потврдили интрогресију гена *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. у *Populus nigra*, јер је 13% тестираних садница водила порекло од женских стабала *Populus x canadensis* Moench. Обављене анализе показале су низак проценат потомака (20%) пореклом од родитељских стабала која се налазе ван места истраживања. Дистанце преношења полена биле су у опсегу од 10 до 230 m, а семена од 163 до 370 m. Слична дистанца (350 m) између родитељских стабала црне тополе утврђена је од стране Cottrell *et al.* (2003).

DiFazio (2012) у свом истраживању помиње већу дистанцу дисперзије полена (440 m), у односу на дистанцу преношења семена која је мања (220 m). Bialozyt (2012) констатује да се највећи проценат полена (75%) и семена (86%) разнесе на дистанци мањој од 1 km, док свега мали проценат пређе 2 km.

Arens *et al.* (1998) су анализирајући дисперзију семена црне тополе дуж холандских река коришћењем AFLP маркера закључили да 19 од 35 младих садница узоркованих из две суседне популације, потичу од семена које је дошло од популација узводно.

Rathmacher *et al.* (2010) проучавали су генетички диверзитет и просторну генетичку структуру популације црне тополе дуж реке Едер у Немачкој коришћењем седам микросателитских маркера. Анализирајући значај протока гена за просторну генетичку структуру утврдили су да старија стабла црне тополе поседују склоност за већу количину генетичке варијабилности и инбридинг у односу на јувенилна стабла. У свом истраживању, пронашли су висок диверзитет црне тополе који је у опсегу са другим европским популацијама. За квантификовање протока гена посредством полена и семена извршили су анализу родитељства садница, као и јувенилних биљака из ограниченог подручја природног обнављања (100 x 100 m). У две узастопне године, сакупљали су семе са пет материнских стабала *P. nigra* и три материнска стабла *P. x canadensis*. Неколико дана после клијања семена прикупљене су саднице. Резултати анализе потврдили су да клонови *P. x canadensis* узгајани у непосредној близини могу

имати улогу потенцијалних родитељских стабала, како посредством полена тако и посредством семена. Просторна генетичка структура адултних стабала у популацији указује на мањи обим изолације према дистанци због кратке дистанце протока гена. Укупна ефективна дистанца преношења полена, утврђена на основу дистанце између материнских стабала и мушких стабала, кретала се у опсегу од око 5 до 8.200 m, са средњом вредношћу од 582 m. Највећи део протока гена (тј. 70%) одвијао се на дистанци мањој од 1 km, чиме се објашњава редукован диверзитет у јувенилној фази развоја. Око 4% репродуктивно ефикасног полена је преношено на дистанце веће од 2 km. Дисперзија семена се кретала од 23 – 6923 m где је само око 1% семена прелазило дистанцу већу од 2 km.

Imbert and Lefèvre (2003) истраживали су проток гена црне тополе дуж целог тока реке Дром у Француској у дужина од око 100 km. Резултати истраживања показали су да је проток гена био већи у горњем, планинском делу реке у односу на алувијалне равнице низводно. Осим тога констатовано је да није било акумулације диверзитета низводно, што указује да су стопе миграције симетричне узводно и низводно. Добијени резултати нису били у складу са очекивањима аутора, који су претпостављали да је већи проток гена и мање разлике између популација низводно због топографије терена и веће површине приобалних шума са адултним стаблима која се одликују обилним плодоношењем. Неслагања између потенцијалног и ефективног протока гена аутори сматрају да је изазвано динамиком реке пре него физичким баријерама. Бочна динамика река у узводном делу редовно ствара велике површине погодне за колонизацију, док је у доњем делу река мање динамична и пионирска станишта су ограничена. Поред тога, преовладавајући смер ветрова доприноси преношења полена само између популација у горњем току реке, где ветрови прате правац долине. Посматрана изолација по удаљености и симетричан проток гена доводи до закључка да се проток гена између популација искључиво дешава путем дисперзије полена, док је ефективна дисперзија семена ограничена за дистанце веће од 1-3 km.

Принципи конзервације генетичке варијабилности могу се сматрати идентичним за сва жива бића. Међутим, методе које се примењују варирају у зависности од специфичних циљева конзервације, дистрибуције и биолошке

природе материјала који је објекат конзервације (FAO, 1989). Стога, са аспекта очувања генетичке варијабилности можемо говорити о различитим методама *in situ* и *ex situ* конзервације.

Крајњи циљ *in situ* конзервације неке врсте је да се одржи широка генетска разноврсност тако да може да задржи свој потенцијал да се прилагоди променама у окружењу. Успешан програм *in situ* конзервације мора да испуни три основна захтева (Koski *et al.*, 1997): регенерација природних популација мора бити осигурана и нова генерација дрвећа углавном треба да буде резултат размене репродуктивног материјала унутар конзервационих станишта; број генотипова у конзервационим стаништима мора бити довољно велик да укључи већину заједничких алела; и мрежа конзервационих станишта мора бити распоређена тако да покрива просторне генетичке варијације присутне код врста које су објекат конзервације.

Традиционалне методе *in situ* конзервације нису увек погодне, па уколико постоје поуздане информације о немогућности или неефикасности њихове примене заштиту генофонда је неопходно извршити и методама *ex situ* конзервације. Методе *ex situ* конзервације углавном се примењују у случајевима када је потребно предузети одговарајуће мере ради очувања угрожених популација или када су популације сувише мале да би могле бити сачуване *in situ* (Aleksić and Orlović, 2004). Одлуку о оптималној стратегији и методи *ex situ* конзервације треба заснивати не само на биолошким карактеристикама врсте, распореду генетичке варијабилности и тренутном конзервационом статусу, већ и на расположивом знању о гајењу и газдовању популацијама циљне врсте (Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2010). Најчешће примењена метода *ex situ* конзервације је оснивање пољске банке гена, садњом клонова добијених из резница или пресађивањем (IPGRI, 2000).

Стратегије конзервације расположивог генофонда базиране су на процени стања и распрострањењу генетичког диверзитета у постојећим природним популацијама (Flush *et al.*, 2002). Висок ниво генетичке варијабилности у популацијама црне тополе је основни предуслов за успешну конзервацију (Pospíšková and Šálková, 2006; Rathmacher *et al.*, 2010; Jelić *et al.*, 2014), јер на овај

начин може бити сачуван локални генетички диверзитет, као и способност природног подмлађивања црне тополе (Jelić *et al.*, 2014). Међутим, и поред присутне генетичке варијабилности, поставља се питање како даље очувати диверзитет с обзиром да је природно обнављање црне тополе спорадично, и захтева специфичне услове у погледу влажности талога (Legionnet *et al.*, 1999). Поред тога, природно подмлађивање црне тополе је онемогућено и због недостатка одговарајућих површина где постоје погодни услови за клијање семена што представља додатни проблем (Cottrell, 2004; Pospíšková and Šálková, 2006). Ови услови подразумевају свеже наносе песка и шљунка, без вегетације, са оптималним водо-земљишним условима (Barsoum, 2001). С обзиром да овакви услови готово да не постоје у зрелим састојинама природно обнављање је ограничено на нове локације где нема зрих стабала (Cottrell, 2004; Kajba *et al.*, 2005).

Имајућу у виду претходно наведене чињенице када је у питању црна тополя као специфична врста велики број аутора наводи да се њена ефикасна генетичка конзервација остварује комбинацијом адекватних мера *in situ* и *ex situ* конзервације (Lefèvre *et al.*, 1998, 2001; Cottrell, 2004; Kajba *et al.*, 2005; Toplu, 2005; Ballian and Mekić, 2008), које поседују различите предности и недостатке.

У многим европским земаљама активности на конзервацији шумских генетичких ресурса започете су већ почетком деведесетих година XX века. Ове активности попримиле су размере националних стратегија, које су обједињене на нивоу Европе. На првој Министарској конференцији о заштити шума у Европи, одржаној 1990. године у Стразбуру, донето је шест резолуција од којих се једна односила на очување шумских генетичких ресурса. Резолуција 2 позива земље потписнице да развијају политику очувања шумских гена, кроз успостављање програма међународне сарадње. FAO и IPGRI предлажу European Forestry Genetic Resources Programme (EUFORGEN) који је одобрен од стране друге министарске конференције одржане у Хелсинкији 1993. године. Овај пројекат се састојао од четири пилот мрежа врста чији се генетички диверзитет сматра угроженим према прелиминарном истраживању тренутног статуса европских шумских генетичких ресурса од стране FAO и IPGRI. Једна од пилот мрежа тиче се црне тополе - *Populus nigra* Network, у оквиру које се изводе радови на заштити њеног

генофонда. У моменту покретања пројекта (1994. године) било је укључено 14 европских земаља: Белгија, Бугарска, Хрватска, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Италија, Холандија, Португал, Словачка, Шпанија, Турска и Велика Британија. Касније, многе земље су укључене у програм EUFORGEN – *Populus nigra* Network. На крају фазе III (децембар, 2009. године) мрежа EUFORGEN је имала 31 земљу чланицу. Земље чланице, као и земље које су се придружиле на крају треће фазе, међу којима је и Србија (фебруар, 2010. године) позване су да учествују у фази IV (2010 – 2014). EUFORGEN је у Италији формирао генетску збирку у којој је, према извештају са састанка *Populus nigra* network 2003, учествовало 20 земаља са укупно 39 клонова, где је свака земља учествовала са по два генотипа, 25 резница по генотипу. У оквиру овог пројекта два клона европске црне тополе из Србије су укључена у генетску збирку у Италији.

Cagelli and Lefèvre (1995) наводе да су неке европске земље започеле независне програме конзервације шумских генетичких ресурса црне тополе. Међутим, у већини европских земаља не постоји коначан инвентар преосталих састојина црне тополе, као ни детаљнијих информација о статусу преосталих природних популација ове врсте. *In situ* конзервација је ограничена на неке посебне локације, као што су приобалне шуме, типична станишта црне тополе која су веома угрожена од урбанизације и конкуренције са људским продуктивним активностима. Аутори истичу да су активности на *in situ* конзервацији у иницијалној фази у неким европским земљама и наводе пример Бугарске која је укључена у међународни пројекат за заштиту приобаља Дунава, Хрватске која ће започети план очувања природних мешовитих шума црне тополе које покривају површину од око 10.000 ha. Такође наводе да је *in situ* конзервација покренута у Мађарској где је заштићено 8 састојина (око 60 ha) на приватном земљишту и у Португалу где је формирана „еколошка изложбена састојина“. *Ex situ* активности, са друге стране, су спроведене у неколико европских земаља (Италија, Француска, Турска, Мађарска, Хрватска, Велика Британија, Холандија, Немачка, Шпанија, Бугарска и Грчка).

Lefèvre *et al.* (2001) наводе да је много теоријског рада посвећено конзервацији шумских генетичких ресурса црне тополе, као и да је имплементација већ почела да се спроводи на локалном, националном или

међународном нивоу. За очување црне тополе потребно је спровести комбиновану генетичку конзервацију (*in situ* и *ex situ*) коју треба интегрисати са интезивним активностима на оплемењивању, конзервацији и рестаурацији станишта. Критеријуми и индикатори за праћење управљања генетичким ресурсима су прогресивно развијени у теорији, али тек треба да се тестирају у пракси.

Kajba *et al.* (2005) истичу да се стратегија очувања шумских генетичких ресурса црне тополе може поделити у три оперативна циља: осигурати оптимално могућу количину природне обнове (појаву малата), спречити губитак генетског диверзитета и губитка индивидуалне способности опстанка у следећим генерацијама и идентификовати и сачувати локалне и регионалне семенске базе. У циљу постизања ових циљева потребно је интезивирати селекцију, размножавање и тестирање клонова домаће црне тополе како би се добио квалитетан садни материјал за обнављање састојина ритских шума. Стратегију обнове треба водити начелом замене засада еурамеричких топола са европском црном тополом, али у складу са шумско узгојним планом.

Toplu (2005) наводи да су програми конзервације црне тополе у Турској покренути у оквиру EUFORGEN мреже фокусирани углавном на *in situ* конзервацију. Рад на конзервацији довео је до идентификације дистрибуционих подручја, посебно у источној Анадолији, где је идентификовано пет природних популација у сливовима река Мелет, Келкит, Мунзур, Карасу и Пулумур (Toplu and Kucukosmanoglu, 2003). Међутим, подручја погодна за *in situ* конзервацију су ограничена, јер су природне популације црне тополе угрожене од урбанизације и лошег управљања руралним ресурсима. Стога је *in situ* конзервација често допуњена или замењена *ex situ* конзервацијом, којој се у последње време посвећује већа пажња. На подручју Турске основане су банке клонова и клонски огледи, у којима је извршена идентификација клонова са високим растом и добрим адаптивним особинама на различите еколошке услове.

Ballian and Mekić (2008) наводе да се у Босни и Херцеговини врло мало радило на интродукцији хибридних топола, тако да су само мале површине хибридних топола коришћене у производњи целулозног дрвета. Због појаве одређених болести које су захватиле те културе оне су врло брзо напуштене, те се

престало са даљом интродукцијом. Тако је проблем интрогресије сведен на најмању могућу меру за разлику од других земаља Европе. Већи проблем представља стално уништавање станишта аутохтоних црних топола регулацијом речних токова, отварањем шљункара, депоновањем отпадног материјала, као и непостојање законске регулативе која би заштитила постојећи генофонд црне тополе. Аутори наводе да би мере заштите које би се преузеле на природним стаништима тешко дале резултате, с обзиром да је то зона са интензивном пољопривредом и градњом, а у Херцеговини и са честим пожарима. Због тога је једини излаз у подизању клонских архива *ex situ*, на заштићеним местима која су знатно мање изложена људским активностима. У ту сврху у Босни и Херцеговини је подигнут *ex situ* клонски архив, у који је укључено 161 стабло аутохтоне црне тополе, из 26 популација широм Босне и Херцеговине и 14 хибридних и егзотичних врста топола. Аутори наводе да ће клонски архив допринети очувању генетичке разноврсности аутохтоне црне тополе и њене касније реинтродукције на природна станишта, с тим што употребу репродуктивног материјала из архива треба ограничити на локалне потребе, све док се не добију резултати на молекуларно-генетичком нивоу или на нивоу тестова провенијенције.

У циљу *ex situ* очувања генетичког диверзитета црне тополе Michalak *et al.* (2015) су испитивали криопрезервација семена у течном азоту (на $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$). Семе је сакупљено са три појединачна стабла (две провенијенције) и просушено до различитог нивоа садржаја воде у опсегу од $0,02\text{--}0,35\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ ($\text{g H}_2\text{O/g}$ суве масе, $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), након чега је потопљено у течни азот. Клијавост семена су процењивали након сваког третмана, при чему су доказали да је семе црне тополе толерантно на исушивање до садржаја воде од $0,07\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$, међутим, када је семе изложено нижем нивоу садржаја влаге ($\leq 0,05\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$), његова клијавост је значајно смањена. Резултати истраживања показују да семе црне тополе, без обзира на порекло, годину сакупљања и квалитет, може бити успешно сачувано криопрезервацијом у року од 24 h када је садржај влаге у семену у опсегу $0,11\text{--}0,17\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$. На основу толеранције на исушивање и способности да издржи потапање у течни азот семе црне тополе су класификовали као осредње. Ова студија обезбеђује основу за коришћење криопрезервације за *ex situ* конзервацију семена црне тополе.

Jelić *et al.* (2014) наводе да је за очување адаптивне способности црне тополе најприкладније извршити заштиту и унапређење њених природних станишта. Међутим, *in situ* конзервација неће бити применљива у великим деловима њеног природног распрострањења дуж тока Дунава због урбанизације и веома честе фрагментираности и поремећености природних састојина. *In situ* конзервација генофонда може бити ограничена на мања подручја, као што су приобалне шуме, изоловане од култивисаних топола. Аутори предлажу конзервацију старијих стабала у популацијама европске црне тополе у сливу Дунава, јер ове индивидуе највероватније представљају изворне оригиналне генетичке конституције, које нису претрпеле генетичку интрогресију. Одржавањем постојећег стања и могуће генетско побољшање ових специфичних популација, заједно са ефикасном стратегијом конзервације, могла би се спречити даља генетичка деградација.

Rathmacher *et al.* (2010) предлажу да се пажња приликом конзервације фокусира на велике и разноврсне популације. У оваквим популацијама неопходно је обезбедити нове погодне површине за природно подмлађивање у оквиру дистанце дисперзије полена и семена потенцијалних родитељских стабала. С обзиром да се семе разноси на мале дистанце аутори предлажу да потенцијалне површине за подмлађивање црне тополе буду на максималној дистанци од 500 m од репродуктивно зрелих стабала, како би се постојећи и још увек значајан генетички диверзитет пренео на следеће генерације. Појединачна стабла из такве велике и разноврсне популације могу се користити за сакупљање полазног репродуктивног материјала за оснивање *ex situ* конзервационих јединица. Приликом конзервације малих реликтних популација, важно је знати на коликој удаљености популације могу да расту, а да и даље остану у контакту преко дисперзије полена и семена. Како се највећи део ефективног полена разноси на дистанци мањој од 1 km, стратегију конзервације популација црне тополе треба фокусирати на одржавање и унапређење метапопулација које су непосредној близини једна другој.

3. ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

Са еколошког и делимично газдинског аспекта у последњих неколико деценија црна топола је била потпуно маргинализована (Ballian and Mekić, 2008). Изостанком природне обнове те старењем и сечом постојећих ритских шума, убрзан је процес деградације природних састојина. Будући да се тополе не обнављају семеном под застором крошњи, оплодним сечама као ни налетом семена са стране, обнова тополових шума обављала се након чистих сеча избојцима из пања и жила. То је имало за последицу деградацију високог узгојног облика тополових семењача у ниски узгојни облик, тополове пањаче. Након неколико генерација, тополове пањаче поступно су губиле своју виталност, те су представљале деградациони стадијум састојина аутохтоних топола. Због тога су пањаче поступно преведене у нови узгојни облик, културе хибридних клонова еурамеричких топола (Romanić, 2000). Повећањем контакта аутохтоних топола са узгајаним засадима култивисаних топола пружена је могућност производње хибридног семена (Levin *et al.*, 1996), што је у интеракцији са фрагментацијом станишта, изазвало ерозију генетичке разноврсности и нестанак чистих природних популација црне тополе широм Европе, али и Србије.

У Србији мали део природних састојина црне тополе је сачуван (Orlović *et al.*, 2005). Непрестаним људским захватима у оквиру природних станишта црне тополе, величина њеног ареала у Србији је сведена на појединачне, међусобно одвојене површине, што је случај и са природном популацијом на Великом ратном острву.

На територији Великог ратног острва популација црне тополе се јављају у типу шуме беле и црне тополе (*Populetum albo-nigrae* Slav.52) и представља завршни стадијум развоја плавних шума меких лишћара. То су флористички богате заједнице у којима се поред едификатора беле (*Populus alba* L.) и црне тополе (*Populus nigra* L.), у спрату дрвећа јавља још и вез (*Ulmus effusa* Willd.) чија је бројност знатно редукована (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2012/a, 2012/b). Имајућу у виду значај влажних станишта и хигрофилних шума као угроженост популације црне тополе на овом локалитету, намеће се потреба конзервације и усмереног

коришћења расположивог генофонда црне тополе на острву, што је и предмет истраживања у овој докторској дисертацији.

Популација црне тополе на Великом ратном острву подвргнута је одређеном степену конзервације самом чињеницом да се налазе у оквиру заштићеног подручја где је деловање штетних агенаса, пре свега човека, строго контролисано (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2014). Међутим, неопходне су додатне мере конзервације у циљу очувања расположивог генофонда црне тополе као једног од носилаца шумског екосистема на острву.

Стратегија генетичке конзервације црне тополе на подручју Великог ратног острва подразумева дугорочно очување и унапређење еколошке адаптивности и еволутивног потенцијала ове врсте и постављање основа за контролисану производњу квалификованог репродуктивног материјала у циљу проширења постојеће популације.

4. ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА

Сprovedена истраживања у оквиру ове докторске дисертације обављена су на подручју Великог ратног острва које се Решењем Скупштине града Београда 501-362/05-XIII-01 од 08. априла 2005. године („Службени лист града Београда”, бр. 7/05) ставља под заштиту као предео изузетних одлика.

4.1. Заштићено подручје „Велико ратно острво”

Заштићено подручје „Велико ратно острво“ налази се на територији града Београда, подручје општине Земун, на надморској висини 69,5 - 73,5 m. Састоји се од две речне аде, Великог и Малог ратног острва, које су смештене између 1172 и 1169 km тока Дунава, са заштитним појасом у ширини од 50 m водене површине, односно 70,1 m водостаја Дунава – коте ниског пловидбеног нивоа (EN).

Укупна површина заштићеног подручја „Велико ратно острво“ износи 167,90 ha, док спроведена геодетска снимања површине заштићеног подручја из 2006. године показују да се површина увећала од последњег снимања (1952.

године) и сада износи 211 ha 36 ar 78 m² (Велико ратно острво 210 ha 64 ar 38 m², а Мало ратно острво 72 ar 40 m²).

Заштићено подручје се категорише као значајно заштићено подручје III категорије. „Велико ратно острво“ ужива посебан статус и по основу свог положаја, јер се непосредно ослања на међународне пловне путеве на Дунаву и Сави. Оно је једна од реперних тачака на најзначајнијем европском пловном путу (Коридор VII-NETS – Нови европски транспортни систем), који преко канала Рајна-Мајна-Дунав, повезује Северно са Црним морем.

За заштићено подручје утврђене су три зоне са различитим режимима заштите (члан 5. Решења) и то:

1. зона заштите природе – режим заштите I степена, која има карактер специјалног резервата природе и обухвата: Мало ратно острво у целини, зону приобаља Великог ратног острва (форланд према Дунаву и Сави), шумски комплекс (међупростор између водених површина унутар острва), влажна подручја унутар Великог ратног острва, водене површине око Малог ратног острва и водене површине око I и II зоне на Великом ратном острву;
2. зона рекреације – режим заштите II степена, који обухвата: унутрашње делове Великог ратног острва, некадашње обрадиве површине које се и сада у том статусу користе, ливадске површине и некадашње ливадске површине обрасле багреном и другим неаутохтоним врстама, део форланда према Дунаву који је делимично заузет бесправно изграђеним објектима и на ком су вршене неовлашћене интервенције на вегетацији и на тлу, као и локација јавног приступа према београдском делу са контролисаном јавном саобраћајницом и заштитном зоном у ширини од 10 m која повезује ову локацију са постојећом плажом Лидо;
3. зона туризма – режим заштите III степена, која обухвата: плажу Лидо са планираним проширењем на коме се може лоцирати организована туристичко-рекреативна понуда и нови садржаји, водену површину која је окружује и локацију јавног приступа према београдском делу.

Поред ових режима заштите „Велико ратно острво“ потпада и под следеће

режиме заштите: зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања и водопривредних објеката, заштита мочварних подручја, као и заштита ловних и риболовних резервата.

4.2. Историјат Великог ратног острва

Велико ратно острво настало је као седиментна и алувијално-акумулативна творевина услед успоравања и заустављања пешчаних наноса на ушћу Саве у Дунав. Изграђено је од концентричних биљних појасева, који се правилно смењују од обале ка унутрашњости острва, зависно од нивоа подземних вода и уздигнутости терена. Припада осетљивим влажним стаништима која подразумевају присуство специфичне вегетације, која чини станиште за различите биљне и животињске врсте.

Појава острва је први пут забележена у 16. веку, као мали пешчани спруд, који је касније подељен воденим каналом у правцу водотока Дунава. Најстарији ликовни приказ налази се на мапи мађарског картографа Лазара Деака из 1514. године.

Први писани податак који указује на постојање ада на ушћу Саве у Дунав, налази се код енглеског лекара Брачна из 1669. године. Он спомиње велико шумовито острво на ушћу Саве у Дунав, које се појавило из речног талогa пре не више од тридесет пет година.

Први документовани податак о постојању грађевине на острву потиче из прве половине 18. века, као фортификација срушена 1740. године. Из 1876. године постоји аустроугарски план за острво, а нешто касније 1894. године и мађарски план.

Све скице и карте из 17., 18., и 19. века указују да су промене на ушћу Саве у Дунав биле одувек велике. Кроз дугу историју острво је мењало свој облик, делило се и спајало, повећавало и смањивало и у више наврата мењало и своје име. Најстарији назив му је било Дунавско острво, затим Цариградско острво, а тек крајем 18. века (1775. године) на плановима се појављује ада одвојена у три дела, са називом Ратно острво. После првог светског рата, када су острва изгубила

војни значај, Мало ратно острво је названо „Коњска ада“, а Велико ратно острво се звало „Сиротињско острво“.

Велико ратно острво је уско повезано са историјом Београда и Србије, и од свог постанка било је у склопу ратних операција извођених у овом региону. Због свог великог стратешког положаја, на њему су, почев од турске владавине, па преко угарске и аустријске, грађена и рушена многа војна утврђења и мостови за прелазак војски са београдске на земунску и панчевачку страну, и обрнуто. Значајна раскрсница саобраћајних и трговачких путева, Ратно острво постаје почетком 19. века са појавом првих пароброда за Мађарску и Румунију.

Последњих седамдесет година, од како су извршена 4 снимања, присутна су велика померања обала острва и Дунава. Дрastiчне промене се дешавају у доњем току Дунава испред ушћа Саве. У овом периоду десна обала се код ушћа померила удесно за око 500 m. Промене друге две контуре знатно су слабије, нарочито савске обале.

Површина Великог ратног острва смањена је бочном ерозијом за 60 ha, а у исто време се на банатској страни формирао пространи пешчани спруд широк око 250 m, а дугачак скоро 2000 m. Код Земуна Дунав тежи удесно (услед ротације Земље – кориолисово убрзање), али му несавладиве Савине кривине не дају да се премести у корито рукавца. Један део вода Дунава на тај начин иде рукавцем у Саву, а главни дунавски ток иде са северне стране Великог ратног острва кроз широко корито подложно сталним променама (Ђорђевић, 2007).

Својим специфичним положајем и изгледом Велико ратно острво одувек привлачи пажњу. Први инжењерски пројекат који помиње острво, налази се у плану регулације Саве. Регулациони план је израдила аустро-угарска војна команда у Загребу 1876. године. На том плану је представљена једноставна троугласта регулација ушћа и Великог ратног острва. Нешто касније, 1894. године, појављује се мађарски предлог у оквиру Закона о регулисању средњег тока Дунава.

Прва права идеја о уређењу и коришћењу Великог ратног острва појавила се у генералном урбанистичком плану из 1923-1924. године. Тада је острво замишљено као велики елитни парк. За те потребе је извршено исушивање и

насипање терена на левој обали Саве, а поред тога требало је да почне изградња првог сајмишта у Београду. Нешто касније, изведени су радови на регулацији леве дунавске обале (1928-1935. године).

После Другог светског рата, уочљива су три посебна периода са разрадом идеја о Великом ратном острву. Планом из 1948. године замишљено је да Ратно острво буде спојено са мостом испред Земунa, уз веома атрактиван спортско-рекреативан парк на острву, са великим кружним језером у средини. Најчешће варијанте које су биле у оптицају су Језеро, Залив или Острво. Године 1950. прве две варијанте су позитивно оцењене, а варијанта Острво је одбачена. Концепција Језеро бива прихваћена 1970. године и веома добро разрађена, да би већ две године касније генералним урбанистичким планом из 1972. године, то било одбачено. Велико ратно острво задржава статус острва намењеног масовној рекреацији (Ђорђевић, 2007).

У периоду од 1976-1985. године острво се разматра као потенцијални извор водоснабдевања. Завод за заштиту природе поставља захтев Скупштини општине Земун да прогласи Велико ратно острво за заштићени резерват природних и историјских вредности. Захтев није званично усвојен, али су планови о водоснабдевању престали.

Завод за заштиту природе Србије, 2002. године, дефинише предлог за заштиту Великог и Малог ратног острва на Дунаву, код Београда. Решењем Скупштине града Београда 501-362/05-XIII-01 од 08. априла 2005. године („Службени лист града Београда”, бр. 7/05) Велико ратно острво је проглашено за предео изузетних одлика и као такво стављено под заштиту. Одлуком Скупштине града из 2005. године одржавање Великог ратног острва поверено је на управљање, односно, старење Јавном комуналном предузећу „Зеленило – Београд”, Београд. Новим генералним планом Београда до 2021. године утврђен је статус Великог ратног острва као јавног и трајног добра Београда.

4.3. Геолошке карактеристике

Велико и Мало ратно острво су архипелаг од пет малих острва чији процес обликовања још није завршен. Дакле, стварање Великог ратног острва представља динамичан процес, који, ако се погледа дубље у геолошку историју Земље, не представља никакву временску дистанцу са геолошког аспекта.

Мењајући изглед својих токова Сава и Дунав су за сада задобили облик који тренутно познајемо. Велико ратно острво настало је као седиментна и акумулативно-алувијална творевина Дунава, чије је пешчане наносе зауставила или успорила река Сава. На ушћу ове две реке које се спајају под тупим углом дошло је до смањења механичке снаге и једног и другог водотока и таложења транспортованог, наносног материјала. У почетку се ово таложење одвијало под водом, где су струјнице тока најспорије, тако да се првобитно формирао подводни спруд. Временом, овај спруд почео је да израста изнад воденог огледала и да постаје веома лепа ада која је названа Велико ратно острво. Велико ратно острво опасно је са севера Дунавом, са истока Савом, а с југа и запада рукавцем Дунава, Дунавцем.

Као рецентне творевине, аде, према старости геолошког састава припадају квартарним седиментима, односно холоценим. На основу Основе геолошке карте (К 34-113, Лист Београд), седименти Великог ратног острва припадају фацији корита, чија дебљина износи око 25 m. У подини ове серије налазе се зеленкасте терцијарне глине. Цела серија дели се на више стратификационих секвенци чије смењивање се правилно уочава. Доњи део серије представља хоризонт песковитих шљункова и шљункова, променљиве дебљине. Гранулација седимената варира од 5 cm све до ситнозрног. Запажена су и мања сочива пескова, ређе глиновитих пескова, па чак и песковитих глина. Изнад ових слојева, до дубине 4 - 5 m од површине терена, налазе се сиви, сивомрки и сивозелени пескови. Гранулација ових пескова у геолошком песку одоздо навише има смену средњезрни-ситнозрни-прашинасти пескови. Највише партије ове серије представљају пескови са примесама глиновите и алверитичне компоненте. Дебљина овог дела серије, која је понекад представљена и муљевитом прашином и прашинастим песковима,

износи око 5 m. Треба истаћи да у свим досадашњим истраживањима нису нађени фосилни остаци, чак ни у дубљим деловима (2008).

4.4. Педолошке карактеристике

Према педолошком саставу, површински слојеви Великог ратног острва су алувијалне творевине реке Дунав и, у мањем обиму, реке Саве. По Педолошкој карти Војводине (Завод за пољопривредна истраживања, Нови Сад, 1958. године) земљиште припада групи алувијума различитог механичког састава.

На Великом ратном острву према механичком саставу срећу се два типа земљишта: песковито-иловести карбонати и иловасто-песковити карбонати.

Први тип земљишта је заступљен на 63,76% површине и распростире се у средишњем и источном делу острва. Тај тип земљишта може бити означен као глеј (подземне воде осцилирају између 80 и 120 cm дубине). По свом механичком саставу тип земљишта спада у лаке песковите иловаче (садржај финих честица 0,002 mm варира од 22 - 34%, а садржај ситног песка од 54 - 68%). Овакав састав иде све до 120 - 130 cm дубине. Ову врсту земљишта карактеришу добре водно-ваздушне особине.

Иловасто-песковити карбонати заступљени су на 14,37% површине и то само на западном делу острва (плажа Лидо). Тај тип земљишта може бити означен као прелазна алувијална парарендзина на рецентном иловасто-песковитом алувијалном наносу.

Остатак чине забарене површине (7,50%) и површине на којима су заступљени врбасти (14,37%).

Земљиште је плодно и до седамдесетих година двадесетог века највећим делом се користило за пољопривредну производњу.

4.5. Хидролошке карактеристике

Сам настанак Великог ратног острва везује се првенствено за Дунав, али ни утицај реке Саве није без значаја. Као један динамичан систем који се непрестано мења, повећава или смањује, дели или спаја, Велико ратно острво за свој изглед дугује обема рекама.

Дунав је највећа река средње и југоисточне Европе, а после Волге, друга по ширини. Дужина тока Дунава износи 2857 km и протиче кроз 8 европских земаља. Од своје укупне дужине ток Дунава кроз нашу земљу износи 449,35 km. Плован је целом дужином кроз Републику Србију. Све до Ђердапске клисуре представља типичну равничарску реку, стварајући меандре, изливајући се из корита и образујући рукавце и аде – речна острва. На панонском делу тока има укупно 49 речних острва. Ширина тока у просеку износи 600 m. Дуж читавог свог тока, Дунав је најшири између Бачке Паланке и Земуна (420 до 2.000 m), док му је максимална дубина на овом подручју 10,5 m, а средња варира од 3 до 6,8 m. Брзина тока воде, мерена 1953. године код Земуна, кретала се од 0,8 до 1,4 m/s, зависно од водостаја, али је касније, изградњом бране на Ђердапу, Дунав успорен узводно све до Сланкамена.

Сава, некад најзначајнија река бивше Југославије, има дужину тока од 945 km. Од Јемене па до ушћа у Дунав, дужина износи 296,5 km кроз Србију и целим својим током је пловна. Ширина алувијалне равни Саве варира (2 - 4 km) и целим током је под власитим наносима. Због незнатног пада Сава није у стању да транспортује сав песак и шљунак који добија од својих притока, већ га таложи и од њега ствара спрудове и аде.

Управо једна од главних особености Саве су спрудови који су уочљиви и при средњим водостајима, док се при ниским водостајима они могу истицати 3 - 5 m изнад нивоа воде. Река Сава има највише воде у априлу и мају, зато што се отапа снег дуж њеног слива.

Дунав, такође, највише воде има у овим месецима због топљења снега у сливовима Саве, Драве и Тисе, а истовремено у нашем Подунављу падају највеће количине падавина. У овом периоду транспорт шљунковитог, песковитог и муљевитог материјала је најинтезивнији. Пораст пролећних вода у околини

Београда траје око 20 дана, а опадање је доста спорије. Најмању количину воде, река Сава и Дунав, имају током септембра и октобра после периода летњих суша и смањеног прилива атмосферског талога.

Од 1859. године почињу да се врше свакодневна мерења водостаја код Земуна. Највиши забележени водостај био је 16. априла 1888. године 7,99 m изнад нулте тачке, а најнижи 25. маја 1908. године и износио је 1,26 m испод нулте тачке. Средња температура воде код Земуна, мерена у периоду од 1946-1970. године, износила је 11,5 °C. Зими Дунав често и замрзне (2008).

Изградњом ђердапских хидроелектрана и акумулационог језера 1972. године, долази до значајних и драстичних промена у режиму Дунава, а индиректно и његових притока Саве, Тисе и Нере. На тај начин дошло је до успоравања Дунава и повећаног таложења наноса. Ниво водостаја је подигнут, што се одразило на режим годишњег плављена. Све ове промене су, наравно, имале негативни утицај на вегетацију и животињске врсте, чија су станишта у великој мери нарушена и редукована. Променом водостаја измењени су еколошки услови узводно од бране и, на тај начин, измењени или потпуно уништени поједини екосистеми.

На Великом ратном острву ниво подземних вода директно зависи од водостаја Дунава. Осцилације нивоа Дунава због тога изазивају и промене нивоа подземних вода што се може уочити у микродепресијама. Описано земљиште острва и његово влажење у зависности су од подземних вода, количине падавина и режима поплавних вода Дунава.

4.6. Климатске карактеристике

За потребе анализе климатских карактеристика Великог ратног острва коришћени су подаци Републичког хидрометеоролошког завода Србије за период 1946-2013. године на метеоролошкој станици Београд (на 44°8' северне географске ширине и 20°47' источне географске дужине). Коришћене су аритметичке средине низа расположивих података.

4.6.1. Температура ваздуха у периоду 1946-2013. године

Температура ваздуха спада у један од најважнијих климатских показатеља. Према обрађеним подацима из Републичког хидрометеоролошког завода Републике Србије, подаци о температури ваздуха у периоду 1946-2013. године за метеоролошку станицу Београд, приказани су у табели 2.

Табела 2. Вредности средњих месечних и годишњих температура ваздуха на подручју Београда (°C) у периоду 1946-2013. године

Година	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средња вредност
1946	-2,4	2,9	7,3	14,2	19,5	22,7	25,4	25,5	21,4	8,7	7,6	-0,3	12,7
1947	-6,3	0,6	10,6	14,8	18,5	21,7	23,3	22,0	21,2	10,6	8,5	3,4	12,4
1948	7,1	1,9	6,7	13,2	18,6	18,7	20,9	22,9	18,9	13,5	5,2	-2,1	12,1
1949	2,4	2,4	2,4	13,4	18,0	17,5	20,7	19,9	18,1	12,7	9,8	4,1	11,8
1950	-2,2	3,4	7,8	14,7	19,1	22,3	25,5	24,1	19,5	11,0	7,7	6,0	13,2
1951	3,7	5,1	8,4	12,3	18,0	20,7	22,0	23,0	19,9	10,9	9,9	3,6	13,1
1952	2,0	1,9	5,3	15,6	16,2	20,4	24,4	25,7	18,5	13,0	6,7	3,5	12,8
1953	1,5	1,2	5,9	13,1	15,8	21,0	23,6	20,6	19,3	13,3	3,9	0,6	11,7
1954	-5,1	-5,0	7,0	9,5	15,9	21,8	21,5	21,9	19,4	11,7	5,9	4,8	10,8
1955	2,5	5,2	4,8	8,4	16,5	19,9	21,2	19,7	17,6	13,0	5,9	5,4	11,7
1956	3,3	-7,2	1,4	12,7	16,0	19,2	22,4	23,1	19,0	12,1	3,3	1,0	10,5
1957	-1,3	7,0	8,7	12,6	13,9	22,6	22,8	21,6	17,4	12,1	7,9	1,4	12,2
1958	-0,1	7,0	2,1	9,6	20,6	20,0	23,6	23,2	17,8	12,6	6,9	6,4	12,5
1959	1,8	-0,6	9,0	12,4	16,3	19,4	22,3	20,7	15,8	10,8	6,4	5,3	11,6
1960	0,1	2,6	6,7	11,8	15,7	20,5	20,4	21,9	16,5	15,4	9,9	6,6	12,3
1961	1,0	3,7	9,4	15,3	14,8	21,4	21,2	21,8	18,9	14,9	8,8	1,1	12,7
1962	2,0	0,7	3,0	13,2	18,0	18,9	21,0	23,5	17,6	12,8	7,5	-0,9	11,4
1963	-5,2	-1,8	5,0	12,7	17,5	22,3	23,8	24,1	19,2	12,4	12,3	-1,8	11,7
1964	-5,5	1,2	4,7	12,7	15,8	22,8	21,2	20,4	16,8	13,3	8,1	2,7	11,2
1965	2,0	-2,4	7,6	10,1	16,0	20,1	22,8	19,9	19,1	11,4	6,7	4,9	11,5
1966	-2,5	9,1	6,2	14,1	16,7	19,7	21,4	21,4	18,0	17,0	6,4	3,2	12,6
1967	-1,5	3,2	8,7	11,5	17,2	19,3	23,1	22,2	19,2	14,9	7,7	0,6	12,2
1968	-0,8	5,6	7,5	15,2	19,3	21,3	21,4	19,5	16,9	12,1	8,2	0,3	12,2
1969	-1,9	1,7	4,3	11,6	20,2	18,9	20,6	20,6	18,1	12,0	10,9	-1,5	11,3
1970	1,2	2,5	6,6	12,6	14,6	20,2	20,8	21,2	16,6	11,2	9,5	2,6	11,6
1971	1,7	3,5	4,3	13,0	19,1	19,7	21,5	22,6	14,7	10,4	7,2	3,4	11,8
1972	0,5	4,0	9,7	13,8	17,5	21,9	21,4	20,1	14,6	9,7	8,1	2,5	12,0
1973	0,4	3,9	5,6	11,0	18,1	20,1	22,1	21,4	18,5	11,5	4,5	2,4	11,6
1974	2,0	7,1	8,9	10,9	15,2	18,4	20,9	22,9	18,3	9,2	7,2	3,7	12,1
1975	3,7	2,1	10,8	12,2	18,0	19,6	21,4	20,1	19,5	11,6	5,0	2,4	12,2

Година	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средња вредност
1976	1,4	0,4	4,0	12,6	16,8	18,6	21,8	18,1	16,3	12,7	8,6	3,5	11,2
1977	3,4	7,9	10,6	11,1	17,8	20,7	21,8	20,9	15,1	12,7	7,8	-0,7	12,4
1978	1,8	2,2	8,3	11,5	15,0	19,0	20,8	20,0	15,5	11,8	2,7	3,5	11,0
1979	0,2	3,5	10,4	10,9	17,4	22,0	20,0	20,1	17,8	11,3	7,5	5,4	12,2
1980	-1,6	2,7	6,6	9,4	14,3	19,7	20,8	20,4	16,4	13,2	6,0	1,1	10,8
1981	-1,4	2,4	10,2	11,5	16,6	20,9	21,2	21,3	18,3	14,0	5,6	2,8	12,0
1982	-0,4	0,0	6,6	9,1	18,9	21,5	21,4	21,2	20,7	13,7	6,6	5,2	12,0
1983	4,9	2,1	9,1	15,0	18,7	19,1	23,1	22,1	17,2	11,8	3,8	2,2	12,4
1984	2,1	1,2	5,6	11,3	16,8	18,8	20,0	20,3	18,9	14,1	7,0	1,5	11,5
1985	-3,4	-3,1	5,7	12,8	19,0	17,7	22,6	22,5	17,6	11,1	5,5	6,6	11,2
1986	2,7	-1,4	5,6	15,1	18,9	19,5	19,8	23,1	18,1	12,1	6,3	1,0	11,7
1987	-2,5	2,8	1,7	12,3	15,2	21,1	24,8	20,7	21,2	12,8	8,1	3,3	11,8
1988	4,6	4,9	6,5	11,3	17,8	20,2	24,7	23,4	18,0	11,8	1,4	2,9	12,3
1989	0,5	5,4	10,5	15,0	16,0	18,3	22,4	21,6	17,1	12,5	5,9	3,7	12,4
1990	1,6	7,3	11,2	12,3	18,2	20,6	21,9	22,5	16,1	13,8	8,5	2,2	13,0
1991	1,9	-0,2	9,2	11,0	13,6	21,1	22,6	21,2	18,9	11,4	7,7	-1,1	11,4
1992	1,7	4,2	8,2	13,0	17,9	20,6	22,8	26,8	18,6	13,1	8,2	1,2	13,0
1993	1,5	-0,6	5,0	12,7	20,0	21,7	22,6	23,4	18,1	14,5	3,0	4,7	12,2
1994	4,3	3,5	10,4	12,8	18,5	21,0	24,4	24,1	21,7	11,2	7,5	3,4	13,6
1995	0,6	7,9	7,1	12,6	16,8	20,5	24,8	21,6	16,6	13,4	4,3	2,2	12,4
1996	-0,2	-0,6	2,6	12,6	19,3	21,9	22,0	22,1	14,1	12,7	10,0	1,7	11,5
1997	0,3	5,4	6,7	8,2	18,6	21,9	21,1	20,8	17,1	9,8	7,8	4,1	11,8
1998	4,6	7,0	5,4	14,4	16,8	22,8	23,7	23,5	16,8	13,7	4,9	-1,6	12,7
1999	1,9	2,5	9,2	13,4	17,5	20,3	21,9	22,7	19,6	12,4	5,2	2,6	12,4
2000	-1,0	5,2	8,1	16,2	19,6	23,0	23,5	25,7	17,9	14,6	11,9	5,3	14,2
2001	4,2	5,4	11,8	12,0	18,3	19,0	23,0	24,0	16,1	14,8	4,7	-1,9	12,6
2002	1,2	8,5	10,3	12,1	20,1	22,9	24,3	22,2	17,4	13,2	10,6	1,3	13,7
2003	0,3	-2,1	7,1	12,1	21,5	25,0	23,1	25,6	17,8	10,8	9,2	2,8	12,8
2004	-0,3	3,6	7,7	13,1	16,0	20,6	23,1	22,0	17,2	15,1	7,6	3,7	12,5
2005	1,7	-1,3	5,8	12,7	17,7	20,3	22,6	20,6	18,4	12,8	6,7	3,4	11,8
2006	-0,5	1,9	6,5	13,7	17,4	20,2	24,7	20,9	19,2	15,2	8,9	4,3	12,7
2007	7,6	7,2	10,2	14,9	19,5	23,8	25,8	24,2	16,2	11,8	5,2	1,1	14,0
2008	3,2	6,3	9,1	13,8	19,3	23,0	23,7	24,0	17,0	14,8	9,1	4,6	14,0
2009	-0,2	2,9	7,9	15,8	19,9	21,0	24,1	24,1	20,6	13,1	9,9	4,7	13,7
2010	0,6	3,7	8,2	13,5	18,1	21,3	24,4	24,1	17,8	10,6	12,2	2,5	13,1
2011	1,6	1,0	8,0	14,4	17,5	22,2	24,0	24,7	22,6	12,1	4,4	5,5	13,2
2012	2,1	-3,0	10,1	14,5	17,9	24,9	27,0	26,3	21,5	14,7	10,5	2,0	14,0
2013	3,3	4,6	6,6	15,0	19,1	21,4	24,5	25,3	17,2	15,3	10,1	3,2	13,8
Средња вредност	0,9	2,7	7,2	12,7	17,6	20,8	22,6	22,3	18,1	12,6	7,3	2,6	12,3

На основу приказаних података може се констатовати да просечна годишња температура ваздуха у периоду 1946-2013. године износи 12,3°C. Просечна вредност у вегетационом периоду је 19,0°C. У најтоплијем месецу у години, у јулу, просечна температура је 22,6°C, а у најхладнијем јануару 0,9°C. Распон средње годишње температуре у посматраном периоду је од 10,5°C (1956. године) до 14°C (2007., 2008. и 2012. године).

4.6.2. Режим падавина у периоду 1946-2013. године

Подаци о pluviometriјском режиму приказани су у табели 3. Просечна годишња количина падавина на подручју Београда у периоду 1946-2013. године износи 687,3 mm воденог талога и варира од 367,7 mm (2000. године) до 1051,2 mm (1999. године).

У току вегетационог периода (април-септембар) просечна количина падавина је 387,6 mm, што представља 56,4% укупних годишњих количина падавина. Најмање падавина у вегетационом периоду у односу на годишњу количину, 33,6%, било је 1946. године, а највише, 72,9%, у току 2001. године. Најкишовитији месец је јун са просечно 94,9 mm воденог талога, а најмање падавина, просечно 44,7 mm, било је у фебруару месецу.

Табела 3. Месечне и годишње суме падавина на подручју Београда (mm), у периоду 1946-2013. године

Година	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средња вредност
1946	30,5	81,2	32,9	29,8	71,3	80,1	9,2	15,5	5,0	97,2	109,5	66,1	628,3
1947	83,9	53,4	53,4	30,2	68,4	42,2	74,5	47,6	1,0	20,9	30,0	65,2	570,7
1948	40,7	52,6	33,2	73,5	41,9	168,3	29,5	41,3	76,5	55,2	67,9	6,8	687,4
1949	51,7	5,4	97,2	28,7	165,4	130,4	90,2	64,5	14,4	7,9	72,9	70,9	799,6
1950	19,2	27,5	18,1	25,0	49,2	28,5	52,6	27,3	25,0	64,1	102,5	54,2	493,2
1951	27,2	43,3	52,2	80,6	37,3	92,4	145,4	24,3	106,7	13,1	59,7	25,0	707,2
1952	55,1	44,6	28,6	20,9	88,3	163,3	4,6	12,6	66,5	90,6	89,5	90,0	754,6
1953	38,0	81,2	13,6	31,0	78,2	199,4	91,1	87,0	11,5	21,8	6,9	36,6	696,3
1954	64,6	29,7	44,6	63,9	167,1	130,3	36,1	94,9	64,3	81,8	88,7	60,1	926,1
1955	36,9	99,7	65,6	63,0	59,8	49,8	105,8	127,3	68,9	74,9	53,9	54,2	859,8
1956	61,4	55,9	65,2	38,9	81,6	186,0	46,5	25,9	7,6	41,4	41,4	85,7	737,5

Година	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средња вредност
1957	20,6	31,5	6,1	35,6	140,2	87,2	106,7	18,5	66,0	36,9	18,8	35,9	604,0
1958	52,3	28,0	91,1	97,9	14,7	66,8	36,9	24,7	16,3	61,8	59,1	53,9	603,5
1959	67,6	21,9	26,1	51,8	77,7	124,1	33,3	41,1	39,1	5,0	74,6	37,4	599,7
1960	45,8	25,2	16,2	36,7	51,4	47,5	89,1	49,7	41,5	37,1	72,7	80,3	593,2
1961	12,2	21,3	10,8	62,6	143,1	16,7	43,1	16,7	9,7	1,9	38,9	88,4	465,4
1962	49,9	92,6	111,1	63,6	12,8	33,5	42,0	12,3	32,8	6,3	61,5	52,9	571,3
1963	111,7	43,1	40,2	44,1	33,6	38,5	47,3	23,3	45,1	7,5	32,0	72,2	538,6
1964	4,2	39,1	60,9	65,9	58,5	67,1	64,0	17,5	112,5	81,0	69,5	72,1	712,3
1965	55,8	79,0	24,7	58,2	49,8	130,3	39,8	23,3	51,4	0,0	74,6	79,0	665,9
1966	101,1	27,7	38,8	37,7	75,1	77,8	103,1	28,9	30,0	34,3	46,4	91,6	692,5
1967	35,5	12,7	60,5	61,0	117,0	79,8	52,8	5,2	134,9	20,6	32,6	109,2	721,8
1968	112,0	28,9	31,5	18,3	42,2	54,1	82,6	94,2	55,4	10,7	82,2	66,2	678,3
1969	27,3	90,0	29,4	34,3	23,2	171,8	125,5	44,1	27,0	3,5	47,0	178,7	801,8
1970	46,8	96,8	75,8	64,5	102,8	88,3	135,7	42,0	7,2	66,9	62,4	22,6	811,8
1971	45,4	37,2	75,1	61,8	91,7	98,6	86,3	53,7	72,2	13,0	49,6	10,1	694,7
1972	13,7	22,1	1,8	85,4	57,2	15,4	170,4	108,5	58,2	121,5	66,6	0,8	721,6
1973	15,1	31,5	30,8	92,3	48,5	87,2	30,5	50,4	51,9	32,2	48,5	29,0	547,9
1974	26,5	23,5	21,5	46,0	80,3	175,0	41,4	59,1	98,8	184,9	63,0	90,2	910,2
1975	25,6	8,9	38,6	41,4	131,6	105,2	131,5	129,2	22,2	52,9	48,6	6,0	741,7
1976	103,7	12,3	34,1	67,2	45,1	90,7	27,4	56,9	84,0	14,2	56,4	21,8	613,8
1977	44,1	105,5	61,4	86,5	33,4	49,9	82,6	83,8	72,5	13,6	77,0	80,5	790,8
1978	25,1	127,8	53,1	31,8	125,4	168,3	53,4	13,3	109,6	18,1	15,0	57,2	798,1
1979	92,6	39,9	38,7	63,3	65,1	91,4	56,4	80,0	14,3	47,6	41,9	56,6	687,8
1980	63,4	45,7	67,2	88,1	126,4	73,2	91,0	67,7	32,3	82,4	88,8	82,1	908,3
1981	48,7	22,2	144,7	62,2	47,2	114,4	21,0	72,8	79,0	72,3	90,6	75,8	850,9
1982	43,7	14,7	75,3	57,7	8,7	85,8	124,7	73,4	29,8	81,9	19,0	79,4	694,1
1983	32,2	16,4	18,9	37,6	63,0	121,8	35,1	13,3	71,4	31,3	31,3	39,5	511,8
1984	59,3	78,4	31,4	39,2	88,0	44,3	85,5	36,9	55,4	12,5	59,9	12,8	603,6
1985	53,9	46,7	41,5	65,7	40,8	126,0	15,4	168,1	12,7	13,6	80,9	22,0	687,3
1986	73,1	62,6	49,4	72,0	126,6	90,4	72,5	10,2	3,2	39,9	6,8	20,8	627,5
1987	106,8	3,1	72,0	59,2	169,0	113,4	67,4	43,1	10,6	18,0	100,5	60,0	823,1
1988	41,3	50,9	94,4	45,7	19,1	73,6	15,7	25,7	73,2	25,8	30,5	34,1	530,0
1989	4,6	9,5	37,4	93,7	74,2	141,7	12,7	67,2	52,9	48,6	71,6	22,4	636,5
1990	5,0	41,1	15,2	56,1	20,6	89,2	36,9	16,5	32,4	53,0	35,4	90,5	491,9
1991	20,2	11,2	83,7	51,3	94,9	86,3	143,4	32,8	25,8	84,2	62,7	31,7	728,2
1992	7,6	33,8	6,9	58,8	19,4	180,0	43,8	24,3	28,2	90,5	61,7	34,8	589,8
1993	21,9	31,8	77,1	26,7	12,8	50,4	56,9	24,5	51,5	18,8	77,8	88,9	539,1
1994	40,4	23,0	27,7	64,6	41,4	212,2	46,1	90,5	29,5	37,9	25,9	34,4	673,6
1995	82,2	45,9	43,9	61,0	83,6	64,7	33,7	69,2	92,6	0,3	57,0	67,1	701,2
1996	42,6	62,2	41,2	52,3	108,0	57,1	35,5	66,6	107,7	37,1	77,4	100,8	788,5
1997	31,7	49,2	11,4	88,1	51,6	31,7	126,1	108,4	30,4	106,7	30,8	80,6	746,7

Година	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средња вредност
1998	70,6	2,3	19,3	30,7	55,2	63,4	32,2	45,4	92,6	89,6	52,2	31,0	584,5
1999	51,1	63,3	16,9	73,2	60,9	142,4	262,5	12,9	85,4	56,2	73,2	153,2	1051,2
2000	27,3	28,3	30,3	41,9	34,5	19,1	29,3	7,8	70,7	16,6	20,7	41,2	367,7
2001	35,3	27,2	65,6	157,9	47,0	186,0	19,7	56,7	183,7	16,7	63,4	33,9	893,1
2002	15,1	14,0	14,8	53,7	20,9	79,6	60,7	106,8	51,9	88,3	35,8	52,8	594,4
2003	62,9	26,5	11,4	23,1	39,5	33,4	111,8	6,4	57,6	115,2	23,4	36,7	547,9
2004	93,5	29,4	18,9	71,7	63,3	113,8	94,6	89,3	45,0	32,9	129,5	50,3	832,2
2005	52,2	84,2	33,9	54,7	47,4	95,1	91,4	144,3	54,1	28,6	23,5	78,8	788,2
2006	43,2	59,1	104,4	97,0	42,3	137,8	23,3	120,6	24,3	20,9	24,5	51,9	749,3
2007	49,3	56,0	99,6	3,8	79,0	107,6	17,5	72,5	84,1	103,6	131,5	34,5	839,0
2008	44,6	8,3	79,7	34,9	60,6	43,3	53,0	45,6	68,5	18,4	51,0	79,0	586,9
2009	55,1	85,2	64,9	6,1	34,7	151,0	80,0	44,5	3,9	98,9	59,5	120,6	804,4
2010	91,6	112,8	47,2	43,7	86,4	181,7	41,4	53,5	51,8	48,8	45,2	61,4	865,5
2011	47,8	55,6	27,9	14,1	66,8	41,1	95,0	14,0	47,7	36,1	5,0	48,0	499,1
2012	87,2	61,5	2,4	66,9	127,9	16,0	39,0	4,5	30,7	44,9	28,1	55,1	564,2
2013	76,9	53,4	95,4	21,3	104,4	50,1	2,9	44,3	58,7	52,0	40,0	7,9	607,3
Средња вредност	48,9	44,7	46,4	53,9	69,0	94,9	66,0	51,8	51,9	46,5	55,5	57,7	687,3

4.6.3. Хидрички биланс по методу *Thorntwaite-a*

Један од најпотпунијих приказа климе неког подручја представља климатски (хидрички) индекс по методу *Thorntwaite-a* (Thorntwaite, 1948; Thorntwaite and Mather, 1955), који спада у индиректне рачунске методе за израчунавање хидричког биланса и одређивање карактера климе. Овај метод се, између осталог, нарочито примењује при проучавањима у шумарској науци и струци, јер даје најрелевантније податке везане за живот биљака (Bunišević and Kolić, 1959; Krstić, 1992), као што су: количина резервне воде у земљишту (R , у mm) и доба године са вишком (V , у mm) и мањком воде (M , у mm). Thorntwaite је увео појам потенцијалне евапотранспирације (PE).

Табела 4. Хидрички биланс по *Thorntwaite*-у у периоду 1946-2013. године

	T °C	i	(PE)	PE	P	R	SE	M	V
I	0,9	0,07	1	1	49	100	1	0	37
II	2,7	0,39	6	5	45	100	5	0	40
III	7,2	1,74	23	25	46	100	25	0	22
IV	12,7	4,10	50	57	54	97	57	0	-3
V	17,6	6,72	78	102	69	64	102	0	0
VI	20,8	8,66	97	125	95	34	125	0	0
VII	22,6	9,81	109	146	66	0	100	46	0
VIII	22,3	9,62	107	132	52	0	52	81	0
IX	18,0	7,01	81	84	52	0	52	32	0
X	12,6	4,05	50	49	47	0	47	2	0
XI	7,3	1,77	24	19	56	36	19	0	0
XII	2,6	0,37	6	5	58	89	5	0	0
ГОД.	12,3	54,33	631	749	687		588	161	96
V.P.	19			646	388		488	158	-3

Индекс хумидности = 12,8449

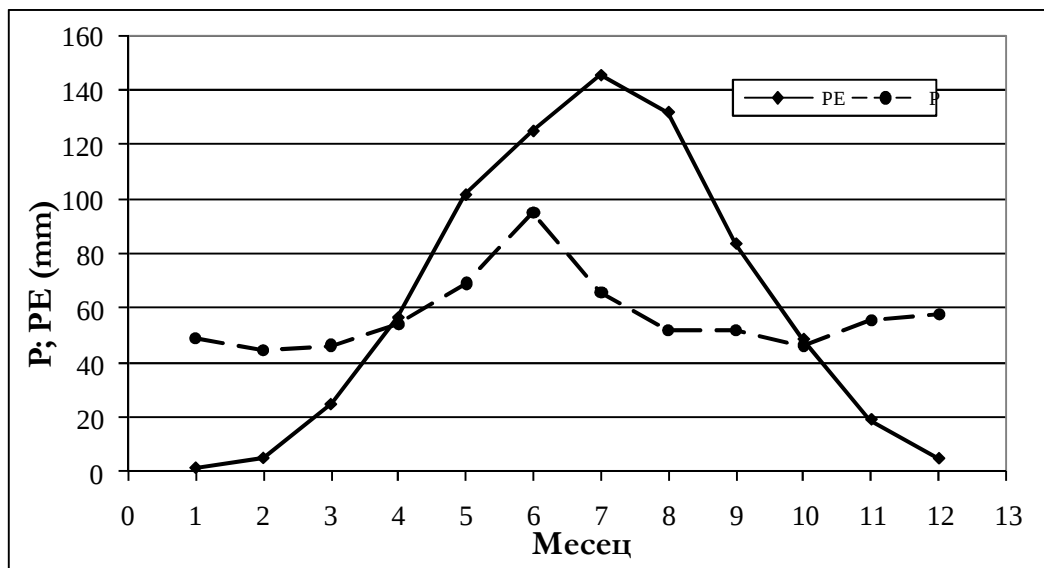
Индекс аридности = 21,4455

Климатски индекс = -0,0224

КЛИМА СУБХУМИДНА СУВЉА – (C1)

Некоригована потенцијална евапотранспирација (PE) представља количину воде која би испарила из земљишта у датим условима температуре, када оно постигне оптималну влажност, а то је 100 mm воде до дубине од 100 cm у току целе године, односно $100 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2}$. За истраживани локалитет у периоду 1946-2013. износи 631 mm. Како евапотранспирација зависи и од географске ширине датог подручја, а не само од енергетско-температурних карактеристика, врши се корекција некориговане потенцијалне евапотранспирације и добија други параметар, коригована потенцијална евапотранспирација (PE), која на подручју Београда износи 749 mm. Стварна евапотранспирација, (SE), је стварна количина воде која се ослобађа транспирацијом из биљке или испари из земљишта када оно постигне оптималну влажност. Осим од енергетско-температурних услова, зависи и од количине падавина, а њена вредност је 588 mm (табела 4).

Графикон 1. Климадијаграм по *Thorntwaite*-у за метеоролошку станицу Београд, у периоду 1946-2013. године



Вишак влаге јавља се почетком године, у јануару, фебруару и марту, укупно 96 mm (ван вегетационог периода, тако да за биљку има мањи значај). Мањак воде од 161 mm јавља се у јулу, августу, септембру и октобру, што се неповољно одражава на прираст биљака (графикон 1).

4.6.4. Климатски индекс по методу *Thorntwaite*-а

У табели 5 приказане су вредности индекса хумидности (I_h), индекса аридности (I_a) и климатског индекса (I_k) на подручју Београда, за период од 1946. до 2013. године, као и типови климе према класификацији *Thorntwaite*-а.

Табела 5. Индекси хумидности (Ih), индекси аридности (Ia), климатски индекси (Ik) и типови климе по *Thornthwaite*-у за метеоролошку станицу Београд, за период 1946-2013. године

Година	Ih	Ia	Ik	Тип климе
1946.	25,7659	4,90451	22,8232	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
1947.	10,7046	42,7134	-14,923	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1948.	6,4351	16,2391	-3,3083	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1949.	22,1099	15,276	12,9443	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1950.	5,80085	51,0549	-24,832	СЕМИАРИДНА - (D)
1951.	3,6586	15,2582	-5,4963	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1952.	20,1792	29,8676	2,25866	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1953.	0,5151	15,4095	-8,7306	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1954.	37,3849	10,0402	31,3608	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
1955.	27,3159	6,30275	23,5343	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
1956.	28,9604	28,8611	11,6437	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1957.	-28,268	18,916	-39,618	СЕМИАРИДНА - (D)
1958.	27,2332	47,6362	-1,3485	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1959.	5,83346	26,3715	-9,9894	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1960.	6,23478	29,2951	-11,342	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1961.	0,51778	46,3391	-27,286	СЕМИАРИДНА - (D)
1962.	32,51	53,9198	0,1581	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1963.	18,5326	50,3712	-11,69	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1964.	23,4509	25,2967	8,27294	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1965.	22,2975	30,7928	3,8218	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1966.	15,4147	26,7596	-0,6411	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1967.	17,0382	21,0779	4,39146	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1968.	14,1655	30,7856	-4,3059	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1969.	28,299	20,0024	16,2976	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1970.	26,0359	12,3777	18,6092	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1971.	5,69159	13,8741	-2,6329	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1972.	2,29198	11,2873	-4,4804	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1973.	4,24257	32,2242	-15,092	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1974.	32,0727	10,1278	25,9961	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
1975.	-19,796	0	-19,796	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1976.	11,8722	24,4985	-2,8269	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1977.	29,2434	23,0195	15,4318	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1978.	21,4757	12,765	13,8167	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1979.	14,438	21,332	1,63883	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)

Година	Ih	Ia	Ik	Тип климе
1980.	44,6923	13,4898	36,5984	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
1981.	33,3459	18,3431	22,3401	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
1982.	17,6447	24,5961	2,88704	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1983.	-13,452	32,4583	-32,927	СЕМИАРИДНА - (D)
1984.	11,3234	28,2122	-5,6039	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1985.	13,9538	20,305	1,77082	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1986.	10,7723	27,6714	-5,8305	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1987.	39,5195	29,006	22,1158	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
1988.	11,5495	43,4066	-14,495	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1989.	-10,035	15,999	-19,635	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1990.	-3,1916	39,272	-26,755	СЕМИАРИДНА - (D)
1991.	15,2917	14,6765	6,48582	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1992.	1,69499	31,2252	-17,04	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1993.	17,8861	51,3837	-12,944	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1994.	-6,1117	18,1368	-16,994	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1995.	19,1306	25,9874	3,53816	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1996.	29,1054	22,5503	15,5753	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1997.	20,2992	19,1768	8,79315	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
1998.	2,99849	36,1671	-18,702	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1999.	40,2989	4,10019	37,8388	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
2000.	-13,966	55,8082	-47,451	АРИДНА - (E)
2001.	31,92	15,602	22,5588	ХУМИДНА БЛАГА - (B1)
2002.	-4,4991	27,7708	-21,162	СЕМИАРИДНА - (D)
2003.	7,08164	44,9177	-19,869	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
2004.	22,1962	12,6173	14,6258	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
2005.	16,6556	10,1646	10,5569	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
2006.	19,9567	23,9458	5,58926	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
2007.	26,2883	31,9313	7,12947	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
2008.	7,4823	38,2958	-15,495	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
2009.	26,3405	35,3633	5,12256	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
2010.	26,5201	17,9847	15,7293	СУБХУМИДНА ВЛАЖНИЈА - (C2)
2011.	-3,0954	42,6419	-28,681	СЕМИАРИДНА - (D)
2012.	7,99175	48,5382	-21,131	СЕМИАРИДНА - (D)
2013.	7,11108	38,7869	-16,161	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)
1946-2013.	12,8449	21,4455	-0,0224	СУБХУМИДНА СУВЉА - (C1)

Просечна вредност општег климатског индекса на подручју Београда за период 1946-2013. године износи -0,0224, клима је субхумидна сувља (C1).

Просечна годишња вредност овог индекса креће се од -47,451 (2000. године) до 37,8388 (1999. године), тј. клима варира од аридне (E) до хумидне благе (B1).

5. ЦИЉЕВИ И ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације имала су за циљ:

- процену бројности, стања и степена угрожености црне тополе на подручју Великог ратног острва;
- процену варијабилности на нивоу тест стабала, репрезентата популације, применом морфолошких и молекуларних маркера;
- дефинисање адекватних мера *in situ* и *ex situ* конзервације у циљу дугорочног очувања еколошке адаптивности и еволутивног потенцијала;
- повећање бројности црне тополе на подручју Великог ратног острва.

На основу предмета и научних циљева пошло се од следећих хипотеза:

- утврђивањем бројности, стања и степена угрожености црне тополе, на подручју Великог ратног острва, створиће се добра полазна основа за дефинисање стратегије конзервације и усмереног коришћења расположивог генофонда;
- популација црне тополе на овом подручју поседује задовољавајући степен генетичке варијабилности што ће бити процењено на нивоу тест стабала, применом морфолошких и молекуларних маркера;
- дефинисањем адекватних мера *in situ* и *ex situ* конзервације створиће се услови за очување расположивог генофонда и његово адекватно коришћење;
- издвајањем *in situ* конзервационих станишта и идентификацијом потенцијалних површина за природно обнављање допринеће се дугорочном очувању еколошке адаптивности и еволутивног потенцијала црне тополе на подручју Великог ратног острва;
- оснивањем клонског архива у расаднику, као вида *ex situ* конзервације, створиће се основа за очување дела генофонда и контролисану производњу квалификованог репродуктивног материјала;

- оснивањем клонског теста у расаднику, као вида *ex situ* конзервације, створиће се основа за процену генетског потенцијала селекционисаних материнских стабала у циљу њиховог даљег коришћења;
- оснивањем банке гена на подручју Великог ратног острва, као вида *ex situ* конзервације, створиће се основа за очување дела генофонда, процену производног и адаптивног потенцијала различитих клонова и повећање површине под црном тополом на подручју Великог ратног острва;
- спроведене активности допринеће очувању сложеносистема плавних шума на подручју Великог ратног острва.

6. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Активности у циљу конзервације и усмереног коришћења генофонда црне тополе на подручју Великог ратног острва обухватиле су теренски и лабораторијски део истраживања, која су спроведена у периоду 2011-2015. године.

Теренска истраживања спроведена су на подручју Великог ратног острва и у расаднику Мишљеновац у шумском газдинству „Северни Кучај“, Кучево. Лабораторијска истраживања обављена су на Шумарском факултету Универзитета у Београду и у Шумарском генетичком институту у Хамбургу (*The Johann Heinrich von Thünen Institute-Institute of Forest Genetics, Grosshansdorf, Hamburg*).

Истраживања на терену су обухватила:

- одређивање координата појединачних стабала црне тополе;
- снимање спољашње границе распрострањења групе стабала црне тополе;
- мерење основних таксационих показатеља (висина и пречника) за појединачна стабла и за стабла представнике групе;
- процену квалитета, степена угрожености и могућности природног обнављања црне тополе;
- селекцију тест стабала;
- одређивање старости тест стабала;

- узимање узорака листова са тест стабала за процену варијабилности на нивоу морфолошких маркера;
- узимање узорака листова са тест стабала за процену варијабилности на нивоу молекуларних маркера;
- формирање клонског архива у расаднику Мишљеновац;
- оснивање клонског теста потомства у расаднику Мишљеновац;
- анализу пријема резница и преживљавања једногодишњих садница у тесту потомства у расаднику Мишљеновац;
- оснивање пољске банке гена на подручју Великог ратног острва;
- анализу пријема једногодишњих садница након њихове пресадње и преживљавања двогодишњих садница у пољској банци гена основаној на Великом ратном острву.

Истраживања у лабораторији су обухватила:

- анализу морфолошких карактеристика листова тест стабала;
- анализу генетичке варијабилности тест стабала применом молекуларних маркера;
- анализу морфолошких карактеристика једногодишњих садница у тесту потомства у расаднику Мишљеновац;
- анализу морфолошких карактеристика двогодишњих садница у пољској банци гена основаној на Великом ратном острву.

6.1. Процена стања црне тополе на подручју Великог ратног острва

6.1.1. Картирање локалитета на којима се јавља црна топола

У циљу стварања реалних претпоставки за заштиту и усмерено коришћење црне тополе на подручју Великог ратног острва обављено је евидентирање, снимање и картирање локалитета на којима се јављају најбоља стабла и очуване састојине аутохтоне црне тополе (слика 3).



Слика 3. Евидентирање и снимање стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

Рекогносцирањем терена евидентирана су појединачна стабла, као и групе стабала црне тополе, при чему се водило рачуна да морфолошке карактеристике евидентираних стабала одговарају опису назначеном у смерницама EUFORGEN-a (Vanden Broeck, 2003), како би се изузели култивисани хибриди.

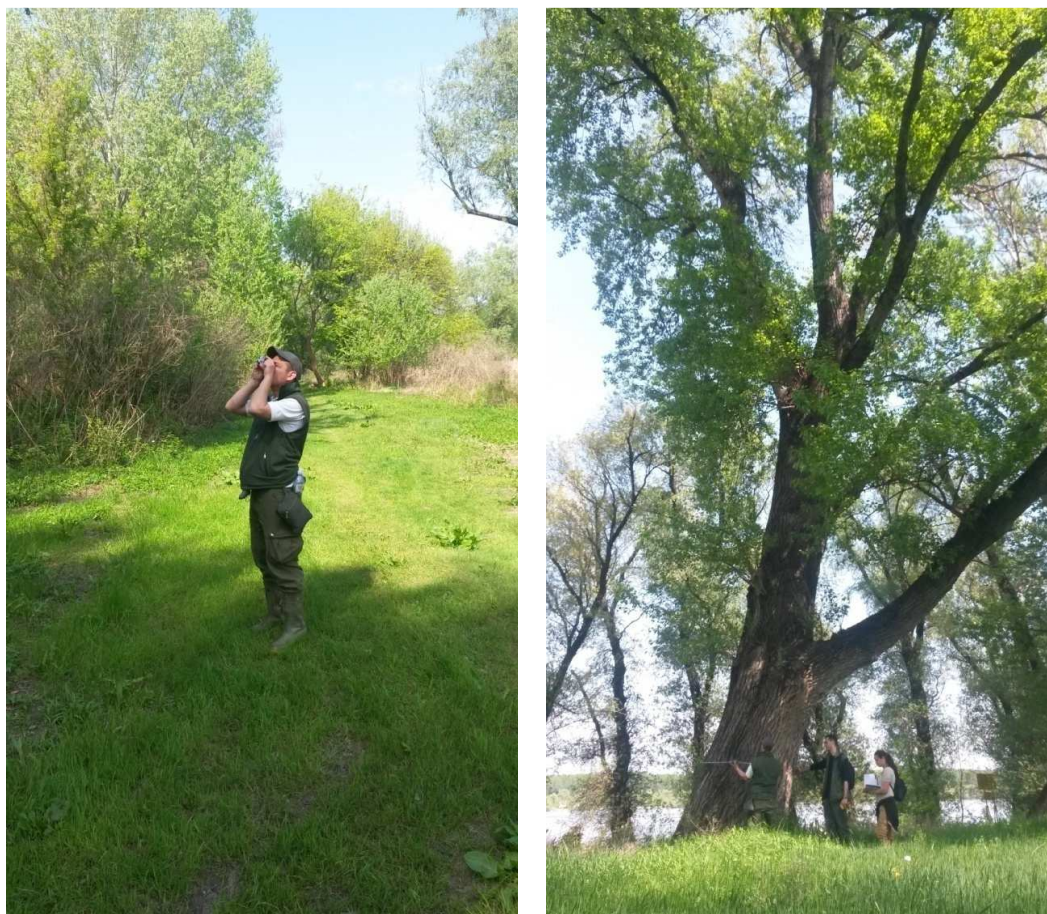
Појединачна стабла су обележена редним бројем, док су групе стабала обележене хоризонталном линијом у пределу прсне висине на граничним стаблима. Тачна позиција појединачних стабала, као и границе распрострањења за групе стабала снимљене су помоћу GPS пријемника *Trimble® Juno SB*.

Појединачним стаблима снимљене су координате у Гаус-Кригеровом координатном систему (географска ширина и дужина), док је групама стабала снимљена спољашња граница распрострањења. У оквиру групе стабала, одабран је одређен број стабала, која представљају групу.

Снимљени подаци су конвертовани у *shape* формат применом програма *TerraSync*. *Shape* фајлови снимљених података су пребачени са GPS уређаја на рачунар за даљу обраду, коришћењем програма *Microsoft Mobile Device Center*. Након тога, у програму *ArcMap* вршено је преклапање са аерофото снимком у растер формату и на тај начин је добијена слика позиције сваког стабла на терену и границе распрострањења групе стабала. Излазни документ приказан је у *JPG* формату.

6.1.2. Одређивање основних таксационих показатеља

Мерење основних таксационих показатеља (пречника и висина) извршено је у фази снимања координата, на појединачним стаблима и стаблима представницима групе (слика 4).

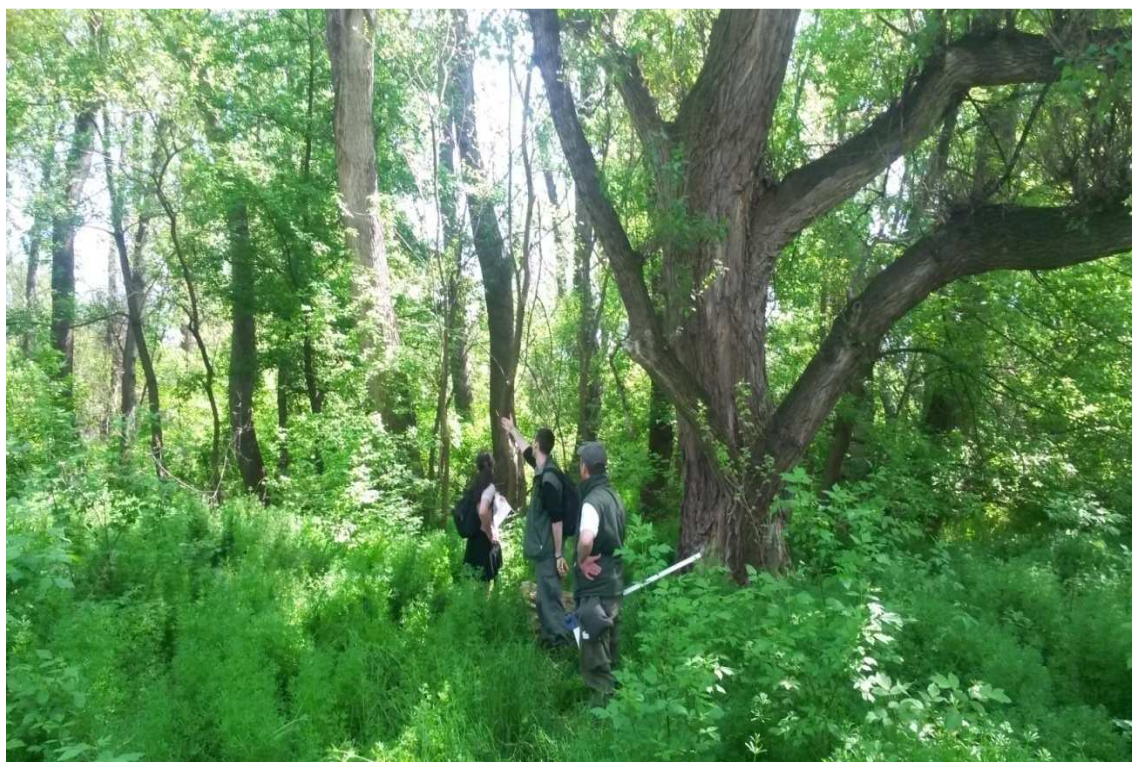


Слика 4. Мерење висина и пречника стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

Прсни пречник је мерен помоћу пречнице, на висини 1,30 m изнад земље, као просек два унакрсна мерења, док је висина мерена помоћу електронског висиномера *Vertex IV*.

6.1.3. Процена квалитета стабала, степена угрожености и могућности природног обнављања

Истовремено са евидентирањем, снимањем и мерењем стабала на терену обављена је процена квалитета, степена угрожености и могућности природног обнављања црне тополе на подручју Великог ратног острва (слика 5), у складу са критеријумима дефинисаних од стране Banković and Medarević (2009) и Krstića (2006), модификованих за потребе овог истраживања.



Слика 5. Процена квалитета стабала, степена угрожености и могућности природног обнављања црне тополе на подручју Великог ратног острва

На основу фенотипских карактеристика извршена је процена квалитета појединачних стабала и стабала репрезентата групе, према следећим

критеријумима: правост дебла, рашљавост, механичка оштећења, чистоћа дебла од грана, здравствено стање дебла, дужина крошње и развијеност крошње (табела 6).

За процену степена угрожености од конкурентске вегетације коришћени су критеријуми: заступљеност жбуња и закоровљеност, док је могућност природног обнављања процењена на основу бројности и квалитета подмладка (табела 7).

Процена степена угрожености и могућности природног обнављања извршена је на површинама које захватају пројекције крошњи појединачних стабала односно унутар површина које захватају групе стабала.

Наведени критеријуми су оцењивани како би се извршила процена стања популације црне тополе на подручју Великог ратног острва. Оцењивање је обављено слободном проценом (нпр. правост дебла, механичка оштећења, чистоћа дебла од грана, здравствено стање, развијеност крошње) или релативном мером (нпр. рашљавост, дужина крошње). Обрада података добијених оцењивањем обављена је коришћењем статистичког програма *IBM SPSS Statistics Version 20*.

Табела 6. Преглед критеријума за процену квалитета стабала

Критеријуми за процену квалитета стабла							
Правост		Рашљавост		Механичка оштећења		Чистоћа дебла од грана	
Право дебло	оса дебла, посматрана из два унакрсна правца равна	Не постоји	не постоји	Без оштећења	здро, тј. добро дебло	Дебло чисто од грана	живића нема или су појединачни
Умерено закривљено дебло	оса дебла закривљена у једној равни	Висока	јавља се на висини изнад 2/3 висине стабла	Умерено оштећење	оштећење дужине до 0,5 m и ширине до 1/10 пречника дебла на месту оштећења	Умерена чистоћа дебла	на деблу појединачне суве гране или живићи у мањим групама, на дужини дебла до 3 m
Криво дебло	оса дебла закривљена у две равни	Средње висока	јавља се од 1/3 до 2/3 висине стабла	Велико оштећење	оштећење дуже од 1 m или шире од 1/10 пречника дебла на месту оштећења	Мала чистоћа дебла	на већем делу дебла налазе се суве гране или делови грана
		Ниска	јавља се испод 1/3 висине стабла				
Здравствено стање дебла		Дужина крошње		Развијеност крошње			
Здро (добро здравствено стање)	без видљивих обољења	Веома добра крошња	дужина крошње између 1/4 - 1/3 висине стабла	Нормална	крошња правилна и лепо развијена		
Умерено добро здравствено стање	локална појава трулежи, оштећења од инсеката, рак ране	Добра крошња	дужина крошње између 1/3 - 2/3 висине стабла	Преширока	крошња преширока		
Лоше здравствено стање	процес трулежи интезиван на деблу, интезиван процес сушења дебла	Лоша крошња	дужина крошње већа од 2/3 или мања од 1/5 висине стабла	Уска	крошња уска		
		Стабла без крошње	кресаници, преломи	Ексцентрична	крошња ексцентрична		

Табела 7. Преглед критеријума за процену степена угрожености и могућности природног обнављања

Критеријуми за процену степена угрожености			
Заступљеност жбуња		Закоровљеност	
Нема	када жбуња нема уопште или се јавља појединачно на највише 5% од укупне површине	Нема	када присутност корова ничим не угрожава обнављање састојине
Ретко	када се жбуње јавља појединачно или у мањим групама, не представља сметњу природном обнављању	Слаба	када присутност корова делимично угрожава процес обнављања, али се не уклања са површине
Средње густо	када се жбуње јавља на претежном делу површине, не отежава природно обнављање	Средња	када присутност корова угрожава процес обнављања, па се мора делимично уклонити са површине
Густо	када се жбуње јавља на целој површини, онемогућава успешно природно обнављање без претходно његовог делимичног уклањања	Јака	када присутност корова онемогућује процес природног обнављања без његовог претходног потпуног уклањања са површине
Врло густо	када се жбуње јавља на читавој површини и без његовог потпуног претходног уклањања није могуће извршити успешно природно обнављање		
Критеријуми за процену могућности природног обнављања			
Бројност подмладка		Квалитет подмладка	
Густ	подмладка има довољно на целој површини	Веома добар	када је подмладак врло квалитетан и доброг здравственог стања без уочљивих недостатака
Задовољава	подмладак се јавља на 70 до 90% укупне површине	Добар	када је подмладак у целини посматрано доброг квалитета и здравственог стања, али се на једном делу површине (до 20%) јављају оштећења или успорен развој
Не задовољава	подмладак се јавља на 30 – 60% површине	Осредњи	квалитет подмладка не задовољава на око 35% површине где је оштећен, успореног раста и оболео
Местимичан	подмладак се јавља појединачно или у крпама на местима где је прекинут или разређен склоп и то на више од 5% површине	Слаб	када квалитет подмладка не задовољава на преко 50% површине
Не јавља се	подмладка уопште нема на читавој површини	Застарчен	

6.2. Селекција тест стабала

Рекогносцирањем терена на подручју Великог ратног острва извршена је селекција тест стабала репрезентата популације црне тополе у циљу процене генетичке варијабилности (слика 6).

Избор тест стабала извршен је према конзервационим принципима, при чему су одабрана физички зрела стабла, тако да равномерно буде обухваћен цео простор на коме је заступљена популација црне тополе. Приликом селекције тест стабала примењена су упутства која су дата од стране EUFORGEN – а (Vanden Broeck, 2003). Одабрана су адултна стабла, чија је старост углавном преко 60 година, да би се избегла генетичка контаминација алохтоним генофондом односно интрогресија нежељених гена.

Свако тест стабло за морфолошку анализу листова је геореференцирано у Гаус-Кригеровој пројекцији помоћу GPS уређаја *Trimble® GeoExplorer® series*, који је био у вези са ласерским висиномером *TruPulse 360 B* којим су мерене висине стабала. Прикупљени подаци су обрађени у програму *GPS Pathfinder® Office ver. 4.20*.



Слика 6. Тест стабла црне тополе на подручју Великог ратног острва

Прсни пречник сваког стабла мерен је помоћу пречнице, као просек два унакрсна мерења. На истој висини помоћу Преслеровог сврдла узети су извртци у правцу анатомског центра стабла у циљу процене старости тест стабала.

6.3. Процена варијабилности црне тополе на нивоу тест стабала

6.3.1. Анализа морфолошких карактеристика листова

У циљу процене варијабилности морфолошких карактеристика листова одабрано је 15 тест стабала репрезентативних фенотипских карактеристика за посматрану популацију. Распоред тест стабала приказан је на слици 7, а координате и њихови пречници и висине у табели 8.



Слика 7. Просторни распоред тест стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

Табела 8. Координате и морфолошке карактеристике тест стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

Стабло	Координата Easting	Координата Northing	Висина (m)	Пречник 1 (cm)	Пречник 2 (cm)	Просек (cm)	Старост (год)
1	7455103,43	4965435,50	27,5	77	81	79	62
2	7455120,74	4965430,70	28,2	102	98	100	87
3	7455160,77	4965343,99	30,8	66	66	66	53
4	7455192,46	4965306,70	31,9	74	82	78	59
5	7455415,09	4965075,54	35,1	125	109	117	91
6	7455419,92	4965067,21	32,1	99	95	97	82
7	7455487,03	4964891,56	28,2	69	74	71	63
8	7455580,67	4964868,15	29,4	75	70	72	63
9	7456349,58	4965083,22	35,3	83	85	84	69
10	7456170,82	4965122,14	31,5	77	73	75	61
11	7456178,26	4965150,29	35,3	82	79	80	66
12	7456139,86	4965181,60	33,2	72	77	74	60
13	7456138,29	4965180,13	33,5	76	83	79	64
14	7456036,24	4965254,49	25,5	65	70	67	59
15	7455950,11	4965338,92	25,5	51	51	51	44

Просечна висина тест стабала црне тополе износи 30 m, док је средња вредност прсног пречника скоро 80 cm. Просечна старост посматраних стабала на прсној висини износи око 65 година, што указује да су стабла у пуној зрелости, али су још увек витална.

Са 14 тест стабала сакупљено је по 100 листова (листови нису сакупљени са стабла 3). Сакупљање листова на терену обављено је методом случајног узорка у току вегетационог периода (август, 2011. године), када су листови били потпуно развијени.

Материјал за морфолошку анализу обухватио је листове дуж грана дугораста, јер се по облику и величини разликују од листова дуж грана краткораста. Да би се обезбедио еквивалентан материјал за потребна поређења узимани су средњи листови дуж грана дугораста, због мање израженог полиморфизма у односу на базалне и вршне листове (Tisović, 1965). Ради уједначености сакупљеног материјала за упоредну морфолошку анализу сакупљен је материјал са истог дела крошње (спољњег, листови светлости, јужна страна) и са приближно исте висине. Након сакупљања листова извршена је њихова примарна селекција на нивоу сваког тест стабла како би узорак за морфолошку

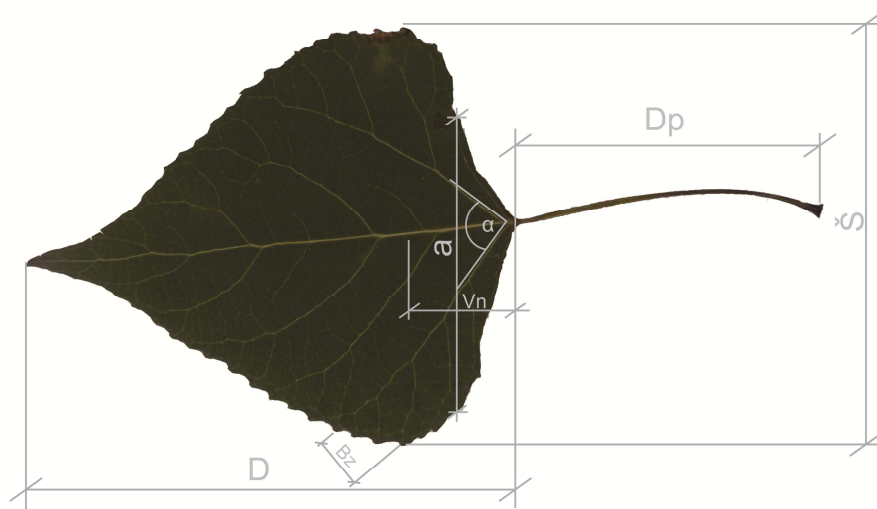
анализу био што хомогенији (по 50 листова од сваког тест стабла). Листови су хербаризовани и на тако хербаризованом материјалу обављена су мерења, са тачношћу до 1 mm.

Анализом су обухваћени следећи параметри (слика 8):

- D – дужина листа (mm);
- Š – ширина листа (mm);
- Vn – висина најширег дела листа, мерена од основе листа (mm);
- a – величина мерена на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа (mm);
- Vz – број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа (n);
- α – величина угла који залапа први пар нерава ($^{\circ}$) и
- Dp – дужина петељке (mm).

Анализа морфолошких карактеристика листова обављена је у лабораторији Катедре за семенарство, расадничарство и пошумљавање Шумарског факултета Универзитета у Београду.

Измерене морфолошке карактеристике листова, 14 тест стабала, су обрађене у статистичком програмском пакету *Statistica 7.0*. Урађена је дескриптивна статистика (средња вредност и варијациона ширина). Значајност разлика између средњих вредности анализираних параметара проверена је једнофакторијалном анализом варијансе (*One-Way ANOVA*). Статистичка значајност између група, као и хомогеност група, испитане су *post hoc* тестом најмање значајних разлика (Tukey HSD тестом за $p < 0,05$). У циљу груписања тест стабала на основу анализираних морфолошких карактеристика листова примењена је кластер анализа у којој је одабран метод простог повезивања (*Single Linkage Euclidean distance*).



Слика 8. Анализирана морфолошка својства листова тест стабала црне тополе

6.3.2. Генетичка карактеризација применом SSR маркера

Биљни материјал (листови) за процену варијабилности на нивоу молекуларних маркера сакупљен је са 30 тест стабала на нивоу популације. Узорци листова су сакупљани у октобру 2013. године, по сушењу су упаковани у пластичне зип кесице са силика гелом (слика 9), и на тај начин транспортовани у лабораторију, а потом чувани на -22°C до процеса екстракције DNK.



Слика 9. Паковање узорака листова за молекуларне анализе у пластичне зип кесице са силика гелом

Приликом утврђивања неутралне варијабилности примењен је метод анализе микросателитских генетичких маркера – SSRs (*simple sequence repeats*), при чему је анализиран:

- просечан број алела по локусу;
- Hardy-Weinbergova равнотежа;
- коефицијент инбридинга F_{is} ;
- ниво генетичке дистанце између тест стабала.

Генетска структура популације црне тополе на подручју Великог ратног острва проучена је на нивоу 30 генотипова (тест стабала) применом микросателитских молекуларних маркера (SSRs - *Single Sequence Repeats*). Генотипови су анализирани помоћу 11 парова прајмера, чији је детаљан опис дат у табели 9.

Информације о коришћеним SSR маркерима, њиховим секвенцама и амплификацији су доступне у оквиру интернет базе, са префиксом PMGC могу да

се нађу у оквиру SSR базе International Populus Genome Consortium IPGR (http://www.ornl.gov/sci/ipgc/ssr_resource.htm), док су прајмери са префиксом WPMS у *Center for Plant Breeding and Reproduction Research* (van der Schoot *et al.*, 2000; Smulders *et al.*, 2001).

Табела 9. Коришћени микросателитски маркери и њихове карактеристике

Р.б.	Назив прајмера	Forward/Reverse прајмер (5'→3')	Темп. везивања	Просечна дужина Вр	Мотив
1.	PMGC_14	F: TTCAGAATGTGCATGATGG R: GTGATGATCTCACCGTTTG	50°C	210	СТТ
2.	PMGC_2020	F: TAAGGCTCTGTTTGTAGTCAG R: GAGATCTAATAAAGAAGGTCTTC	55°C	150	GA
3.	PMGC_2163	F: CAATCGAAGGTAAGGTTAGTG R: CGTTGGACATAGATCACACG	55°C	220	GA
4.	PMGC_2550	F: AGGTTACAACTTTGTTGTAGC R: GAACAAACTCTCACTGTGGTC	56°C	118	GA
5.	PMGC_2607	F: TTAAGGGTGGTCTGCAAGC R: CTTCTTGCACCTCGTTTTGAG	55°C	177	GA
6.	WPMS_09	F: CTGCTTGCTACCGTGGAACA R: AAGCAATTTGGGTCTGAGTATCTG	60°C	275	GT
7.	WPMS_14	F: CAGCCGCAGCCACTGAGAAATC R: GCCTGCTGAGAAGACTGCCTTGAC	50°C	245	CGT
8.	WPMS_16	F: CTCGTAATTTCCGATGATGACC R: AGATTATTAGGTGGGCCAAGGACT	65°C	145	GTC
9.	WPMS_17	F: ACATCCGCCAATGCTTCGGTGTTC R: GTGACGGTGGTGGCGGATTTCTT	55°C	140	CAC
10.	WPMS_18	F: CTTACATAGGACATAGCAGCATC R: CACCAGAGTCATCACCAGTTATTG	55°C	245	GTG
11.	WPMS_20	F: GTGCGCACATCTATGACTATCG R: ATCTTGTAATTCTCCGGGCATCT	60°C	252	TTCTGG

Екстракција ДНК

Изолација геномске ДНК из листова црне тополе извршена је према модификованом протоколу Dumolin *et al.* (1995), на следећи начин:

- 100 mg или око 2 cm² листа ставити у епендорф тубе од 2 ml, у сваку тубу ставе се по две куглице и потом се биљни материјал самелје на Retsch-Mill;

- 1 ml загрејаног екстракционог пуфера (55°) додати у тубу и вортексовати док се не добије хомогена смеша;
- дода се 50 µl 1 M DTT обавезно испод дигестора;
- кратко промешати (покретима горе/доле);
- инкубирати 1h на 55°C, повремено их протрести руком;
- пустити узорке да се охладе на собној температуре 10-ак минута;
- потом додати 400 µl дихлорометана и нежно промешати (покретима горе/доле) 30-ак секунди док се не добије емулзија;
- центрифугирати 10 минута, 13000 rpm, 4°C;
- пажљиво издвојити горњу фазу (око 800 µl) у нове тубе од 1,5 ml;
- додати 400 µl хладног изопропанола, промешати (покретима горе/доле) док се DNA не издвоји као талог;
- центрифугирати 10 минута, 13000 rpm, 4°C;
- пажљиво истрести садржај како би талог DNK остао у туби, оставити тубе отворене око 5 минута да се осуше;
- додати 1 ml 70% етанола како би се талог испрао;
- центрифугирати 10 минута, 13000 rpm, 4°C;
- пажљиво истрести садржај како би талог DNK остао у туби, тубе са отвореним поклопцима ставити да се суше на 37°C у термо блоку;
- додати 50 µl (уколико је већи талог додати 100 µl) 1xTE+RNAs како би се сјединио са талогом;
- узорке инкубирати на 4°C преко ноћи, како би се талог потпуно суспендовао;
- следећег дана инкубирати 30 мин на 37°C (RNase-digestion);
- концентрацију DNK изолата измерити на спектрофотометру (NanoDrop 1000 spectrometer (PEQLAB Biotechnologie GmbH, Erlangen, Germany)).

Добијене су концентрације у распону од 518,82 – 2130,01 ng/µl. Након одређивања концентрација следило је изједначавање концентрација свих изолованих раствора DNK на 100 ng/µl и тако су сачувани на -22 °C до коришћења.



Слика 10. а – Биљни материјал спреман за изолацију; б - Изолован раствор DNK

PCR протокол

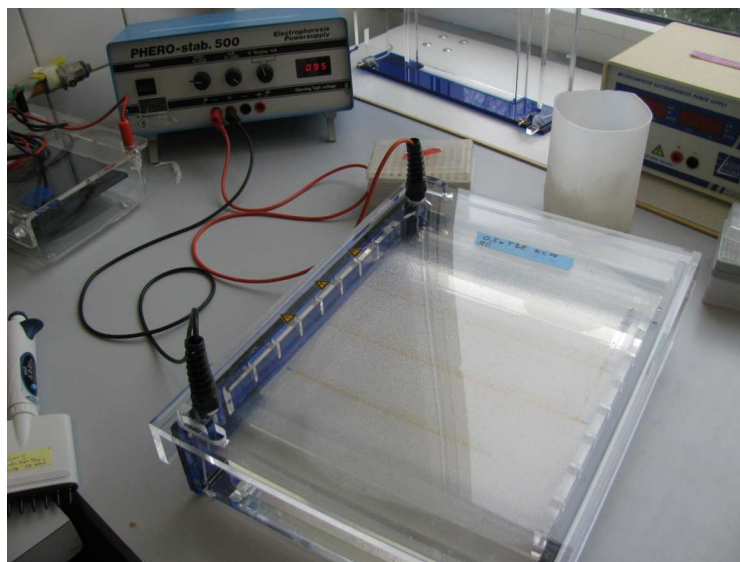
PCR амплификација је изведена према протоколу Pakull *et al.* (2009) у тоталном волумену од 25 μl , са 80 ng геномске DNK. Реакциона смеша се састојала од:

- 0,8 μl геномске DNA;
- 1,0 μl прајмер Forward и Reverse (5 μM);
- 2,5 μl 10 x PCR пуфера;
- 1,5 μl MgCl_2 (25mM);
- 2,0 μl Cy5 dNTPmix;
- 0,5 μl DMSO (диметил сулфоксид);
- 0,2 μl Taq полимеразе (DCSPol, DNA Cloning Service, Hamburg, Germany);
- 16,3 μl H_2O .



Слика 11. Припремање узорака за PCR амплификацију

PCR амплификација је рађена на TGradient cycler (Biometra, Göttingen, Germany) према следећем програму: 4 минута иницијалне денатурације на 94°C, 35 циклуса денатурације на 94 °C у трајању 30 секунди, везивање прајмера на 50-70 °C у трајању од 45 секунди, елонгација на 72 °C 1 минута, финална елонгација од 10 минута на температури од 72 °C.



Слика 12. Проверавање успеха амплификације фрагмената

Успех амплификације фрагмената проверен је на 1% (w/v) агарозном гелу (Fladung *et al.*, 1997) при чему је визуелизован помоћу Roty-Safe Gelstain (Carl Roth, Karlsruhe, Germany).

Утврђивање дужине фрагмената

Амплификовани продукти су потом припремљени за анализу на аутоматском секвенатору ALFexpress II (GE Healthcare) који ласерски читава дужину фрагмената. Узорци су припремљени према Pakull *et al.* (2009) на следећи начин:

- 7 µl PCR амплификованог продукта;
- 3 µl pink loading buffer;
- 2 µl 1× TE;
- 1 µl унутрашњег стандарда познате величине – коришћена су 2 стандарда један мањи и један већи од предвиђене дужине фрагмената.

Овако припремљени узорци су непосредно пре електрофорезе денатурисани на 92°C 3 минута, потом охлађени на леду пре апликације у бунариће полиакриламидног гела. Електрофореза је рађена на 6% полиакриламид гелу у 0,5xTBE пуферу при температуре од 55°C и волтажи од 1,500 V, у временском периоду од 105-180 минута у зависности од дужине фрагмената и стандарда. Дужине фрагмената праћене су помоћу референтне DNK скале од по 50 bp, у распону од 100 до 550 bp. Унутрашњи и спољашњи стандарди се састоје од специфичних фрагмената амплификованих из бактеријског вектора (PGREEN).

6% полиакриламид гел направљен је по следећој процедури:

- 14,7 g UREA;
- 5,25 ml Acrylamid 40% (Carl Roth, Karlsruhe, Germany);
- 14,875 ml H₂O;
- 3,6 ml 10xTBE пуфера;
- 17,5µl TEMED (тетраметил етилендиамин);
- 175 µl APS (амонијум персулфат).

Анализе добијених података урађене су на специјализованом софтверу Fragment Analyser software (version 1.03.01, GE Healthcare).



Слика 13. Аутоматски секвенатор ALFexpress II (GE Healthcare) за ласерско читавање фрагмента DNK. Thünen Институт за шумарску генетику, Grosshansdorf, Germany

Молекуларна анализа обављена је у лабораторији Thünen Института за шумарску генетику, Grosshansdorf, Germany.

Обрада добијених података обављена је коришћењем статистичког програма *GenAlEx* version 6.501 (Paekall and Smouse, 2005). За сваки микросателитски локус утврђен је број различитих алела (N_a), број ефективних алела (N_e), запажена (H_o) и очекивана (H_e) хетерозиготност, као и коефицијент инбридинга (F_{is}). Исти програм је коришћен и за израчунавање фреквенције (учесталости) алела, тестирање сигнификантности одступања од Hardy-Weinbergove равнотеже (HWE) по сваком локусу појединачно и утврђивање генетичке дистанце између тест стабала унутар популације.

6.4. Дефинисање стратегије конзервације и усмереног коришћења генофонда црне тополе на подручју Великог ратног острва

На основу спроведених истраживања која су обухватила:

- процену бројности, стања и степена угрожености популације црне тополе

на подручју Великог ратног острва и

- процену варијабилности на нивоу тест стабала, репрезентата популације, применом морфолошких и молекуларних маркера

приступило се дефинисању стратегије конзервације и усмереног коришћења расположивог генофонда на подручју Великог ратног острва.

Стратегијом су прописане адекватне мере *in situ* и *ex situ* конзервације које су усаглашене са *Посебном основом газдовања шумама за газдинску јединицу „Велико ратно острво“ (2008-2017)* и постојећим мерама заштите овог подручја.

6.4.1. Оснивање клонског архива у расаднику

У фебруару 2012. године, са селекционисаних материнских стабала из природне популације сакупљени су прошлогодишњи избојци са приближно исте висине и истог дела крошње (спољњег). Биљни материјал је сакупљен са 9 материнских стабала, који су равномерно распоређени у популацији. Релативно мали број материнских стабала за оснивање клонског архива условљен је великом старошћу стабала, недоступношћу њихове крошње и густо обраслим тереном који онемогућава увођење платформи које би олакшале приступ крошњи.

Одабрана материнска стабла послужиле су као ортете од којих је добијено 9 клонова који представљају скуп асексуално насталих јединки (рамета) који су међусобно генетички идентичне и идентичне су са материнским стаблом (ортетом) од кога су настале.

Од сакупљеног материјала израђене су резнице просечне дужине 20 cm, које су одложене у трап, како би се очувала њихова виталност до почетка кретања вегетације.

Оснивање клонског архива у расаднику Мишљеновац почетком априла 2012. године извршено је пикирањем резница у претходно припремљено земљиште (слика 14), непосредно пре кретања вегетације. Резнице су пикиране у редове са размаком између биљака у редовима 20 cm и размаком између редова од 1 – 1,2 m, да би се међупростор могао механички обрадити.



Слика 14. Оснивање клонског архива у расаднику Мишљеновац ЈП „Србијашуме“

6.4.2. Оснивање клонског теста потомства у расаднику

Клонски тест потомства основан је у марту 2014. године, у расаднику Мишљеновац у непосредној близини основаног клонског архива. Резнице за оснивање теста потомства добијене су сасецањем надземног дела садница (чеповањем садница) из клонског архива, на 1 до 2 cm изнад површине земље, (слика 15). Приликом израде резница одбачени су тањи вршни и задебљали доњи делови саднице који не задовољавају критеријуме за израду резница (слика 16).



Слика 15. Сасецање надземног дела саднице у клонском архиву



Слика 16. Израда резница од чепованих садница

У тесту потомства основаном од 9 различитих клонова извршена је процена генетског потенцијала тест стабала (слика 17). На нивоу клонова анализирани су:

- пријем резница и преживљавање једногодишњих садница;
- висина садница на крају првог вегетационог периода у cm;
- пречник садница на крају првог вегетационог периода у mm.



Слика 17. Мерење висина и пречника садница у тесту потомства

6.4.2.1. Процена пријема резница

У мају 2014. године утврђен је проценат пријема резница у тесту потомства у расаднику Мишљеновац. Бројањем резница које су ожиљене извршено је у време интензивне вегетације када се са лакоћом могло утврдити која резница се примила, а која није. Из односа броја резница које су се примиле и укупног броја

пикираних резница израчунат је проценат пријема резница на нивоу различитих клонова.

6.4.2.2. Процена преживљавања једногодишњих садница

На крају првог вегетационог периода у септембру 2014. године утврђен је проценат преживљавања једногодишњих садница. Из односа броја преживелих садница и укупног броја пикираних резница израчунат је проценат преживљавања једногодишњих садница на нивоу различитих клонова.

6.4.2.3. Анализа морфолошких карактеристика једногодишњих садница

На крају првог вегетационог периода у октобру 2014. године извршена је анализа морфолошких карактеристика једногодишњих садница у клонском тесту потомства. Узорак је чинило 50 садница по клону одабраних методом случајног узорка. На садницама је извршено мерење пречника у кореновом врату (mm) и висина надземног дела (cm). Пречник у кореновом врату (mm) је мерен помоћу електронског нонијуса са тачношћу од 0,01 mm, док је висина мерена помоћу телескопске летве са тачношћу од 1 cm. За измерене и изведене карактеристике садница израчунати су стандардни статистички параметри, анализа варијансе, Tukey HSD тест и урађена је кластер анализа за утврђивање генетичке блискости односно удаљености између тест стабала. У циљу утврђивања постојања повезаности између измерених и изведених параметара урађена је регресиона и корелациона анализа.

6.4.3. Оснивање пољске банке гена на подручју Великог ратног острва

У новембру 2014. године саднице из клонског теста потомства пресађене су на Велико ратно острво, где је основана пољска банка гена од 9 различитих

клонова црне тополе. Непосредно пре садње једногодишњих садница извршена је припрема терена за садњу и то машинско тарупирање и бушење рупа (слика 18).



Слика 18. Припрема терена за садњу на Великом ратном острву

У пољску банку гена укупно је посађено 802 једногодишње саднице, у размаку 3 x 3 m. Садња свих 9 клонова обављена је у два блока са 25 понављања (слика 19), при чему је сваки клон у пољској банци гена заступљен са минимално 50 садница. Саднице у блоковима су измешане по тачно утврђеном редоследу како би се обезбедила генетичка разноврсност, већа стабилност, боља адаптивност и смањено могуће утицај неједначених станишних услова. Саднице које нису обухваћене блоковима посађене су у преостале редове.



Слика 19. Садња у пољској банци гена на Великом ратном острву

Ген-еколошки потенцијал уграђених клонова тестиран је кроз анализу:

- пријема једногодишњих садница након њихове пресадње и преживљавања двогодишњих садница;
- висине садница на крају другог вегетационог периода у см;
- пречника садница на крају другог вегетационог периода у mm.

6.4.3.1. Процена пријема садница

Почетком маја 2015. године утврђен је проценат пријема једногодишњих садница у пољској банци гена основаној на Великом ратном острву (слика 20). Бројање садница је извршено у време интензивне вегетације када се са лакоћом могло утврдити која садница се примила, а која није. Из однос броја садница које су се примиле и укупног броја посађених садница у блоковима израчунат је проценат пријема једногодишњих садница на нивоу различитих клонова.



Слика 20. Утврђивање пријема садница у пољској банци гена на Великом ратном острву у пролеће 2015. године

6.4.3.2. Процена преживљавања двогодишњих садница

У септембру 2015. године утврђен је проценат преживљавања двогодишњих садница у пољској банци гена. Непосредно пред одбацивања листова евидентиране су све саднице. У овом периоду је било могуће утврдити која садница је преживела а која не, јер листови још нису били одбачени. Из односа преживелих садница и укупног броја посађених садница у блоковима израчунат је проценат преживљавања двогодишњих садница на нивоу различитих клонова.

6.4.3.3. Анализа морфолошких карактеристика двогодишњих садница

На крају другог вегетационог периода у септембру 2015. године извршена је анализа морфолошких карактеристика двогодишњих садница у пољској банци гена на подручју Великог ратног острва. Садницама су измерени пречник у кореновом врату (mm) и висина надземног дела (cm). Пречник у кореновом врату је мерен помоћу електронског нонијуса са тачношћу од 0,01 mm, а висина помоћу телескопске летве са тачношћу од 1 cm. За измерене и изведене карактеристике садница израчунати су стандардни статистички параметри, анализа варијансе, Tukey HSD тест и урађена је кластер анализа за утврђивање генетичке блискости односно удаљености између тест стабала. У циљу утврђивања постојања повезаности између измерених и изведених параметара урађена је регресиона и корелациона анализа.

7. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

7.1. Стање црне тополе на подручју Великог ратног острва

У циљу процене стања популације црне тополе на подручју Великог ратног острва обављено је:

- рекогносцирање терена;
- снимање координата појединачних стабала и спољашње границе распрострањења групе стабала;
- одређивање основних таксационих показатеља за појединачна стабла и стабла представнике групе;
- процена квалитета стабала, степена угрожености и могућности природног обнављања.

7.1.1. Локалитети на којима се јавља црна топола

Рекогносцирањем терена на подручју Великог ратног острва евидентирано је 843 појединачна стабла и 6 група стабала црне тополе. У оквиру 6 група стабала евидентирано је 64 стабла, укупно 907 евидентираних стабала.

За свако појединачно стабло снимљене су координате у Гаус-Кригеровом координатном систему, док је за групу стабала снимљена спољашња граница распрострањења. Координате појединачних стабала црне тополе (географска ширина и дужина) приказане су у табели 10.

Табела 10. Координате појединачних стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
1	7455017	4965556	282	7455919	4965275	563	7455767	4965021
2	7455017	4965558	283	7455917	4965273	564	7455710	4965063
3	7455014	4965557	284	7455910	4965285	565	7455700	4965064
4	7455022	4965555	285	7455904	4965273	566	7455690	4965074
5	7455017	4965552	286	7455910	4965271	567	7455686	4965074
6	7455030	4965548	287	7455911	4965261	568	7455667	4965049
7	7455036	4965504	288	7455941	4965259	569	7455658	4965027
8	7455040	4965495	289	7455944	4965261	570	7455666	4965020
9	7455047	4965500	290	7455939	4965245	571	7455648	4964997
10	7455048	4965494	291	7455929	4965240	572	7455358	4966141
11	7455055	4965499	292	7455930	4965241	573	7455412	4966063
12	7455052	4965476	293	7455942	4965235	574	7455443	4966095
13	7455050	4965471	294	7455945	4965232	575	7455435	4966111
14	7455062	4965470	295	7455950	4965236	576	7455467	4966073
15	7455062	4965471	296	7455951	4965266	577	7455486	4966070
16	7455075	4965459	297	7455948	4965276	578	7455502	4966050
17	7455064	4965440	298	7455966	4965217	579	7455505	4966049
18	7455120	4965342	299	7455973	4965211	580	7455514	4966050
19	7455080	4965278	300	7455989	4965203	581	7455516	4966050
20	7455202	4965234	301	7455996	4965198	582	7455533	4966042
21	7455206	4965222	302	7456001	4965198	583	7455544	4966029
22	7455237	4965190	303	7456005	4965208	584	7455591	4965998
23	7455253	4965183	304	7455984	4965243	585	7455643	4965986
24	7455257	4965186	305	7456010	4965239	586	7455656	4965967
25	7455243	4965153	306	7455994	4965264	587	7455667	4965962
26	7455405	4964951	307	7455992	4965267	588	7455666	4965957
27	7455402	4964949	308	7455977	4965279	589	7455670	4965951
28	7455480	4964902	309	7456018	4965193	590	7455686	4965944
29	7455480	4964904	310	7456016	4965196	591	7455686	4965944

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
30	7455484	4964910	311	7455931	4965214	592	7455686	4965944
31	7455473	4964911	312	7455927	4965222	593	7455686	4965944
32	7455473	4964923	313	7455907	4965224	594	7455686	4965944
33	7455491	4964890	314	7455908	4965224	595	7455720	4965926
34	7455543	4964837	315	7455903	4965236	596	7455761	4965909
35	7455611	4964797	316	7455886	4965233	597	7455761	4965909
36	7455934	4964734	317	7455875	4965254	598	7455776	4965890
37	7455950	4964733	318	7455888	4965274	599	7455776	4965890
38	7455956	4964745	319	7455890	4965274	600	7455776	4965890
39	7455958	4964745	320	7455906	4965283	601	7455773	4965901
40	7455954	4964747	321	7455889	4965291	602	7455787	4965898
41	7455958	4964757	322	7455878	4965284	603	7455787	4965898
42	7455953	4964761	323	7455883	4965279	604	7455797	4965895
43	7455972	4964757	324	7455877	4965280	605	7455797	4965895
44	7456002	4964740	325	7455874	4965292	606	7455827	4965882
45	7455998	4964747	326	7455869	4965286	607	7455836	4965880
46	7455999	4964749	327	7455874	4965275	608	7455855	4965867
47	7456002	4964692	328	7455868	4965265	609	7455857	4965864
48	7456008	4964688	329	7455860	4965274	610	7455868	4965860
49	7456004	4964679	330	7455859	4965278	611	7455886	4965854
50	7456031	4964686	331	7455855	4965275	612	7455885	4965848
51	7456042	4964685	332	7455861	4965286	613	7455881	4965804
52	7456092	4964692	333	7455846	4965291	614	7455866	4965811
53	7456098	4964692	334	7455844	4965291	615	7455860	4965817
54	7456104	4964694	335	7455838	4965293	616	7455860	4965818
55	7456106	4964696	336	7455839	4965296	617	7455892	4965792
56	7456111	4964692	337	7455838	4965300	618	7455888	4965790
57	7456119	4964694	338	7455836	4965290	619	7455887	4965793
58	7456126	4964691	339	7455839	4965283	620	7455900	4965794
59	7456134	4964692	340	7455840	4965282	621	7455933	4965834
60	7456155	4964702	341	7455840	4965281	622	7455933	4965834
61	7456204	4964720	342	7455834	4965267	623	7456022	4965778
62	7456313	4964917	343	7455832	4965266	624	7456054	4965763
63	7456315	4964925	344	7455833	4965263	625	7456066	4965754
64	7456170	4965122	345	7455842	4965261	626	7456076	4965747
65	7456153	4965119	346	7455846	4965262	627	7456095	4965737
66	7456136	4965123	347	7455836	4965231	628	7456202	4965659
67	7456128	4965107	348	7455805	4965292	629	7456217	4965651

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
68	7456126	4965101	349	7455812	4965288	630	7456221	4965647
69	7456124	4965108	350	7455827	4965277	631	7456228	4965637
70	7456135	4965123	351	7455825	4965291	632	7456222	4965614
71	7456129	4965133	352	7455834	4965299	633	7456229	4965581
72	7456108	4965127	353	7455832	4965298	634	7456249	4965563
73	7456112	4965138	354	7455830	4965301	635	7456342	4965569
74	7456118	4965132	355	7455825	4965301	636	7456347	4965569
75	7456123	4965133	356	7455830	4965301	637	7456375	4965555
76	7456130	4965129	357	7455827	4965303	638	7456411	4965529
77	7456134	4965136	358	7455810	4965302	639	7456417	4965529
78	7456138	4965148	359	7455814	4965309	640	7456521	4965413
79	7456131	4965156	360	7455807	4965294	641	7456527	4965381
80	7456110	4965160	361	7455812	4965290	642	7456526	4965386
81	7456101	4965154	362	7455814	4965289	643	7456522	4965378
82	7456079	4965132	363	7455784	4965279	644	7456520	4965376
83	7456058	4965143	364	7455795	4965300	645	7456534	4965373
84	7456058	4965141	365	7455792	4965302	646	7456533	4965361
85	7456060	4965195	366	7455795	4965304	647	7456552	4965356
86	7455104	4965464	367	7455790	4965306	648	7456471	4965316
87	7455124	4965440	368	7455788	4965312	649	7456473	4965316
88	7455101	4965437	369	7455774	4965304	650	7456465	4965312
89	7455148	4965453	370	7455773	4965299	651	7456462	4965296
90	7455145	4965453	371	7455773	4965302	652	7456454	4965290
91	7455165	4965436	372	7455774	4965303	653	7456438	4965373
92	7455170	4965435	373	7455763	4965304	654	7456457	4965394
93	7455172	4965343	374	7455766	4965314	655	7456453	4965384
94	7455173	4965345	375	7455771	4965330	656	7456408	4965400
95	7455165	4965339	376	7455762	4965326	657	7456418	4965411
96	7455176	4965334	377	7455754	4965334	658	7456219	4965503
97	7455181	4965326	378	7455739	4965324	659	7456200	4965518
98	7455183	4965330	379	7455738	4965331	660	7456154	4965538
99	7455188	4965319	380	7455738	4965329	661	7456132	4965540
100	7455196	4965316	381	7455734	4965329	662	7456115	4965565
101	7455194	4965301	382	7455736	4965336	663	7456098	4965571
102	7455204	4965294	383	7455738	4965338	664	7456092	4965589
103	7455204	4965288	384	7455728	4965343	665	7456087	4965604
104	7455206	4965283	385	7455726	4965338	666	7456084	4965611
105	7455204	4965281	386	7455722	4965343	667	7456080	4965625

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
106	7455353	4965118	387	7455722	4965358	668	7456069	4965630
107	7455362	4965116	388	7455626	4965385	669	7456068	4965628
108	7455344	4965100	389	7455629	4965382	670	7456065	4965627
109	7455371	4965050	390	7455112	4965531	671	7456058	4965603
110	7455374	4965041	391	7455235	4965433	672	7456042	4965624
111	7455379	4965032	392	7455280	4965403	673	7456044	4965637
112	7455388	4965085	393	7455279	4965408	674	7456038	4965654
113	7455402	4965074	394	7455240	4965358	675	7456027	4965653
114	7455418	4965065	395	7455243	4965354	676	7456017	4965651
115	7455409	4965059	396	7455224	4965317	677	7456017	4965660
116	7455418	4965065	397	7455234	4965314	678	7456015	4965660
117	7455429	4965057	398	7455273	4965310	679	7456000	4965661
118	7455432	4965060	399	7455304	4965274	680	7455984	4965653
119	7455427	4965079	400	7455354	4965269	681	7455982	4965666
120	7455431	4965093	401	7455400	4965330	682	7455874	4965758
121	7455456	4965067	402	7455406	4965336	683	7455848	4965794
122	7455455	4964974	403	7455404	4965257	684	7455786	4965797
123	7455458	4964964	404	7455402	4965181	685	7455788	4965808
124	7455490	4964972	405	7455477	4965208	686	7455786	4965819
125	7455511	4964952	406	7455535	4965213	687	7455780	4965819
126	7455514	4964949	407	7455573	4965222	688	7455775	4965827
127	7455515	4964944	408	7455573	4965209	689	7455783	4965839
128	7455518	4964945	409	7455572	4965206	690	7455778	4965842
129	7455517	4964938	410	7455578	4965199	691	7455546	4965931
130	7455523	4964936	411	7455582	4965205	692	7455546	4965931
131	7455528	4964933	412	7455583	4965202	693	7455522	4965963
132	7455531	4964938	413	7455517	4965168	694	7455469	4965916
133	7455536	4964939	414	7455513	4965178	695	7455453	4965919
134	7455537	4964936	415	7455513	4965170	696	7455461	4965920
135	7455543	4964935	416	7455515	4965172	697	7455457	4965925
136	7455545	4964931	417	7455488	4965133	698	7455458	4965876
137	7455532	4964927	418	7455479	4965102	699	7455454	4965859
138	7455524	4964913	419	7455465	4965087	700	7455481	4965828
139	7455506	4964936	420	7455455	4965092	701	7455484	4965769
140	7455507	4964934	421	7455446	4965082	702	7455471	4965756
141	7455508	4964929	422	7455443	4965086	703	7455230	4965585
142	7455506	4964934	423	7455482	4965098	704	7455208	4965593
143	7455502	4964900	424	7455492	4965103	705	7455570	4965645

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
144	7455495	4964898	425	7455500	4965059	706	7455591	4965646
145	7455544	4964891	426	7455518	4965059	707	7455600	4965608
146	7455541	4964897	427	7455535	4965067	708	7455603	4965612
147	7455546	4964896	428	7455534	4965069	709	7455600	4965612
148	7455549	4964895	429	7455536	4965078	710	7455635	4965587
149	7455552	4964871	430	7455532	4965078	711	7455738	4965551
150	7455604	4964867	431	7455531	4965102	712	7455738	4965551
151	7455602	4964839	432	7455527	4965110	713	7455755	4965542
152	7455604	4964847	433	7455529	4965118	714	7455756	4965537
153	7455598	4964846	434	7455531	4965123	715	7455764	4965526
154	7455598	4964847	435	7455534	4965124	716	7455775	4965535
155	7455596	4964839	436	7455531	4965123	717	7455826	4965507
156	7455579	4964828	437	7455538	4965131	718	7455909	4965471
157	7455577	4964824	438	7455548	4965115	719	7456051	4965428
158	7455582	4964823	439	7455545	4965115	720	7456085	4965448
159	7455584	4964825	440	7455542	4965118	721	7456093	4965420
160	7455578	4964835	441	7455540	4965121	722	7456173	4965399
161	7455582	4964843	442	7455558	4965127	723	7456176	4965393
162	7455593	4964828	443	7455526	4965137	724	7456172	4965389
163	7455590	4964828	444	7455531	4965145	725	7456172	4965389
164	7455629	4964862	445	7455521	4965150	726	7456187	4965387
165	7455640	4964887	446	7455510	4965151	727	7456195	4965385
166	7455643	4964896	447	7455523	4965155	728	7456205	4965413
167	7455629	4964906	448	7455595	4965193	729	7456244	4965402
168	7455629	4964909	449	7455612	4965165	730	7456249	4965409
169	7455632	4964909	450	7455612	4965162	731	7456248	4965415
170	7455646	4964930	451	7455623	4965155	732	7456461	4965306
171	7455648	4964929	452	7455625	4965142	733	7456476	4965319
172	7455653	4964931	453	7455616	4965101	734	7456485	4965356
173	7455664	4964933	454	7455617	4965098	735	7456478	4965355
174	7455671	4964936	455	7455610	4965090	736	7456353	4965078
175	7455683	4964926	456	7455606	4965097	737	7456180	4965147
176	7455678	4964894	457	7455602	4965097	738	7456144	4965177
177	7455695	4964866	458	7455601	4965099	739	7456144	4965177
178	7455716	4964869	459	7455598	4965102	740	7455285	4965737
179	7455717	4964863	460	7455591	4965101	741	7455288	4965755
180	7455731	4964814	461	7455587	4965122	742	7455270	4965784
181	7455785	4964771	462	7455585	4965120	743	7455274	4965801

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
182	7455686	4964807	463	7455578	4965111	744	7455269	4965842
183	7455849	4964748	464	7455582	4965100	745	7455270	4965864
184	7456049	4964756	465	7455566	4965064	746	7455277	4965868
185	7456063	4964837	466	7455564	4965066	747	7455275	4965921
186	7456062	4964836	467	7455546	4965063	748	7455273	4965931
187	7456087	4964775	468	7455546	4965057	749	7455269	4965941
188	7456078	4964769	469	7455540	4965047	750	7455254	4965957
189	7456139	4964797	470	7455540	4965061	751	7455254	4965973
190	7456143	4964795	471	7455570	4965047	752	7455260	4965980
191	7456140	4964796	472	7455591	4965011	753	7455256	4966022
192	7456141	4964795	473	7455591	4965008	754	7455256	4966027
193	7456141	4964798	474	7455602	4965058	755	7455346	4966150
194	7456130	4964825	475	7455635	4965053	756	7455341	4966161
195	7456135	4964824	476	7455635	4965108	757	7455331	4966165
196	7456130	4964827	477	7455672	4965156	758	7455331	4966163
197	7456182	4964799	478	7455661	4965165	759	7455334	4966166
198	7456234	4964824	479	7455682	4965143	760	7455322	4966169
199	7456238	4964822	480	7455704	4965125	761	7455319	4966177
200	7456237	4964821	481	7455713	4965118	762	7455307	4966179
201	7456072	4965217	482	7455734	4965116	763	7455301	4966183
202	7456057	4965216	483	7455743	4965114	764	7455305	4966192
203	7456051	4965229	484	7455757	4965112	765	7455291	4966192
204	7456038	4965220	485	7455761	4965106	766	7455289	4966195
205	7456031	4965234	486	7455763	4965102	767	7455278	4966210
206	7456033	4965257	487	7456027	4965011	768	7455271	4966200
207	7456024	4965254	488	7456021	4965013	769	7455268	4966212
208	7455997	4965298	489	7456017	4965009	770	7455260	4966214
209	7456021	4965208	490	7456024	4965012	771	7455257	4966221
210	7455971	4965329	491	7456031	4965018	772	7455256	4966222
211	7455973	4965324	492	7456043	4965002	773	7455253	4966229
212	7455956	4965339	493	7456040	4965000	774	7455240	4966231
213	7455946	4965343	494	7456041	4965003	775	7455228	4966221
214	7455893	4965366	495	7456042	4965004	776	7455224	4966227
215	7455847	4965399	496	7456049	4964993	777	7455215	4966231
216	7455810	4965394	497	7456053	4964997	778	7455211	4966226
217	7455702	4965467	498	7456059	4964991	779	7455217	4966224
218	7455698	4965453	499	7456049	4965015	780	7455217	4966224
219	7455758	4965419	500	7456051	4965016	781	7455207	4966232

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
220	7455748	4965397	501	7456060	4965015	782	7455201	4966238
221	7455730	4965398	502	7456074	4965019	783	7455201	4966238
222	7455731	4965397	503	7456069	4964999	784	7455196	4966245
223	7455751	4965385	504	7456068	4965002	785	7455187	4966249
224	7455037	4965559	505	7456086	4965010	786	7455173	4966253
225	7455038	4965576	506	7456100	4965008	787	7455171	4966255
226	7455051	4965577	507	7456092	4964995	788	7455168	4966267
227	7455059	4965579	508	7456093	4964988	789	7455162	4966271
228	7455064	4965577	509	7456103	4964986	790	7455162	4966271
229	7455088	4965578	510	7456114	4964983	791	7455149	4966278
230	7455095	4965579	511	7456117	4964986	792	7455160	4966267
231	7455101	4965585	512	7456124	4964989	793	7455159	4966254
232	7455104	4965585	513	7456121	4964984	794	7455153	4966248
233	7455110	4965568	514	7456126	4964980	795	7455150	4966236
234	7455107	4965566	515	7456128	4964985	796	7455142	4966240
235	7455117	4965568	516	7456142	4964987	797	7455138	4966234
236	7455137	4965587	517	7456131	4964973	798	7455130	4966234
237	7455150	4965579	518	7456075	4964861	799	7455130	4966234
238	7455154	4965574	519	7456008	4964854	800	7455134	4966234
239	7455165	4965578	520	7456023	4964846	801	7455118	4966232
240	7455175	4965587	521	7456010	4964844	802	7455122	4966236
241	7455176	4965585	522	7456001	4964845	803	7455120	4966249
242	7455247	4965597	523	7455911	4964920	804	7455116	4966256
243	7455254	4965597	524	7455924	4964933	805	7455112	4966262
244	7455260	4965597	525	7455934	4964932	806	7455108	4966260
245	7455389	4965605	526	7455934	4964939	807	7455110	4966257
246	7455748	4965391	527	7455949	4964929	808	7455100	4966261
247	7455751	4965392	528	7455953	4964935	809	7455124	4966269
248	7455774	4965397	529	7455961	4964940	810	7455131	4966275
249	7455785	4965390	530	7455967	4964943	811	7455139	4966282
250	7455792	4965388	531	7455969	4964947	812	7455139	4966282
251	7455794	4965363	532	7455968	4964946	813	7455110	4966286
252	7455796	4965365	533	7456048	4964961	814	7455106	4966291
253	7455795	4965368	534	7456049	4964953	815	7455103	4966287
254	7455801	4965369	535	7456049	4964956	816	7455101	4966288
255	7455803	4965368	536	7456057	4964961	817	7455101	4966288
256	7455815	4965372	537	7456066	4964962	818	7455089	4966296
257	7455826	4965381	538	7456072	4964964	819	7455081	4966299

Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла		Ознака стабла на терену	Координате стабла	
	X	Y		X	Y		X	Y
258	7455833	4965371	539	7456076	4964969	820	7455062	4966280
259	7455822	4965367	540	7456098	4964967	821	7455057	4966276
260	7455818	4965372	541	7456104	4964977	822	7455054	4966281
261	7455828	4965353	542	7456102	4964972	823	7455056	4966283
262	7455842	4965368	543	7455899	4964936	824	7455052	4966282
263	7455850	4965363	544	7455879	4964924	825	7455054	4966287
264	7455840	4965353	545	7455875	4964920	826	7455054	4966287
265	7455849	4965350	546	7455868	4964912	827	7455030	4966310
266	7455850	4965352	547	7455859	4964910	828	7455032	4966303
267	7455855	4965354	548	7455857	4964884	829	7455028	4966317
268	7455856	4965353	549	7455866	4964885	830	7455023	4966306
269	7455853	4965348	550	7455861	4964870	831	7455024	4966296
270	7455852	4965349	551	7455858	4964870	832	7455019	4966298
271	7455867	4965340	552	7455854	4964870	833	7455005	4966296
272	7455876	4965358	553	7455837	4964876	834	7455007	4966293
273	7455877	4965358	554	7455819	4964887	835	7454998	4966287
274	7455889	4965350	555	7455807	4964900	836	7454996	4966280
275	7455886	4965344	556	7455802	4964892	837	7454974	4966191
276	7455893	4965352	557	7455789	4964904	838	7455054	4966155
277	7455894	4965357	558	7455789	4964915	839	7455081	4966157
278	7455897	4965345	559	7455773	4964931	840	7455083	4966153
279	7455902	4965346	560	7455762	4964988	841	7454966	4966053
280	7455898	4965356	561	7455760	4965034	842	7454966	4966053
281	7455932	4965317	562	7455766	4965030	843	7454963	4965928

Снимљена појединачна стабла и групе стабала приказана су као картографски преглед (слика 21).



Слика 21. Картографски преглед снимљених стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

Појединачна стабла на карти су представљена тачкама. На овај начин добијен је приказ просторног распореда појединачних стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва.

Групе стабала на карти су представљене полигоном. Линејом су повезана гранична стабла чиме је добијен приказ спољашње границе распрострањења групе стабала, из које се види облик и величина групе, али не и просторни распоред стабала у оквиру групе.

Картографски преглед снимљених стабала црне тополе добијен комбинацијом тачкастог и контурног метода (комбиновани метод) показује да се

црна топола на подручју Великог ратног острва јавља у већим или мањим групама дисконтинуираног карактера.

Дефинисање распрострањености црне тополе на подручју Великог ратног острва као и број индивидуа у оквиру одабране популације представља полазну основу за креирање програма конзервације генофонда.

7.1.2. Основни таксациони показатељи картираних стабала

Мерење прских пречника и висина извршено је на појединачним стаблима и стаблима репрезентима групе. Укупно је премерено 867 стабала, од чега 843 појединачних стабала и 24 стабла представника групе.

Нумерички показатељи дебљинске и висинске структуре популације црне тополе на подручју Великог ратног острва приказани су у табели 11.

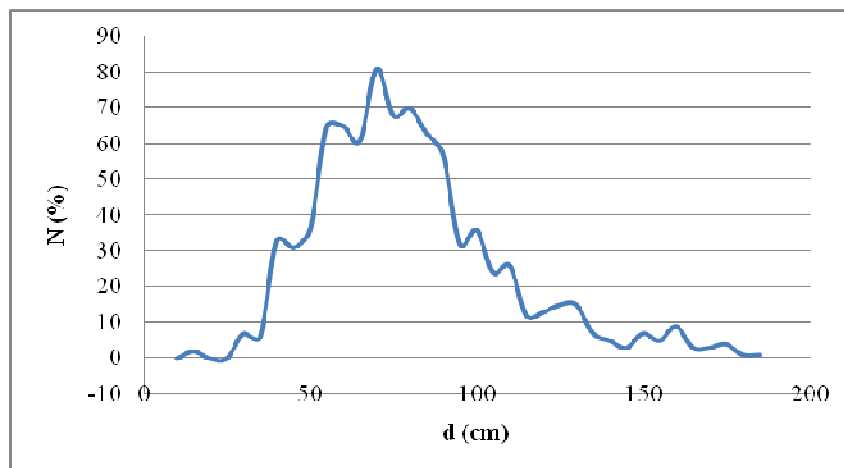
На основу приказаних резултата, може се констатовати да су у популацији заступљена стабла са пречницима од 11 до 189 cm. Варијациона ширина пречника износи 178 cm. Средњи пречник по темељници износи 83,5 cm, док средњи пречник по темељници 20% најдебљих стабала износи 125,3 cm.

Табела 11. Нумерички показатељи дебљинске и висинске структуре популације црне тополе на подручју Великог ратног острва

Пречник		Висина	
N	867	N	867
d_s (cm)	78,5	h_g (m)	29,5
d_g (cm)	83,5	h_{min} (m)	5,8
d_{min} (cm)	11	h_{max} (m)	44,6
d_{max} (cm)	189	$v\check{s}_h$ (m)	38,8
$v\check{s}_d$ (cm)	178	α_3	-0,071
α_3	1,017	α_4	3,480
α_4	4,267	$n_{20\%}$	173
$n_{20\%}$	173	$h_{s20\%}$ (m)	36,7
$d_{g20\%}$ (cm)	125,3		

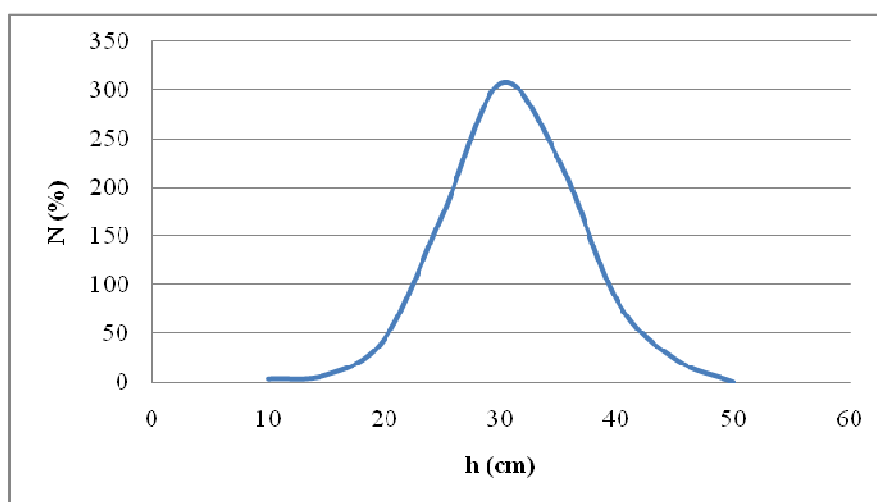
Дебљинска структура анализиране популације црне тополе на подручју Великог ратног острва приказана је на графикону 2. Крива расподеле броја

стабала по дебљинским степенима је приближно звоноликог облика са једним максимумом у дебљинском степену 77,5 cm. Карактерише је јака лева асиметрија ($\alpha_3 = 1,017$) и спољоштеност са стране (расподела је издужена) ($\alpha_4 = 4,267$).



Графикон 2. Дебљинска структура анализиране популације црне тополе на подручју Великог ратног острва

Нумерички показатељи висинске структуре показују да су у популацији заступљена стабла са висинама од 5,8 до 44,6 m, са варијационом ширином висина од 38,8 m. Средња висина по Лорајевој формули износи 29,5 m, а средња висина 20% највиших стабала у популацији износи 36,7 m.



Графикон 3. Висинска структура анализиране популације црне тополе на подручју Великог ратног острва

Висинска структура анализиране популације црне тополе на подручју Великог ратног острва приказана је на графикону 3. Расподела броја стабала по висинским степенима је звоноликог облика, са једним максимумом у висинском степену 27,5 m. Карактерише је мала десна асиметрија ($\alpha_3 = - 0,071$) и спљоштеност одозго ($\alpha_4 = 3,480$).

На основу расподеле броја стабала по дебљинским и висинским степенима може се констатовати да је популација црне тополе на подручју Великог ратног острва једнодобна, док средњи пречник и висина доминантних стабала показује да поједина стабла у датим станишним условима достижу изузетне димензије.

7.1.3. Квалитет стабала, процена степена угрожености и могућности природног обнављања

Процена квалитета стабала извршена је на појединачним стаблима и стаблима представницима групе, при чему је укупно оцењено 867 стабала.

Резултати процене квалитета стабала црне тополе на основу фенотипских карактеристика приказани су у табели 12.

Табела 12. Подаци о процени квалитета стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

Критеријуми за процену квалитета стабала											
Правост дебла			Рашљавост			Механичка оштећења			Чистоћа дебла од грана		
	Фреквенција	%		Фреквенција	%		Фреквенција	%		Фреквенција	%
Право дебло	204	23,5	Не постоји	328	37,8	Без оштећења	285	32,9	Дебло чисто од грана	92	10,6
Умерено закривљено дебло	445	51,3	Ниска	158	18,2	Умерено оштећење	559	64,5	Умерена чистоћа дебла	403	46,5
Криво дебло	218	25,2	Средње висока	215	24,8	Велико оштећење	23	2,6	Мала чистоћа дебла	372	42,9
Укупно	867	100,0	Висока	166	19,2	Укупно	867	100,0	Укупно	867	100,0
			Укупно	867	100,0						
Здравствено стање дебла			Дужина крошње			Развијеност крошње					
	Фреквенција	%		Фреквенција	%		Фреквенција	%			
Здраво (добро здравствено стање)	202	23,3	Веома добра крошња	91	10,5	Нормална	539	62,2			
Умерено добро здравствено стање	637	73,5	Добра крошња	473	54,6	Преширока	172	19,8			
Лоше здравствено стање	28	3,2	Лоша крошња	303	34,9	Уска	83	9,6			
Укупно	867	100,0	Укупно	867	100,0	Ексцентрична	73	8,4			
						Укупно	867	100,0			

Из табеле 12 се види да су у погледу правости дебла у популацији црне тополе на подручју Великог ратног острва најзаступљенија стабла са умерено закривљеним деблом која чине 51,3% укупног броја оцењених стабала (445 стабала), дебла која су оцењена као права заступљена су са 23,5% (204 стабла), док крива дебла чине 25,2% укупног броја оцењених стабала (218 стабала).

Највећи број стабала се одликује умереном (46,5% или 403 стабла) или малом (42,9% или 372 стабла) чистоћом дебла, док најмањи број стабала има дебло чисто од грана (10,6% или 92 стабла).

Када су у питању механичка оштећења најзаступљенија су стабла на којима су запажена умерена механичка оштећења 64,5 % (559 стабала), а најмање су заступљена стабла са великим механичким оштећењем 2,6% (23 стабла). Стабла без оштећења чине 32,9% од укупног броја оцењених стабала (285 стабала).

Слична ситуација је по питању здравственог стања стабала, где су најзаступљенија стабла умерено доброг здравственог стања 73,5% (637 стабала), а најмање су заступљена стабла лошег здравственог стања која чине само 3,2% укупног броја оцењених стабала (28 стабала). Стабла доброг здравственог стања чине 23,3% од укупног броја оцењених стабала (202 стабла).

Рашљавост је забележена код 539 стабала (62,2%), од чега се 158 стабала (18,2%) рачва ниско, 166 стабала (19,2%) високо и 215 стабала (24,8%) средње високо. Рачвање није забележено код 328 стабала (37,8%).

Најзаступљенија су стабла са нормално развијеном крошњом (539 стабала или 62,2%), а затим стабла са прешироком (172 стабла или 19,8%), уском (83 стабла или 9,6%) и ексцентричном крошњом (73 стабла или 8,4%).

Проценом односа дужине крошње и висине стабла, забележено је да су најзаступљенија стабла са добром крошњом (473 стабла или 54,6%). Лоша крошња забележена је код 303 стабла (34,9 %), док веома добру крошњу има 91 стабло (10,5%).

У табели 13 приказани су резултати процене степена угрожености и могућности природног обнављања црне тополе на подручју Великог ратног острва.

Табела 13. Подаци о процени степена угрожености и могућности природног обнављања црне тополе на подручју Великог ратног острва

Заступљеност жбуња					Закоровљеност				
	Појединачна стабла		Групе стабала			Појединачна стабла		Групе стабала	
	Фреквенција	%	Фреквенција	%		Фреквенција	%	Фреквенција	%
Ретко	67	8,0			Слаба	114	13,5		
Средње густо	231	27,4			Средња	315	37,4	4	66,7
Густо	303	35,9	5	83,3	Јака	414	49,1	2	33,3
Врло густо	242	28,7	1	16,7	Укупно	843	100,0	6	100,0
Укупно	843	100,0	6	100,0					
Бројност подмладка									
	Појединачна стабла		Групе стабала						
	Фреквенција	%	Фреквенција	%					
Не јавља се	843	100,0	6	100,0					
Укупно	843	100,0	6	100,0					

Резултати процене степена угрожености од конкурентске вегетације показују да је заступљеност жбуња на површинама које захватају пројекције крошњи 545 појединачних стабала (64,6% од укупног броја стабала) оцењена као густа и врло густа, док је испод крошњи 298 стабала (35,4%) заступљеност жбуња оцењена као средње густа и ретка. Слична ситуација је унутар површина које захватају групе стабала, где је код свих 6 евидентираних група констатована густа и врло густа заступљеност жбуња. У спрату жбуња јављају се багренац (*Amorpha fruticosa* L.), амерички јасен (*Fraxinus americana* L.), црни глог (*Crataegus nigra* Waldst. et Kit.) и друге врсте.

Јака и средња закоровљеност је забележена на површинама које захватају пројекције крошњи 729 појединачних стабала (86,5% од укупног броја стабала), а слаба закоровљеност је забележена испод крошњи 114 стабла (13,5%). Унутар површина које захватају 6 група стабала забележена је средња и јака

закоровљеност. У приземној флори јављају се бела росуља (*Agrostis alba* L.), ладолеж (*Calystegia sepium* (L.) Scop.), козји рогови (*Bidens tripartita* L.), врбница (*Lythrum salicaria* L.), гавез (*Symphytum officinale* L.), горкослад (*Solanum dulcamara* L.), купина (*Rubus casius* L.), дивља лоза (*Vitis silvestrii* Pamp.), штир (*Amaranthus retroflexus* L.), пиревина (*Elymus repens* (L.) Gould.) и друге врсте.

Природни подмладак у популацији није евидентиран, па самим тим квалитет подмладка није оцењиван.

Процењено стање популације црне тополе на подручју Великог ратног острва указује на постојање генофонда задовољавајућег квалитета и здравственог стања, који може представљати добру полазну основу за примену адекватних мера конзервације. Отежавајућу околност приликом конзервације генофонда може представљати угроженост популације експанзијом инвазивних врста које онемогућавају њено природно обнављање.

7.2. Варијабилност црне тополе на нивоу тест стабала

Процена варијабилности црне тополе на подручју Великог ратног острва обављена је на нивоу тест стабала, репрезентата популације, применом морфолошких и молекуларних маркера.

7.2.1. Варијабилност морфолошких карактеристика листова

Резултати дескриптивне статистичке анализе, седам морфолошких карактеристика листова, 14 тест стабала црне тополе, приказани су табели 14.

Табела 14. Дескриптивни показатељи морфолошких карактеристика
листова 14 тест стабала црне тополе

Дескриптивни показатељи	Стабло	D (mm)	Š (mm)	Vn (mm)	a (mm)	Bz	α (°)	Dp (mm)
Xmin – Xmax	1	77 – 100	66 – 88	16 – 23	58 – 80	2 – 4	90 – 110	41 – 66
	2	72 – 103	55 – 80	16 – 23	48 – 70	3 – 4	90 – 123	37 – 68
	4	72 – 93	60 – 72	13 – 22	48 – 64	2 – 3	94 – 115	46 – 65
	5	81 – 101	72 – 88	16 – 25	56 – 81	2 – 3	100 – 125	43 – 70
	6	78 – 102	72 – 92	18 – 26	57 – 84	1 – 3	100 – 131	38 – 62
	7	65 – 90	54 – 76	19 – 30	30 – 56	2 – 5	76 – 103	40 – 64
	8	85 – 98	57 – 82	18 – 28	35 – 61	2 – 4	83 – 106	47 – 68
	9	90 – 110	71 – 88	23 – 29	51 – 73	2 – 3	110 – 138	49 – 68
	10	83 – 97	67 – 78	13 – 20	62 – 75	2 – 4	101 – 145	45 – 60
	11	74 – 85	65 – 75	15 – 22	54 – 71	2 – 3	110 – 146	39 – 58
	12	84 – 95	64 – 77	17 – 26	40 – 73	2 – 5	96 – 108	42 – 58
	13	77 – 90	60 – 73	21 – 26	40 – 54	3 – 4	95 – 109	48 – 63
	14	93 – 107	62 – 80	20 – 27	36 – 64	2 – 3	75 – 110	43 – 57
	15	83 – 101	66 – 79	19 – 24	52 – 70	2 – 4	100 – 130	40 – 55
Средња вредност	1	88,3 ^c	78,5 ^f	20,4 ^{cd}	68,2 ^f	2,8 ^{cd}	100,9 ^b	50,3 ^{bc}
	2	89,5 ^{cd}	67,4 ^{bc}	19,5 ^{bc}	58,7 ^{cd}	3,2 ^{def}	100,4 ^b	49,6 ^{bc}
	4	83,2 ^b	65,2 ^{ab}	18,3 ^b	55,7 ^{bc}	2,3 ^b	105,6 ^c	55,3 ^e
	5	90,0 ^{cd}	80,9 ^f	19,8 ^c	71,1 ^f	2,1 ^{ab}	113,6 ^d	54,0 ^{de}
	6	90,3 ^{cd}	81,4 ^f	22,4 ^e	68,8 ^f	1,9 ^a	116,3 ^{de}	49,3 ^{bc}
	7	75,8 ^a	62,6 ^a	22,5 ^e	44,8 ^a	3,5 ^g	93,6 ^a	50,2 ^{bc}
	8	91,7 ^d	67,3 ^{bc}	23,6 ^{ef}	47,9 ^a	2,8 ^c	92,5 ^a	55,4 ^e
	9	98,3 ^e	80,2 ^f	26,3 ^g	64,6 ^e	2,1 ^{ab}	122,7 ^{fg}	57,4 ^e
	10	91,1 ^{cd}	72,5 ^e	16,4 ^a	68,2 ^f	2,8 ^c	126,8 ^g	51,8 ^{cd}
	11	78,3 ^a	69,9 ^{cde}	18,4 ^b	63,8 ^e	2,9 ^{cd}	126,8 ^g	48,1 ^{ab}
	12	88,7 ^{cd}	69,2 ^{cd}	21,1 ^d	55,3 ^{bc}	3,4 ^{fg}	100,1 ^b	49,6 ^{bc}
	13	83,8 ^b	67,5 ^{bc}	23,9 ^f	46,4 ^a	3,2 ^{ef}	100,8 ^b	55,2 ^{de}
	14	100,7 ^e	71,2 ^{de}	23,1 ^{ef}	53,7 ^b	2,9 ^{cde}	93,4 ^a	48,9 ^{bc}
	15	91,6 ^d	72,1 ^e	20,7 ^{cd}	62,1 ^{de}	3,0 ^{cde}	119,6 ^{ef}	45,1 ^a
Коефицијент варијације (%)	1	8,2	7,9	9,1	6,7	18,5	4,7	11,9
	2	8,3	8,3	9,7	10,3	11,7	7,2	14,4
	4	5,7	4,9	10,3	7,1	20,3	4,9	8,6
	5	5,5	5,3	9,8	7,5	16,4	5,4	11,1
	6	7,7	6,6	10,4	8,5	23,2	6,5	11,9
	7	7,9	7,6	11,2	15,0	18,2	5,4	13,0
	8	4,0	9,5	8,6	15,1	21,4	4,8	11,9
	9	4,3	5,0	5,4	6,9	14,4	4,9	7,8
	10	4,0	4,5	11,4	4,9	16,1	7,4	7,3
	11	3,5	3,6	10,0	5,7	12,3	8,3	8,0
	12	3,6	3,9	9,9	11,9	17,8	2,5	8,1
	13	4,6	4,3	5,8	8,7	12,6	3,6	7,5
	14	3,2	5,7	7,8	9,8	8,2	5,5	7,2
	15	4,9	4,1	7,1	7,0	11,7	6,1	9,0
Просек		5,4	5,8	9,0	8,9	15,9	5,5	9,8

* мала слова у суперскрипту средњих вредности означавају резултате post hoc Tukey HSD теста за ниво значајности ($p \leq 0,05$)

На основу приказаних резултата може се констатовати следеће:

- дужина листа се креће од 65 до 110 mm. Највећа средња вредност дужине листа забележена је код стабла 14 (100,7 mm), док је најмања средња вредност дужине листа забележена код стабла 7 (75,8 mm);
- ширина листа се креће од 54 до 92 mm. Највећа средња вредност ширине листа евидентирана је код стабла 6 (81,4 mm), а најмања код стабла 7 (62,6 mm);
- висина најширег дела листа, мерена од основе листа креће се у опсегу од 13 до 30 mm. Највећа средња вредност висине најширег дела листа, мерена од основе листа забележена је код стабла 9 (26,3 mm), а најмања код стабла 10 (16,4 mm);
- величина мерена на 1 cm од основе листа, управно на главни нерв од једне до друге ивице листа креће се у дијапазону од 30 до 84 mm. Највећа средња вредност забележена је код стабла 5 (71,1 mm), а најмања код стабла 7 (44,8 mm);
- број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа креће се у дијапазону од 1 до 5. Највећа средња вредност броја зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа забележен је код стабла 7 (3,5), а најмања код стабла 6 (1,9);
- величина угла коју заклапа први пар нерава има вредност од 75° до 146°. Највећа средња вредност забележена је код стабла 10 и 11 (126,8°), док је најмања средња вредност забележена код стабла 8 (92,5°);
- дужина петељке је у распону од 37 до 70 mm. Највећа средња вредност дужине петељке евидентирана је код стабла 9 (57,4 mm), док је најмања средња вредност евидентирана код стабла 15 (45,1 mm).

Према вредностима коефицијента варијације (CV%) (табела 14) највећу варијабилност унутар стабала показује број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа (Bz) (CV = 15,9%) и дужина петељке (Dp) (CV = 9,8%), док најмању варијабилност показује дужина листа (D) (CV = 5,4%), величина угла који заклапа први пар нерава (α) (CV = 5,5%) и ширина листа ($\check{S}$) (CV = 5,8%).

Табела 15. Резултати теста анализе варијансе (One-Way ANOVA)

D	Степени слободe	Сума квадрата	Средина квадрата	F – однос	p – вредност
Између група	13,00	29.607,69	2.277,51	91,83	0,0000
Унутар група	686,00	17.014,42	24,80		
Укупно	699,00	46.622,11			
Š	Степени слободe	Сума квадрата	Средина квадрата	F – однос	p – вредност
Између група	13,00	24.289,59	1.868,43	98,86	0,0000
Унутар група	686,00	12.965,66	18,90		
Укупно	699,00	37.255,25			
Vn	Степени слободe	Сума квадрата	Средина квадрата	F – однос	p – вредност
Између група	13,00	4.552,63	350,20	96,74	0,0000
Унутар група	686,00	2.483,40	3,62		
Укупно	699,00	7.036,03			
a	Степени слободe	Сума квадрата	Средина квадрата	F – однос	p – вредност
Између група	13,00	50.502,07	3.884,77	141,93	0,0000
Унутар група	686,00	18.776,56	27,37		
Укупно	699,00	69.278,63			
Bz	Степени слободe	Сума квадрата	Средина квадрата	F – однос	p – вредност
Између група	13,00	162,15	12,47	61,52	0,0000
Унутар група	686,00	139,08	0,20		
Укупно	699,00	301,23			
α	Степени слободe	Сума квадрата	Средина квадрата	F – однос	p – вредност
Између група	13,00	102.324,57	7.871,12	191,35	0,0000
Унутар група	686,00	28.218,42	41,13		
Укупно	699,00	130.542,99			
Dr	Степени слободe	Сума квадрата	Средина квадрата	F – однос	p – вредност
Између група	13,00	7.989,86	614,60	22,83	0,0000
Унутар група	686,00	18.470,74	26,93		
Укупно	699,00	26.460,60			

Легенда: D – дужина листа (mm); Š – ширина листа (mm); Vn – висина најширег дела листа, мерена од основе листа (mm); a – величина мерена на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа (mm); Bz – број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа (n); α – величина угла који заклапа први пар нерава (°) и Dr – дужина петeljке (mm).

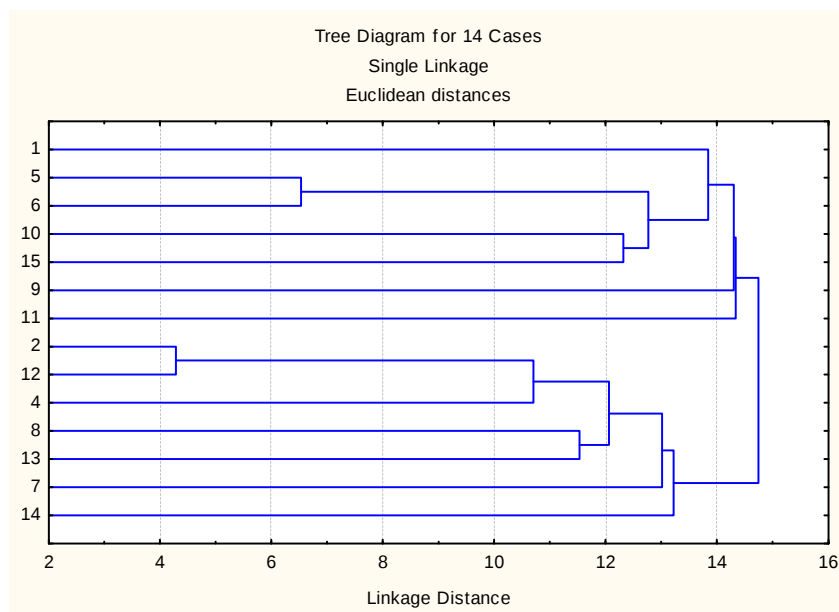
Резултати теста једнофакторијалне анализе варијансе показују да су добијене разлике између средњих вредности анализираних морфолошких својстава листова 14 тест стабала црне тополе са подручја Великог ратног острва статистички значајне (p–вредност <0,05). Варијабилност посматраних параметара последица је утицаја генотипова, а не случајности, односно варијабилност листова између стабала већа је од варијабилности листова на једном стаблу (табела 15).

Добијене разлике F – количника теста анализе варијансе (табела 15) показују да између стабала истраживане популације постоји велика варијабилност

морфолошких карактеристика листова. Највеће диференцирање је у величини угла који заклапа први пар нерава 191,35, затим у величини мереној на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа 141,93, док је најмања разлика утврђена у дужини петељке 22,83 и броју зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа 61,52. Тест стабла црне тополе се приближно подједнако диференцирају по дужини листа 91,83, ширина листа 98,86 и висина најширег дела листа мереној од основе листа 96,74.

Tukey HSD тестом (табела 14) приказане су сличности односно разлике између тест стабала групишући тест стабла сличних карактеристика у исту хомогену групу за сваки анализиран параметар. Највећи број хомогених група је 7 и утврђен је код параметара висина најширег дела листа, мерена од основе листа, број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа и величина угла који заклапа први пар нерава. Груписање тест стабала у 6 хомогених група утврђено је код параметара: ширина листа и величина мерена на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа. Најмањи број хомогених група је 5 и утврђен је код параметара, дужина листа и дужина петељке, по којима се тест стабла најмање међусобно разликују.

Груписањем стабала у хомогене целине по питању димензије лисне плоче (дужина и ширина), уочава се да најкрупније листове има стабло 9 (дужина 98,3 mm; ширина 80,2 mm), док најситније листове има стабло 7 (дужина 75,8 mm; ширина 62,6 mm), између ових екстрема забележени су бројни прелази. Широки распон средњих вредности дужина (75,8 – 100,7 mm) и ширина (62,6 – 81,4 mm) листова указује на велику варијабилност листова тест стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва.



Графикон 4. Дендрограм кластер анализе урађен на основу седам морфолошких карактеристика листова

У циљу утврђивања блискости, односно удаљености 14 тест стабала црне тополе урађена је кластер анализа на основу седам морфолошких карактеристика листова (графикон 4). Са дендрограма кластер анализе се може видети да се тест стабла групишу у две хомогене групе, при чему се на највећој удаљености повезују тест стабла 1 и 14, док су међусобно најближа тест стабла 2 и 12, односно 5 и 6.

7.2.2. Полиморфизам и генетичке дистанце

У циљу утврђивања генетичке структуре популације црне тополе на подручју Великог ратног острва извршена је анализа варијабилности 11 микросателитских локуса на нивоу 30 тест стабала.

Микросателитски профили анализираних тест стабла показују да ниједно од 30 тест стабала нема идентичан SSR профил. Сви анализирани локуси нису били једнако информативни, те су неки од анализираних генотипова имали на неколико локуса идентичне профиле. Анализирана тест стабла се нису могла разликовати коришћењем једног SSR локуса.

Табела 16. Ниво генетичког диверзитета унутар популације црне тополе на подручју Великог ратног острва

Локус	N	Распон дужина алела (bp)	Na	Ne	Ho	He	Fis
PMGC_14	30	198-222	9	6,818	0,900	0,853	-0,055
PMGC_2020	29	135-169	13	6,007	0,828	0,834	0,007
PMGC_2163	29	216-246	15	11,213	0,690	0,911	0,243
PMGC_2550	30	135-167	9	4,286	0,667	0,767	0,130
PMGC_2607	29	151-183	11	6,184	0,483	0,838	0,424
WPMS_9	28	239-281	12	9,739	0,571	0,897	0,363
WPMS_14	30	228-282	13	5,769	0,700	0,827	0,153
WPMS_16	30	139-160	7	4,972	0,667	0,799	0,166
WPMS_17	29	131-143	3	2,499	0,552	0,600	0,080
WPMS_18	29	222-246	9	7,509	0,828	0,867	0,045
WPMS_20	30	221-251	9	6,569	0,833	0,848	0,017
Укупно			110				
Mean	29,364		10	6,506	0,702	0,822	0,143
SE	0,203		1	0,726	0,040	0,025	0,045

Легенда: N – величина узорка; Na – број различитих алела по локусу; Ne – број ефективних алела по локусу; Ho – запажена хетерозиготност; He – очекивана хетерозиготност; F_{is} – коефицијент инбридинга.

Из табеле 16 се види да су дужине алела, који су умножени ланчаном реакцијом полимеразе и детектовани помоћу електрофорезе на аутоматском секвенатору, у распону од 131 до 282 базних парова у зависности од локуса. Анализом 11 микросателитских локуса укупно је утврђено 110 алела, просечно 10 алела по сваком локусу. Број детектованих алела (Na) по локусу креће се у распону од 3 за локус WPMS_17 до 15 за локус PMGC_2163. Ефективан број алела се мери по функцији учесталости сваког алела на посматраном локусу. У истраживаној популацији просечан број ефективних алела (Ne) по сваком локусу је 6,506 и креће се у опсегу од 2,499 за локус WPMS_17 до 11,213 за локус PMGC_2163.

Запажена и очекивана хетерозиготност су параметри који се најчешће користе за процену унутарпопулационе варијабилности. Вредности хетерозиготности се генерално крећу од нуле (не постоји хетерозиготност) до 1 (за системе са великим бројем једнако фреквентних алела). У истраживаној

популацији запажена хетерозиготност (H_o) је у просеку 0,702 и креће се у распону од 0,483 (PMGC_2607) до 0,900 (PMGC_14). Очекивана хетерозиготност (H_e) има просечну вредност 0,822 и креће се у распону од 0,600 (WPMS_17) до 0,911 (PMGC_2163). Хетерозиготност у истраживаној популацији је прилично висока што указује на велику унутарпопулациону варијабилност. Упоредивањем хетерозиготности уочава се да је запажена хетерозиготност мања од очекиване, па се може предвидети позитивна вредност F_{is} индекса ($F_{is} > 0$) (табела 16).

Табела 17. Фреквенција алела анализираних SSR локуса

SSR локус																					
PMGC_14		PMGC_2020		PMGC_2163		PMGC_2550		PMGC_2607		WPMS_9		WPMS_14		WPMS_16		WPMS_17		WPMS_18		WPMS_20	
N	30	N	29	N	29	N	30	N	29	N	28	N	30	N	30	N	29	N	29	N	30
алел	%	алел	%	алел	%	алел	%	алел	%	алел	%	алел	%	алел	%	алел	%	алел	%	алел	%
198	12	135	5	216	9	135	32	151	2	239	4	228	3	139	23	131	14	222	21	221	20
201	15	137	17	218	10	143	8	159	14	241	4	231	30	142	7	134	50	225	16	227	8
204	22	139	5	220	14	145	33	161	29	245	7	240	2	145	15	143	36	228	3	230	20
207	15	143	31	222	3	147	3	163	12	247	9	249	22	151	25			231	10	233	20
210	12	145	7	224	7	149	7	169	5	249	11	252	15	154	5			234	14	236	8
213	2	149	16	226	9	151	3	171	17	251	18	255	5	157	23			237	9	239	2
216	15	151	5	228	9	153	3	173	5	253	9	258	3	160	2			240	12	242	10
219	7	153	2	230	2	155	8	177	5	255	9	261	2					243	5	245	8
222	2	155	2	232	5	167	2	179	5	261	2	264	7					246	10	251	3
		157	2	234	3			181	3	263	9	267	3								
		159	3	236	12			183	2	279	11	270	2								
		161	3	238	10					281	9	273	5								
		169	2	240	3							282	2								
				242	2																
				246	2																

Поред релативно великог броја детектованих алела на тестираном узорку њихова учесталост појављивања на већини локуса није равномерно распоређена (табела 17). Поједини алели чине велики удео у укупној алелној варијабилности локуса. На пример алели величине 135 bp-а и 145 bp-а на локусу PMGC_2550 заједно представљају 55% алелне варијабилности локуса и забележени су у 39 случајева од могућих 60. Најмањи број алела детектован је на локусу WPMS_17, па је стога алел величине 134 bp-а забележен у 30 случајева од могућих 60 и његова учесталост је 50 %.

У табели 18 приказани су резултати тестирања сигнификантности одступања од Hardy-Weinbergove равнотеже (HWE), по сваком локусу појединачно. Ово правило важи за популације које су у генетичкој равнотежи тј. код којих учесталост алела, гена и генотипова остаје непромењена у узастопним генерацијама. Из добијених података се види да је вероватноћа добијених вредности χ^2 – квадрата (узимајући у обзир степен слободе) за локусе PMGC_14, PMGC_2020, WPMS_14, WPMS_17, WPMS_18 већа од 0,05 (P у опсегу 0,05 до 1), те резултат за овај сет локуса није статистички значајан. На основу добијених резултата прихватамо нулту хипотезу да је у популацији дошло до случајног парења. Имајући у виду да је вероватноћа добијених вредности χ^2 – квадрата (узимајући у обзир степен слободе) за локусе PMGC_2163, PMGC_2550, PMGC_2607, WPMS_9, WPMS_16, WPMS_20 мања од 0,05 (у опсегу $0 < P < 0,05$), закључујемо да је резултат за поменуте локусе статистички значајан. На основу добијених резултата одбацујемо нулту хипотезу и закључујемо да се популација не пари случајно.

С обзиром да локуси PMGC_2163, PMGC_2550, PMGC_2607, WPMS_9, WPMS_16, WPMS_20 значајно одступају од Hardy – Weinbergove равнотеже израчунат је коефицијент инбридинга (F_{is}) како би се установило просечно одступање од равнотеже унутар популације, чији је узрок међусобно укрштање - „inbreeding“.

Табела 18. Сигнификантност одступања од Hardy-Weinbergove равнотеже (HWE) по локусима

Локус	DF	ChiSq	P	Signif
PMGC_14	36	38,978	0,337	ns
PMGC_2020	78	72,246	0,662	ns
PMGC_2163	105	153,631	0,001	**
PMGC_2550	36	68,240	0,001	***
PMGC_2607	55	74,664	0,040	*
WPMS_9	66	125,751	0,000	***
WPMS_14	78	78,161	0,474	ns
WPMS_16	21	43,584	0,003	**
WPMS_17	3	4,757	0,190	ns
WPMS_18	36	25,067	0,914	ns
WPMS_20	36	58,300	0,011	*

Легенда: ns=not significant, * P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

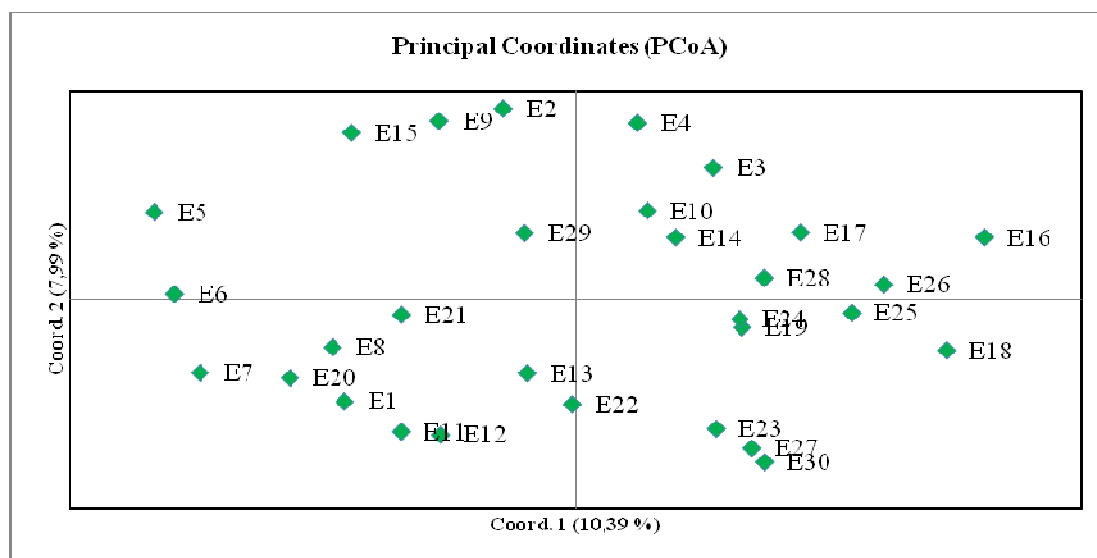
Вредности коефицијента инбридинга (F_{is}) се генерално крећу од -1 (одсуство хомозиготности) до 1 (када је хомозиготност супериорна, чему је инбридинг узрок). Ако је вредност индекса око нуле то значи да је популација у равнотежи, па је присутан процес панмиксије у популацији (Ballian, 2006). У истраживаној популацији F_{is} индекс креће се у опсегу од $-0,055$ (PMGC_14) до $0,424$ (PMGC_2607). С обзиром да средња вредност F_{is} индекса преко локуса има позитивну вредност незнатно већу од нуле ($0,143$) може се закључити да инбридинг постоји али још увек није значајно заступљен, тако да је варијабилност на унутарпопулационом нивоу и даље значајна (табела 16).

Табела 19. Генетичке дистанце између анализираних тест стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	
0																															E1
25	0																														E2
19	21	0																													E3
30	21	27	0																												E4
20	20	22	30	0																											E5
15	23	22	32	21	0																										E6
21	20	24	30	13	21	0																									E7
23	23	23	27	18	23	12	0																								E8
27	20	20	27	22	26	21	20	0																							E9
20	19	17	25	19	21	22	19	22	0																						E10
25	28	28	31	26	28	20	22	23	27	0																					E11
17	23	22	30	20	23	13	15	24	20	21	0																				E12
23	26	24	27	24	25	20	19	25	23	20	21	0																			E13
24	20	21	24	22	27	18	13	18	16	21	17	20	0																		E14
24	19	22	27	13	27	16	19	18	21	28	23	27	16	0																	E15
26	26	16	29	28	29	26	24	27	17	28	23	23	12	26	0																E16
26	23	15	32	24	27	24	24	23	22	28	22	23	21	23	17	0															E17
27	25	22	32	27	33	27	27	27	23	29	21	27	24	29	24	20	0														E18
21	18	20	25	20	26	18	18	25	14	24	18	21	16	18	18	22	19	0													E19
18	22	23	31	17	20	17	19	26	20	22	18	24	24	23	26	25	28	20	0												E20
22	19	21	30	18	19	15	21	25	20	19	21	23	19	22	22	20	26	19	15	0											E21
20	25	22	27	21	25	18	20	24	22	23	20	22	20	23	22	20	24	20	21	19	0										E22
21	23	22	25	27	29	19	20	26	21	24	20	22	19	23	24	27	22	17	21	26	19	0									E23
25	22	24	29	24	27	21	24	26	20	24	22	17	18	24	20	23	27	16	27	20	20	24	0								E24
22	20	18	28	22	28	22	23	25	20	26	21	26	18	23	18	18	18	13	23	16	20	19	17	0							E25
26	23	19	29	26	26	24	24	24	17	26	23	23	19	24	16	21	21	19	20	22	22	22	19	21	0						E26
22	26	25	32	24	27	19	21	28	22	24	20	24	20	25	20	21	26	14	23	18	18	21	17	13	18	0					E27
23	18	20	25	23	26	22	24	22	18	22	20	23	18	22	18	22	22	17	16	20	23	17	20	19	12	19	0				E28
22	19	19	25	17	23	13	15	18	18	24	18	20	15	17	17	22	26	16	22	18	19	20	18	15	19	21	17	0			E29
23	27	26	28	31	29	22	19	26	23	28	20	26	22	26	26	26	20	19	26	28	20	14	27	23	22	23	22	22	0		E30

У табели 19 приказане су генетичке дистанце између анализираних тест стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва. Резултати анализе показују да је најмања генетичка дистанца (12) утврђена између тест стабала E7 и E8, E14 и E16, E26 и E28. Највећа генетичка дистанца (32) је утврђена између тест стабала E4 и E6, E4 и E17, E4 и E18, E4 и E27. Велике генетичке дистанце (31, 30) су констатоване и између тест стабала E4 и E11, E4 и E20, E5 и E30, E1 и E4, E4 и E5, E4 и E7, E4 и E12, E4 и E21. С друге стране релативно мале генетичке дистанце (13) су констатоване између тест стабала E5 и E7, E5 и E15, E7 и E12, E8 и E14, E7 и E29, E19 и E25, E26 и E27.

На основу генетичких дистанци између анализираних тест стабала урађена је PCoA анализа (Principal Coordinates Analysis). Резултати PCoA анализе приказани на графикону 5 показују да прва оса даје 10,39%, а друга оса 7,99% варијација. На основу прве две осе, које дају 18,39% укупних варијација, може се закључити да су анализирана тест стабла јасно диференцирана. Анализирана тест стабла немају тенденцију груписања што указује на значајне генетичке дистанце између тест стабала истраживане популације.



Графикон 5. PCoA анализа базирана на генетичким дистанцама између тест стабала

Добијени резултати на нивоу популације црне тополе на подручју Великог ратног острва указују на стабилну структуру ове популације у којој је присутан задовољавајући степен генетичке варијабилности.

7.3. Стратегија конзервације и усмереног коришћења генофонда црне тополе на подручју Великог ратног острва

Резултати спроведених истраживања на подручју Великог ратног острва показују да опстанак црне тополе на овом локалитету без одређених интервенција није одржив, па је неопходно предузети додатне активности које ће допринети опстанку и трајности посматране популације.

На основу прикупљених података о распрострањењу, величини, стању и генетичком диверзитету популације црне тополе, као и на основу расположивог знања о биоеколошким карактеристикама, гајењу и газдовању овом врстом дефинисана је стратегија конзервације и усмереног коришћења постојећег генофонда, која представља стратешки приступ очувању и унапређењу виталности популације црне тополе на подручју Великог ратног острва.

7.4. Мере *in situ* конзервације

У циљу дугорочног очувања еколошке адаптивбилности и еволуционог потенцијала црне тополе на подручју Великог ратног острва формирана је мрежа *in situ* конзервационих станишта (слика 22), која ће послужити за одржавање постојећег стања и могуће генетско унапређење ове специфичне популације. На овај начин могуће је спречити даљу генетску деградацију у природној популацији црне тополе на овом подручју.

Мрежом *in situ* конзервационих станишта обухваћена су најбоља стабла и очуване састојине црне тополе које представљају изворе оригиналних гена. Конзервациона станишта су распоређена тако да покривају просторне генетичке варијације и укључују велики број генотипова у којима је присутна већина заједничких алела. Укупно је издвојено три конзервациона станишта, којима су додељене словне ознаке А, В и С.



Слика 22. Мрежа *in situ* конзервационих станишта црне тополе (*Populus nigra* L.) на подручју Великог ратног острва

Површина конзервационог станишта А износи 27 ха и 90 аг и обухвата 391 појединачно стабло и 6 група стабала црне тополе у оквиру којих се налази 64 стабла, укупно 455 стабала. Посматрајући у смеру тока Дунава ово конзервационо станиште се десном страном наслања на шуме беле врбе које расту на обалама рукавца Дунава, док се левом страном наслања на чистину у средишњем делу острва. Чеоне стране овог конзервационог станишта граниче се са обрадивим површинама односно са рукавцем Дунава.

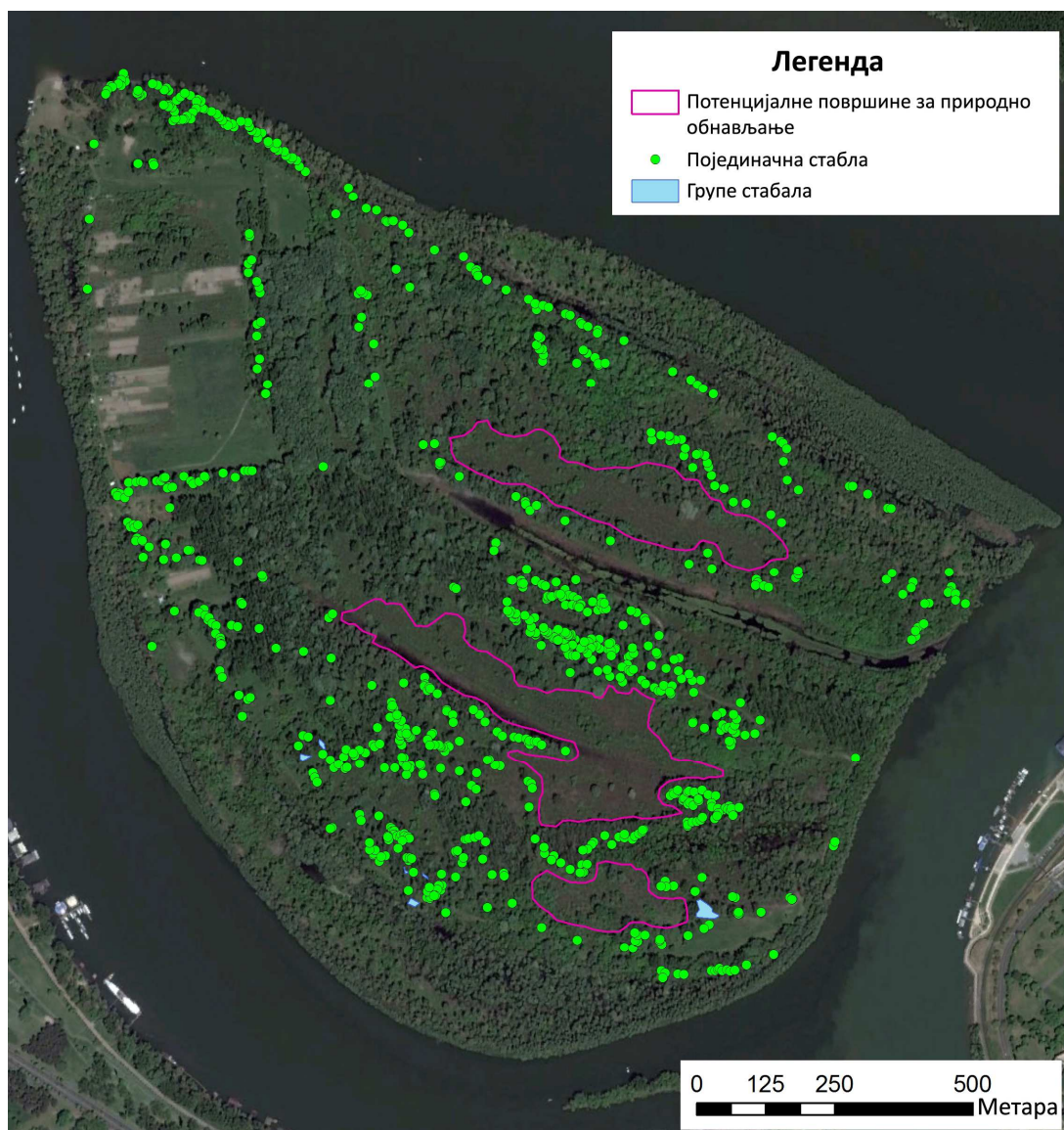
Конзервационо станиште В распростире се на површини од 7 ha и 84 ag и обухвата 192 појединачна стабла црне тополе. Посматрајућу у смеру тока Дунава конзервационо станиште В се десном страном наслања на чистину у средишњем делу острва, док се његова лева страна наслања на канал Галијаш. У непосредној близини овог конзервационог станишта налазе се мање површине засада еурамеричких топола, које представљају потенцијалну опасност по природне популације црне тополе због генетичке интрогресије.

Конзервационо станиште С распростире се на површини од 21 ha и 25 ag и обухвата 260 појединачних стабала црне тополе. Посматрајућу у смеру тока Дунава десна страна овог конзервационог станишта се наслања на канал Галијаш, док се левом страном наслања на шуме беле врбе које расту на обалама Дунава. Ово конзервационо станиште се протеже целом својом дужином десном обалом Дунава и обухвата црне тополе у близини купалишта Лида.

Мрежа *in situ* конзервационих станишта представља репрезентативан приказ генетичког потенцијала црне тополе у овом заштићеном подручју. Сва конзервациона станишта су обележена и видљива, и у наредном периоду потребно их је обележити таблама са истицањем информација о њиховом значају за заштиту животне средине и очување биодиверзитета.

У конзервационим стаништима није забележена појава природног подмладка, због отежаног природног обнављања црне тополе под застором старе састојине. Из тих разлога у непосредној близини конзервационих станишта идентификоване су нове потенцијалне површине погодне за природно подмлађивање. Њихова укупна површина износи 16 ha и 50 ag и окружене су репродуктивно зрелим стаблима црне тополе, тако да семе дисперзијом може бити пренето до њих.

Картографски приказ потенцијалних површина за природно обнављање црне тополе на подручју Великог ратног острва приказан је на слици 23.



Слика 23. Картографски приказ потенцијалних површина за природно обнављање црне тополе на Великом ратном острву

Потенцијалне површине за природно подмлађивање представљају природна станишта црне тополе која су због изостанка људских интервенција густо обрасла багрцем и другим инвазивним дрвенастим и жбунастим врстама (слика 24). У циљу привођења ових површина функцији природног обнављања неопходно је да се на њима уклони непожељна жбунаста и коровска вегетација и изврши дубоко орање како би се непожељној вегетацији уништио коренов систем.



Слика 24. Потенцијалне површине за природно обнављање на Великом ратном острву

Идентификацијом потенцијалних површина за природно обнављање и уклањањем непожељне вегетације није осигуран процес природног подмлађивања, јер су за обнављање црне тополе неопходни специфични услови. Ови специфични услови подразумевају да у време зрелости семена, на подмладним површинама постоје идеални услови за природно подмлађивање који подразумевају голо земљиште на којима су свежи наноси песка и шљунка, осветљена места и висок ниво подземне воде. Осим тога неопходно је да се клијавци добро укорене и стабилизује на подмладним површинама, пре него што наиђе нови талас воде који ће уништити младе биљчице. Како одржавање ових површина представља доста скупу операцију, а ефекат природног обнављања је неизвестан конзервација генофонда је осигурана методама *ex situ*.

7.5. Мере *ex situ* конзервације

Ex situ конзервација црне тополе спроведена је оснивањем:

- клонског архива у расаднику Мишљеновац;
- клонског теста потомства у расаднику Мишљеновац и
- пољске банке гена на подручју Великог ратног острва.

7.5.1. Клонски архив у расаднику Мишљеновац

Основани клонски архив у расаднику Мишљеновац ЈП „Србијашуме“ представља основу за очување дела генофонда црне тополе на подручју Великог ратног острва и контролисану производњу квалификованог репродуктивног материјала (слика 25).



Слика 25. Клонски архив црне тополе у расаднику Мишљеновац ЈП „Србијашуме“

Репродуктивни материјал из клонског архива послужио је за оснивање теста потомства у истом расаднику.

7.5.2. Клонски тест потомства у расаднику Мишљеновац

Основани клонски тест потомства у расаднику Мишљеновац ЈП „Србијашуме“ послужио је за процену генетског потенцијала селекционисаних материнских стабала (ортета) кроз њихово потомство (рамете) добијено вегетативним путем (слика 26).



Слика 26. Клонски тест потомства у расаднику Мишљеновац ЈП „Србијашуме“

За подизање теста потомства изабран је расадник који се бави производњом шумског садног материјала топола, и има одговарајућу инфраструктурну опремљеност и механизацију за обављање овог типа производње.

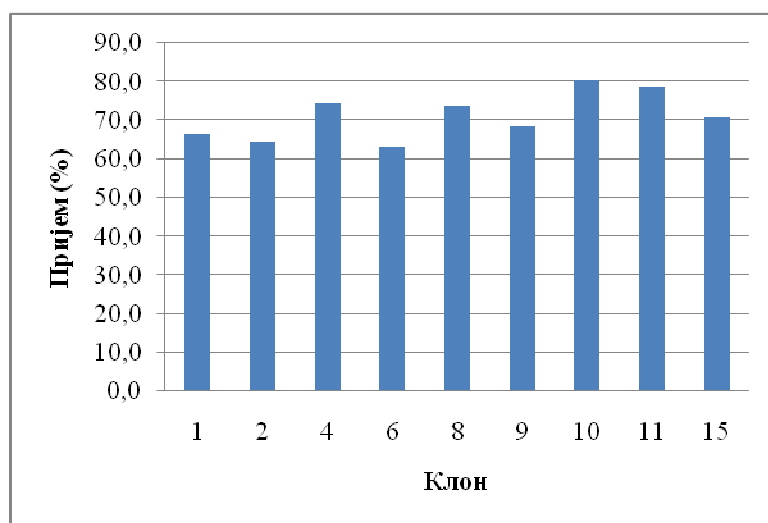
У основном тесту потомства извршена је процена генетског потенцијала тест стабала, при чему су анализирани пријем резница и преживљавање садница, као и висина и пречник садница на крају првог вегетационог периода.

7.5.2.1. Варијабилност пријема резница

У циљу анализе пријема резница у тесту потомства, месец дана након пикирања, извршено је пребројавање ожиљених резница и евидентирање пријема за сваки клон. У табели 20 и на графикону 6 дат је приказ процената пријема резница по клоновима.

Табела 20. Проценат пријема резница

Клон	Пријем (%)
1	66,7
2	64,5
4	74,3
6	63,2
8	73,7
9	68,5
10	80,4
11	78,7
15	70,8
Просек	71,6



Графикон 6. Варијабилност процента пријема резница

На основу приказаних резултата може се констатовати да је успех пријема резница задовољавајући посебно ако се има у виду да резнице потичу од садница из клонског архива, који је основан од избојака сакупљених у природној састојини црне тополе. Пријем резница кретао се у опсегу од 63,2% код клона број 6 до 80,4% код клона број 10 (просек 71,6%). Нешто већи проценат пријема утврђен је

код клонова број 4, 8 и 11, док је мањи проценат пријема утврђен код клонова број 1, 2, 9 и 15.

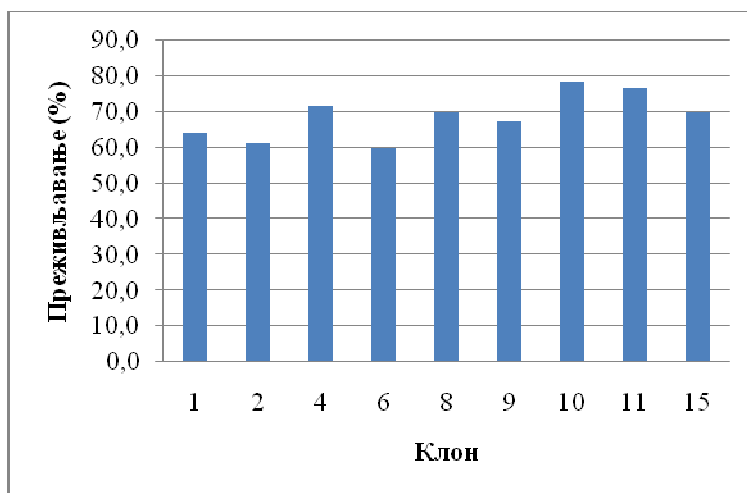
7.5.2.2. Варијабилност преживљавања једногодишњих садница

На крају вегетационог периода извршено је пребројавање садница у циљу евидентирања садница које су преживеле. Из односа броја пикираних резница и броја преживелих садница утврђен је проценат преживљавања једногодишњих садница различитих клонова црне тополе.

У табели 21 и на графикону 7 дат је приказ процента преживљавања једногодишњих садница по клоновима.

Табела 21. Проценат преживљавања једногодишњих садница

Клон	Преживљавање (%)
1	64,0
2	61,3
4	71,6
6	60,0
8	69,9
9	67,4
10	78,4
11	76,9
15	70,0
Просек	69,1



Графикон 7. Варијабилност процента преживљавања једногодишњих садница

На основу добијених резултата може се констатовати задовољавајући успех преживљавања једногодишњих садница, који се кретао у опсегу од 60,0% код клона број 6 до 78,4% код клона број 10 (просек 69,1%). Нешто већи проценат преживљавања забележен је код клонова број 4, 8, 11 и 15, док је мањи проценат преживљавања забележен код клонова број 1, 2 и 9.

Сумирањем резултата процената пријема резница и преживљавања садница на нивоу 9 различитих клонова може се констатовати да је успех подизања теста потомства са овог аспекта успешан.

7.5.2.3. Варијабилност морфолошких карактеристика једногодишњих садница

У старости 1/1 извршено је мерење морфолошких карактеристика садница црне тополе у тесту потомства. Упоредна анализа једногодишњих садница црне тополе на нивоу 9 клонова обављена је на крају вегетационог периода, у октобру 2014. године. Мерени су пречник у кореновом врату и висина надземног дела садница. Основни статистички параметри (пречник у кореновом врату, висина надземног дела, однос висина/пречник у кореновом врату) морфолошких карактеристика једногодишњих садница на нивоу 9 клонова, приказани су у табели 22.

Табела 22. Морфолошка својстава једногодишњих садница црне тополе на нивоу теста потомства

Пречник у кореновом врату (mm)						
Клон	Средња вредност	Min	Max	Опсег	Стандардна девијација	Коефицијент варијације (%)
1	20,28 ^{ab}	13,07	28,13	15,06	3,48	17,15
2	16,68 ^d	7,58	25,87	18,29	4,55	27,30
4	20,50 ^{ab}	9,40	28,39	18,99	4,77	23,29
6	19,34 ^b	10,08	25,03	14,95	3,86	19,97
8	21,60 ^{abc}	14,23	30,45	16,22	3,87	17,92
9	21,56 ^{abc}	11,84	30,48	18,64	4,11	19,05
10	22,63 ^{ac}	16,60	29,65	13,05	3,25	14,37
11	22,66 ^{ac}	14,17	30,00	15,83	3,78	16,70
15	23,81 ^c	14,68	29,18	14,50	3,26	13,70
Висина надземног дела (cm)						
Клон	Средња вредност	Min	Max	Опсег	Стандардна девијација	Коефицијент варијације (%)
1	257,56 ^a	155	345	190	39,00	15,14
2	209,72 ^c	86	325	239	64,98	30,98
4	242,94 ^a	113	345	232	58,77	24,19
6	238,18 ^{ac}	129	312	183	45,16	18,96
8	239,58 ^a	159	361	202	42,67	17,81
9	263,58 ^{ad}	151	333	182	43,50	16,50
10	299,02 ^b	189	364	175	46,57	15,58
11	292,50 ^{bd}	161	388	227	49,40	16,89
15	318,92 ^b	226	413	187	35,90	11,26
Висина/Пречник у кореновом врату						
Клон	Средња вредност	Min	Max	Опсег	Стандардна девијација	Коефицијент варијације (%)
1	12,78 ^{acd}	10,34	15,04	4,70	1,03	8,09
2	12,47 ^{abc}	10,03	14,72	4,69	1,26	10,07
4	11,90 ^{be}	8,80	14,72	5,92	1,33	11,20
6	12,38 ^{ab}	10,23	14,30	4,08	0,98	7,95
8	11,14 ^e	9,33	12,87	3,54	0,98	8,80
9	12,34 ^{ab}	8,62	14,97	6,35	1,26	10,21
10	13,23 ^{cd}	10,65	16,07	5,42	1,16	8,78
11	12,97 ^{acd}	10,38	15,80	5,42	1,41	10,85
15	13,54 ^d	10,80	19,82	9,02	1,63	12,01

* мала слова у суперскрипту средњих вредности означавају резултате post hoc Tukey HSD теста за ниво значајности ($p \leq 0,05$)

Из табела 22 се види да се:

- пречник у кореновом врату креће у опсегу од 7,58 до 30,48 mm. Највећа средња вредност пречника у кореновом врату забележена је код садница клона број 15 (23,81 mm), док је најмања средња вредност пречника у кореновом врату забележена код садница клона број 2 (16,68 mm);
- висина надземног дела креће у опсегу од 86 до 413 cm. Највећа средња вредност висина утврђена је код садница клона број 15 (318,92 cm), а најмања средња вредност висина је утврђена код садница клона број 2 (209,72 cm);
- однос висина/пречник у кореновом врату креће у распону од 8,62 до 19,82. Највећа средња вредност овог односа забележена је код садница клона број 15 (13,54), а најмања средња вредност је забележена код садница клона број 8 (11,14).

Упоређујући добијене резултате може се закључити да саднице клонова 15, 10 и 11 показују највеће средње вредности за посматрана обележја, док саднице клонова 2 и 6 показују најмање средње вредности.

Анализирањем стандардне девијације (табела 22) која представља просечно одступање вредности обележја од његове средње вредности изражено у јединицама мере у којима је изражено и обележје које се посматра, може се закључити да је:

- за обележје пречник у кореновом врату најхомогенији клон број 10 (3,25), а најхетерогенији клон број 4 (4,77);
- за обележје висина надземног дела најхомогенији клон број 15 (35,90), а најхетерогенији клон број 2 (64,98);
- за обележје однос висина/пречник у кореновом врату најхомогенији клонови број 6 и 8 (0,98), а најхетерогенији клон број 15 (1,63).

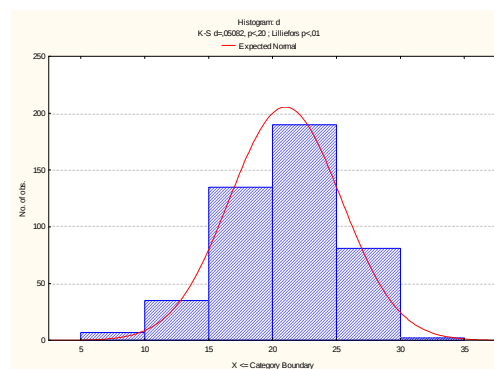
Када се посматрају вредности стандардне девијације за посматрана обележја највећа хомогеност је констатована код садница клонова 15 и 10, а најмања код садница клонова 2 и 4.

Према вредностима коефицијента варијације (табела 22) који представља релативну меру варијације код клонова број 1, 6, 8, 9 и 15 највећу варијабилност показује својство пречник у кореновом врату, док код клонова број 2, 4, 10 и 11 највећу варијабилност показује својство висина надземног дела. Најмању варијабилност код свих клонова показује однос висина/пречник у кореновом врату, осим код клона број 15 где својство висина показује најмању варијабилност.

У циљу утврђивања расподеле једногодишњих садница свих 9 клонова израчуната је фреквенција за оба измерена (пречник у кореновом врату и висина надземног дела) и једно изведено (однос висине и пречника у кореновом врату) својство садница.

Табела 23. Фреквенција садница за својство пречник у кореновом врату

	Број понављања	Збир	Број понављања (%)	Збир (%)
$5,00 < x \leq 10,00$	7	7	1,56	1,56
$10,00 < x \leq 15,00$	35	42	7,78	9,33
$15,00 < x \leq 20,00$	135	177	30,00	39,33
$20,00 < x \leq 25,00$	190	367	42,22	81,56
$25,00 < x \leq 30,00$	81	448	18,00	99,56
$30,00 < x \leq 35,00$	2	450	0,44	100,00

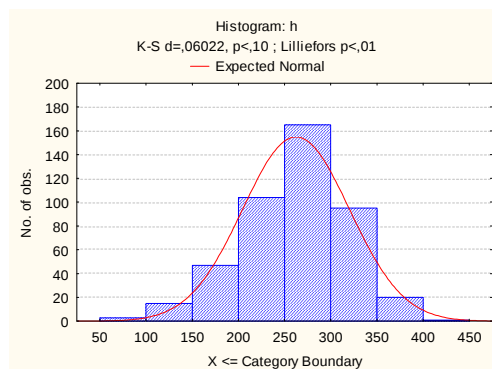


Графикон 8. Фреквенција садница за својство пречник у кореновом врату

Расподела једногодишњих садница за својство пречник у кореновом врату је приближно равномерна. Саднице су разврстане у 6 група. Највећи број садница (190 садница или 42,22% од укупног броја садница) је у групи која има пречник у кореновом врату од 20 – 25 mm, док је најмањи број садница (2 саднице или 0,44%) у групи са пречником у кореновом врату од 30 – 35 mm (табела 23, графикон 8).

Табела 24. Фреквенција садница за својство висина надземног дела

	Број понављања	Збир	Број понављања (%)	Збир (%)
50<x<=100	3	3	0,67	0,67
100<x<=150	15	18	3,33	4,00
150<x<=200	47	65	10,44	14,44
200<x<=250	104	169	23,11	37,56
250<x<=300	165	334	36,67	74,22
300<x<=350	95	429	21,11	95,33
350<x<=400	20	449	4,44	99,78
400<x<=450	1	450	0,22	100,00

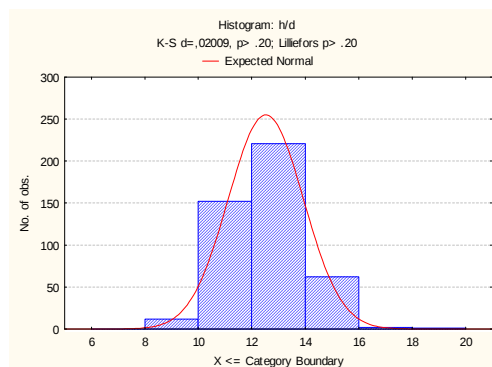


Графикон 9. Фреквенција садница за својство висина надземног дела

Расподела једногодишњих садница по висини надземног дела је приближно нормална. Саднице су распоређене у 8 група. Највећи број садница (165 садница или 36,67%) је у групи која има висину надземног дела од 250 до 300 cm, док је најмањи број садница (1 садница или 0,22%) у групи са висином надземног дела од 400 до 450 cm (табела 24, графикон 9).

Табела 25. Фреквенција садница за својство однос висина/пречник у кореновом врату

	Број понављања	Збир	Број понављања (%)	Збир (%)
8,00<x<=10,00	12	12	2,67	2,67
10,00<x<=12,00	152	164	33,78	36,44
12,00<x<=14,00	221	385	49,11	85,56
14,00<x<=16,00	62	447	13,78	99,33
16,00<x<=18,00	2	449	0,44	99,78
18,00<x<=20,00	1	450	0,22	100,00



Графикон 10. Фреквенција садница за својство однос висина/пречник у кореновом врату

Када се анализира расподела једногодишњих садница према односу висина/пречник у кореновом врату расподела је приближно равномерна и саднице се разврставају у 6 група. Највећи број садница (221 садница или 49,11%) има

однос висина/пречник у кореновом врату од 12 до 14, док најмањи број садница (1 садница или 0,22%) има овај однос од 18 до 20 (табела 25, графикон 10).

У циљу утврђивања постојања статистички значајних разлика урађена је анализа варијансе за морфолошке карактеристике једногодишњих садница црне тополе (табела 26). Резултати теста једнофакторијалне анализе варијансе показују да су добијене разлике између средњих вредности анализираних морфолошких својстава једногодишњих садница 9 клонова на нивоу теста потомства статистички значајне ($p\text{-value} < 0,05$). Варијабилност посматраних параметара последица је утицаја генотипова, а не случајности, односно варијабилност између клонова већа је од варијабилности садница унутар једног клона.

Табела 26. Анализа варијансе за морфолошке карактеристике једногодишњих садница

Пречник у кореновом врату	Сума квадрата	Степени слободe	Средина квадрата	F-однос	p-вредност
Између група	1.809,06	8	226,13	14,76	0,0000
Унутар група	6.757,67	441	15,32		
Укупно	8.566,72	449			
Висина надземног дела	Сума квадрата	Степени слободe	Средина квадрата	F-однос	p-вредност
Између група	486.378,99	8	60.797,37	26,25	0,0000
Унутар група	1.021.558,12	441	2.316,46		
Укупно	1.507.937,11	449			
Висина/Пречник у кореновом врату	Сума квадрата	Степени слободe	Средина квадрата	F-однос	p-вредност
Између група	207,81	8	25,98	16,81	0,0000
Унутар група	681,66	441	1,55		
Укупно	889,48	449			

Добијене разлике F–количника теста анализе варијансе (табела 26) показују да између стабала истраживане популације постоји варијабилност морфолошких карактеристика једногодишњих садница. Највеће диференцирање је у висини садница 26,25, затим за однос висина/пречник у кореновом врату 16,81, док је најмања разлика утврђена код својства пречник у кореновом врату 14,76.

Tukey HSD тестом хомогености (табела 22) су приказане сличности односно разлике клонова групишући клонове сличних карактеристика у исту

хомогену групу посебно за сваки анализиран параметар. Груписање клонова у 4 хомогене групе је утврђено код параметара пречник у кореновом врату и висина надземног дела, док је код параметра однос висина/пречник у кореновом врату утврђено 5 хомогених група.

У циљу утврђивања зависности између пречника у кореновом врату и висине надземног дела, пречника у кореновом врату и односа висина/пречник у кореновом врату, висине надземног дела и односа висина/пречник у кореновом врату једногодишњих садница, урађена је регресиона и корелациона анализа (табела 27).

Регресионом анализом показана је природа зависности између две варијабле, која је изражена једначином праве $y=a+bx$, где је y – зависна варијабла, x – независна варијабла, a – одсечак на y – оси, b – нагиб праве.

Корелационом анализом показан је степен линеарне зависности између две варијабле (r - Пирсонов коефицијент корелације) и који део варијације у зависној варијабли (y) потиче од варијације у независној варијабли (x) (r^2 - коефицијент детерминације).

Коефицијент корелације се креће у опсегу од -1 до 1. Када је вредност близу -1 или 1 то значи да између променљивих x и y постоји јака линеарна зависност и да регресиона једначина може да се користи за предвиђање са великом поузданошћу. С друге стране, коефицијент корелације близу нуле говори да између променљивих постоји слаба линеарна зависност и коришћење регресионе једначине за предвиђање вредности y није од велике користи. Вредност коефицијента детерминације се креће од 0 (између варијабли x и y нема линеарне зависности) до 1 (између варијабли x и y постоји апсолутна линеарна зависност).

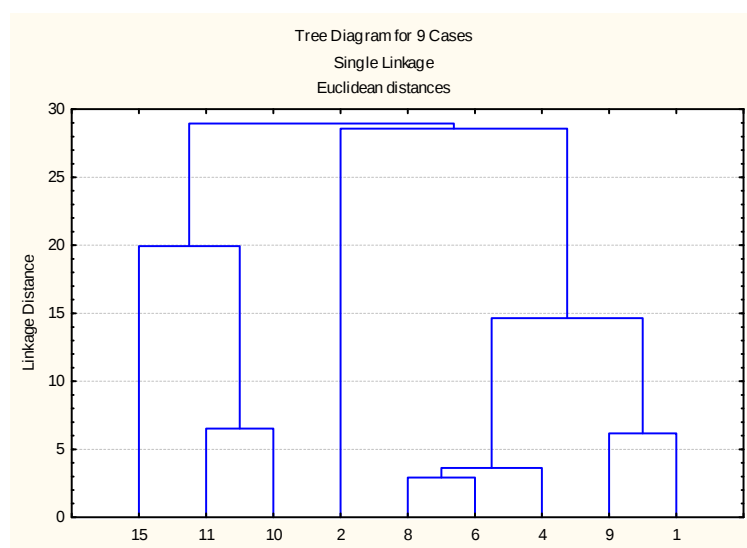
Табела 27. Регресиона и корелациона анализа за мерена и изведено својство једногодишњих садница

Пречник у кореновом врату x висина надземног дела						
Клон	r	r ²	p	N	Константа (одсечак на у-оси)	Нагиб праве
1	0,8722	0,7608	0,0000	50	59,2142	9,7801
2	0,9473	0,8974	0,0000	50	-15,7535	13,5213
4	0,8709	0,7585	0,0000	50	23,1547	10,7188
6	0,9150	0,8373	0,0000	50	31,2371	10,7030
8	0,8862	0,7853	0,0000	50	28,5546	9,7719
9	0,8345	0,6963	0,0000	50	73,0335	8,8371
10	0,8325	0,6930	0,0000	50	29,1433	11,9254
11	0,7785	0,6060	0,0000	50	62,3087	10,1597
15	0,6386	0,4077	0,0000	50	151,5728	7,0299
Пречник у кореновом врату x висина/пречник у кореновом врату						
Клон	r	r ²	p	N	Константа (одсечак на у-оси)	Нагиб праве
1	-0,4400	0,1936	0,0014	50	15,4290	-0,1308
2	0,3212	0,1032	0,0229	50	10,9919	0,0886
4	-0,1764	0,0311	0,2203	50	12,9118	-0,0493
6	-0,3019	0,0911	0,0331	50	13,8639	-0,0769
8	-0,2472	0,0611	0,0835	50	12,4893	-0,0626
9	-0,4773	0,2278	0,0005	50	15,4907	-0,1463
10	-0,0808	0,0065	0,5771	50	13,8794	-0,0289
11	-0,2595	0,0673	0,0688	50	15,1558	-0,0965
15	-0,6471	0,4188	0,0000	50	21,2210	-0,3227
Висина надземног дела x висина/пречник у кореновом врату						
Клон	r	r ²	p	N	Константа (одсечак на у-оси)	Нагиб праве
1	0,0452	0,0020	0,7554	50	12,4677	0,0012
2	0,5990	0,3588	0,0000	50	10,0423	0,0116
4	0,3206	0,1028	0,0232	50	10,1349	0,0073
6	0,1007	0,0101	0,4863	50	11,8540	0,0022
8	0,2225	0,0495	0,1204	50	9,9118	0,0051
9	0,0792	0,0063	0,5846	50	11,7322	0,0023
10	0,4772	0,2277	0,0005	50	9,6680	0,0119
11	0,3954	0,1563	0,0045	50	9,6744	0,0113
15	0,1521	0,0231	0,2918	50	11,3413	0,0069

На основу вредности Пирсоновог коефицијента корелације (r) (табела 27) може се закључити:

- да су својства пречник у кореновом врату и висина надземног дела код свих анализираних клонова у позитивној линеарној корелацији, што значи да се код свих клонова висина садница линеарно повећава са повећањем пречника садница. Најјача корелација је утврђена код клона број 2 ($r = 0,9473$), код кога је 89,74% ($r^2 = 0,8974$) варијабилности висина објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату, а најслабија код клона број 15 ($r = 0,6386$), код кога је 40,77% ($r^2 = 0,4077$) варијабилности висина објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату;
- да су својства пречник у кореновом врату и однос висина/пречник у кореновом врату код свих анализираних клонова у негативној линеарној корелацији, изузев клона број 2 код кога је утврђена позитивна линеарна корелација, што значи да се код свих клонова, осим код клона број 2 код кога је обрнуто, однос висина/пречник у кореновом врату линеарно смањује са повећањем пречника у кореновом врату садница. Најјача корелација је утврђена код клона број 15 ($r = -0,6471$), код кога је 41,88% ($r^2 = 0,4188$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату, а најслабија код клона број 10 ($r = -0,0808$), код кога је 0,65% ($r^2 = 0,0065$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату;
- да су својства висина надземног дела и однос висина/пречник у кореновом врату код свих анализираних клонова у позитивној линеарној корелацији, што значи да се код свих клонова однос висина/пречник у кореновом врату линеарно повећава са повећањем висине садница. Најјача корелација је утврђена код клона број 2 ($r = 0,5990$), код кога је 35,88% ($r^2 = 0,3588$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу висина, а најслабија код клона број 1 ($r = 0,0452$), код кога је 0,20% ($r^2 = 0,0020$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу висина.

У циљу утврђивања блискости, односно удаљености 9 клонова црне тополе урађена је кластер анализа на основу пречника у кореновом врату, висине и односа висина/пречник у кореновом врату једногодишњих садница (графикон 11). Са дендрограма кластер анализе се може видети да се на највећој удаљености повезују клонови број 1 и 15, док су међусобно најближи клонови број 6 и 8. Сви клонови се групишу у две хомогене групе, при чему се клон број 2 повезује на највећој удаљености са осталим клоновима. Добијени резултати су у складу са очекивањима с обзиром да су тест стабала која се групишу у исте хомогене групе (стабла 10, 11 и 15 односно 4, 6 и 8) просторно најближа једна другима.



Графикон 11. Дендрограм кластер анализа за мерена и изведено својство једногодишњих садница

7.5.3. Пољска банка гена на подручју Великог ратног острва

Од једногодишњих садница из теста потомства основана је пољска банка гена на подручју Великог ратног острва (слика 27). За оснивање пољске банке гена изабрана је локација у непосредној близини плаже Лидо у газдинској јединици Велико ратно острво, одељење 1, чистина 1 (слика 28). Одабрана површина је равна, на надморској висини од 73 m, што представља идеалне услове за развој садница црне тополе. Пре обављања садње на одабраној површини извршено је уклањање жбунасте и коровске вегетације (слика 29).



Слика 27. Пољска банка гена на подручју Великог ратног острва



Слика 28. Положај пољске банке гена на Великом ратном острву



Слика 29. Изглед површине пре и након обављене садње

Пољска банка гена је подигнута по принципу метапопулационе структуре, чиме се обезбеђује генетичка разноврсност, већа стабилност, боља адаптивност на еколошке услове (Тисовић *et al.*, 1991). У пољску банку гена је посађено 802 једногодишње саднице, на површини од 0,80 ha. Састоји се од два блока у које је уграђен једнак број садница. У сваком блоку се налази свих 9 клонова, који су заступљени са по 25 садница, укупно по 50 садница сваког клона (шема 1).

У основаној пољској банци гена извршено је тестирање ген-еколошког потенцијала уграђених клонова, при чему су анализирани пријем и преживљавање садница, као и висина и пречник садница на крају првог вегетационог периода по пресадњи.

БЛОК I	8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9																																							
	8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7																																							
	7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7																																							
	5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6																																							
	2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 8 1 2 3 4																																							
	7 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1																																							
	6 5 4 3 2 1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 9 8 7 6 5 8																																							
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4																																							
БЛОК II	ПУТ																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	8	9	1	2	3	4	5	6								
				7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1						
					2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4						
						5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7					
							8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2			
								3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	
									8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3
										4	5	6	7	8	9																									

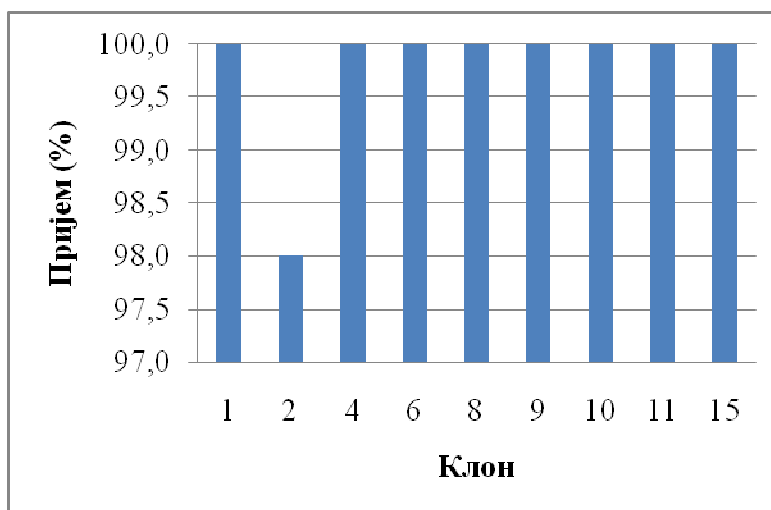
Шема 1. Распоред садница по блоковима у польској банци гена на Великом ратном острву

7.5.3.1. Варијабилност пријема садница

У циљу анализе пријема једногодишњих садница у пољској банци гена, почетком маја 2015. године, извршено је пребројавање примљених садница у блоковима и евидентирање пријема за сваки клон. У табели 28 и на графикону 12 дат је приказ процената пријема садница по клоновима.

Табела 28. Проценат пријема садница

Клон	Пријем (%)
1	100,0
2	98,0
4	100,0
6	100,0
8	100,0
9	100,0
10	100,0
11	100,0
15	100,0
Просек	99,8



Графикон 12. Варијабилност процента пријема садница

На основу приказаних резултата може се констатовати одличан успех пријема једногодишњих садница након њихове пресадње у пољску банку гена. Код свих клонова (1, 4, 6, 8, 9, 10, 11 и 15) пријем је био 100%, изузев код клона број 2, где је пријем био 98%.

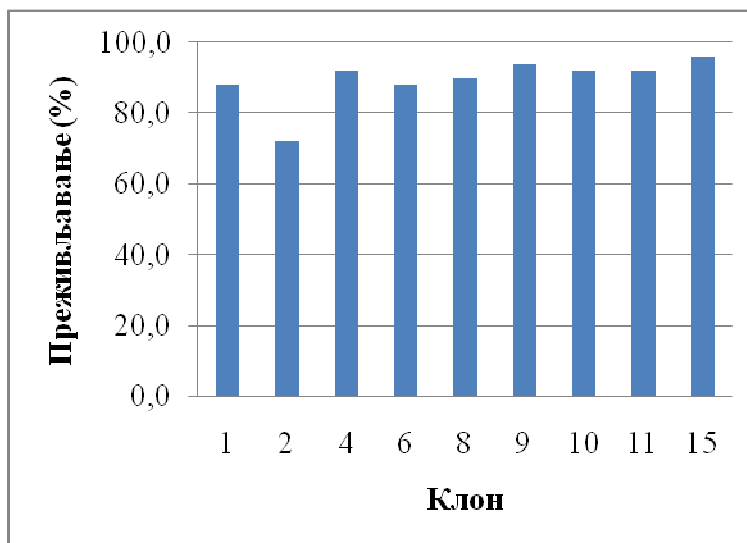
7.5.3.2. Варијабилност преживљавања двогодишњих садница

У септембру 2015. године извршено је пребројавање садница у циљу евидентирања садница које су преживеле. Из односа броја посађених садница и броја преживелих садница утврђен је проценат преживљавања двогодишњих садница у пољској банци гена.

У табели 29 и на графикону 13 дат је проценат преживљавања двогодишњих садница у пољској банци гена.

Табела 29. Проценат преживљавања двогодишњих садница

Клон	Преживљавање (%)
1	88,0
2	72,0
4	92,0
6	88,0
8	90,0
9	94,0
10	92,0
11	92,0
15	96,0
Просек	89,3



Графикон 13. Варијабилност процента преживљавања двогодишњих садница

На основу добијених резултата може се констатовати задовољавајући успех преживљавања двогодишњих садница у пољској банци гена, који се кретао у опсегу од 72% код клона број 2 до 96% код клона број 15 (просек 89,3%). Проценат преживљавања изнад 90% забележен је код клонова број 4, 8, 9, 10, 11 и 15, а испод 90% код клонова број 1, 2 и 6.

Сумирањем резултата процената пријема и преживљавања садница у пољској банци гена на нивоу 9 различитих клонова може се констатовати да је успех подизања пољске банке гена са овог аспекта успешан.

7.5.3.3. Варијабилност морфолошких карактеристика двогодишњих садница

У старости 2/2 у септембру 2015. године извршено је мерење морфолошких карактеристика садница црне тополе у пољској банци гена на Великом ратном острву. Мерени су пречник у кореновом врату и висина надземног дела садница. Основни статистички параметри (пречник у кореновом врату, висина надземног дела, однос висина/пречник у кореновом врату) морфолошких карактеристика двогодишњих садница на нивоу 9 клонова, приказани су у табели 30.

Табела 30. Морфолошка својстава двогодишњих садница црне тополе на нивоу пољске банке гена

Пречник у кореновом врату (mm)						
Клон	Средња вредност	Min	Max	Опсег	Стандардна девијација	Коефицијент варијације (%)
1	22,10 ^{ac}	15,75	32,15	16,40	3,49	15,79
2	20,05 ^c	8,90	32,91	24,01	4,84	24,12
4	23,10 ^{ab}	11,46	33,94	22,48	4,39	19,01
6	22,01 ^{ac}	11,73	38,34	26,61	4,79	21,78
8	23,33 ^{ab}	15,76	33,35	17,59	4,38	18,77
9	23,25 ^{ab}	16,77	30,80	14,03	3,59	15,43
10	24,85 ^{bd}	18,23	30,57	12,34	3,18	12,81
11	24,52 ^{abd}	15,17	33,50	18,33	4,07	16,60
15	26,12 ^d	18,12	31,29	13,17	3,28	12,57
Висина надземног дела (cm)						
Клон	Средња вредност	Min	Max	Опсег	Стандардна девијација	Коефицијент варијације (%)
1	290,82 ^{bc}	219	369	150	38,01	13,07
2	255,92 ^a	105	361	256	59,35	23,19
4	275,98 ^{ab}	134	359	225	50,64	18,35
6	259,57 ^{ab}	143	339	196	46,44	17,89
8	264,24 ^{ab}	178	377	199	42,27	16,00
9	285,09 ^{ab}	170	362	192	47,12	16,53
10	336,11 ^{de}	216	408	192	49,49	14,72
11	319,30 ^{cd}	182	407	225	54,66	17,12
15	351,83 ^e	248	447	199	42,60	12,11
Висина/Пречник у кореновом врату						
Клон	Средња вредност	Min	Max	Опсег	Стандардна девијација	Коефицијент варијације (%)
1	13,24 ^a	10,78	15,60	4,82	0,98	7,42
2	12,84 ^{acd}	9,80	15,50	5,70	1,46	11,40
4	12,02 ^{bc}	9,22	15,32	6,10	1,27	10,58
6	11,91 ^{bc}	8,84	14,81	5,97	1,11	9,31
8	11,45 ^b	8,64	16,62	7,98	1,38	12,01
9	12,32 ^{bcd}	7,76	15,17	7,41	1,47	11,94
10	13,55 ^a	10,60	17,23	6,63	1,41	10,39
11	13,07 ^{ad}	9,76	15,45	5,69	1,39	10,65
15	13,58 ^a	8,96	16,87	7,91	1,58	11,66

* мала слова у суперскрипту средњих вредности означавају резултате post hoc Tukey HSD теста за ниво значајности ($p \leq 0,05$)

Из табеле 30 се види да се:

- пречник у кореновом врату креће у опсегу од 8,90 до 38,34 mm. Највећа средња вредност пречника у кореновом врату забележена је код садница клона број 15 (26,12 mm), док је најмања средња вредност пречника у кореновом врату забележена код садница клона број 2 (20,05 mm);
- висина надземног дела креће у опсегу од 105 до 447 cm. Највећа средња вредност висина утврђена је код садница клона број 15 (351,83 cm), а најмања средња вредност висина је утврђена код садница клона број 2 (255,92 cm);
- однос висина/пречник у кореновом врату креће у распону од 7,76 до 17,23. Највећа средња вредност овог односа забележена је код садница клона број 15 (13,58), а најмања средња вредност је забележена код садница клона број 8 (11,45).

Упоредњујући добијене резултате може се закључити да саднице клонова 15, 10 и 11 показују највеће средње вредности за посматрана обележја, док саднице клонова 2 и 6 показују најмање средње вредности.

Анализирањем стандардне девијације (табела 30) може се закључити да је:

- за обележје пречник у кореновом врату најхомогенији клон број 10 (3,18), а најхетерогенији клон број 4 (4,84);
- за обележје висина надземног дела најхомогенији клон број 1 (38,01), а најхетерогенији клон број 2 (59,35);
- за обележје однос висина/пречник у кореновом врату најхомогенији клон број 1 (0,98), а најхетерогенији клон број 15 (1,58).

Када се посматрају вредности стандардне девијације за посматрана обележја највећа хомогеност је констатована код садница клонова 1 и 10, а најмања код садница клонова 2 и 4.

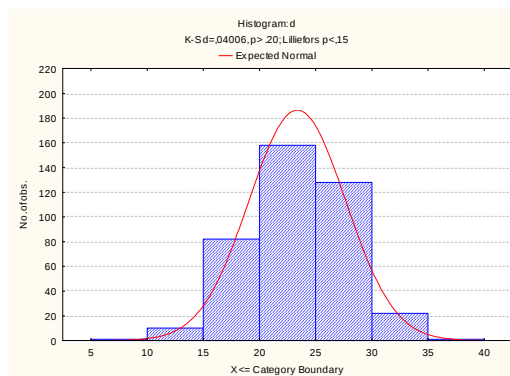
Према вредностима коефицијента варијације (табела 30) код клонова број 1, 2, 4, 6, 8 и 15 највећу варијабилност показује својство пречник у кореновом врату, док код клонова број 9, 10 и 11 највећу варијабилност показује својство

висина надземног дела. Најмању варијабилност код свих клонова показује однос висина/пречник у кореновом врату.

У циљу утврђивања расподеле двогодишњих садница свих 9 клонова израчуната је фреквенција за оба измерена (пречник у кореновом врату и висина надземног дела) и једно изведено (однос висине и пречника у кореновом врату) својство садница.

Табела 31. Фреквенција садница за својство пречник у кореновом врату

	Број понављања	Збир	Број понављања (%)	Збир (%)
5,00<x<=10,00	1	1	0,25	0,25
10,00<x<=15,00	10	11	2,49	2,74
15,00<x<=20,00	82	93	20,40	23,13
20,00<x<=25,00	158	251	39,30	62,44
25,00<x<=30,00	128	379	31,84	94,28
30,00<x<=35,00	22	401	5,47	99,75
35,00<x<=40,00	1	402	0,25	100,00

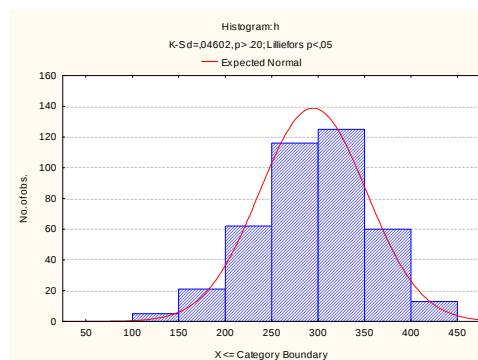


Графикон 14. Фреквенција садница за својство пречник у кореновом врату

Расподела двогодишњих садница за својство пречник у кореновом врату је приближно равномерна. Саднице су разврстане у 7 група. Највећи број садница (158 садница или 39,30% од укупног броја садница) је у групи која има пречник у кореновом врату од 20 – 25 mm, док је најмањи број садница (по 1 садница или 0,25%) у групама са пречником у кореновом врату од 5 – 10 mm односно 35 – 40 mm (табела 31, графикон 14).

Табела 32. Фреквенција садница за својство висина надземног дела

	Број понављања	Збир	Број понављања (%)	Збир (%)
100<x<=150	5	5	1,24	1,24
150<x<=200	21	26	5,22	6,47
200<x<=250	62	88	15,42	21,89
250<x<=300	116	204	28,86	50,75
300<x<=350	125	329	31,09	81,84
350<x<=400	60	389	14,93	96,77
400<x<=450	13	402	3,23	100,00

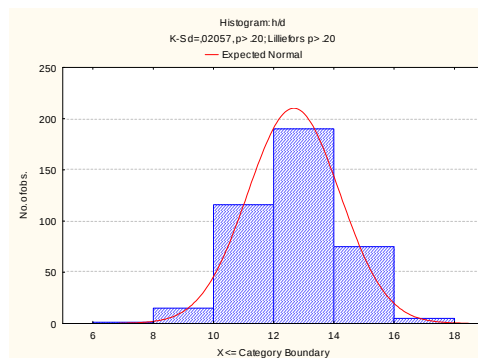


Графикон 15. Фреквенција садница за својство висина надземног дела

Расподела двогодишњих садница по висини надземног дела је приближно нормална. Саднице су распоређене у 7 група. Највећи број садница (125 садница или 31,09%) је у групи која има висину надземног дела од 300 до 350 cm, док је најмањи број садница (5 садница или 1,24%) у групи са висином надземног дела од 100 до 150 cm (табела 32, графикон 15).

Табела 33. Фреквенција садница за својство однос висина/пречник у кореновом врату

	Број понављања	Збир	Број понављања (%)	Збир (%)
6,00<x<=8,00	1	1	0,25	0,25
8,00<x<=10,00	15	16	3,73	3,98
10,00<x<=12,00	116	132	28,86	32,84
12,00<x<=14,00	190	322	47,26	80,10
14,00<x<=16,00	75	397	18,66	98,76
16,00<x<=18,00	5	402	1,24	100,00



Графикон 16. Фреквенција садница за својство однос висина/пречник у кореновом врату

Када се анализира расподела двогодишњих садница према односу висина/пречник у кореновом врату расподела је приближно равномерна и саднице се разврставају у 6 група. Највећи број садница (190 садница или 47,26%) има

однос висина/пречник у кореновом врату од 12 до 14, док најмањи број садница (1 садница или 0,25%) има овај однос од 6 до 8 (табела 33, графикон 16).

У циљу утврђивања постојања статистички значајних разлика урађена је анализа варијансе за морфолошке карактеристике двогодишњих садница црне тополе (табела 34). Резултати теста једнофакторијалне анализе варијансе показују да су добијене разлике између средњих вредности анализираних морфолошких својстава двогодишњих садница 9 клонова на нивоу пољске банке гена статистички значајне ($p - \text{value} < 0,05$). Варијабилност посматраних параметара последица је утицаја генотипова, а не случајности, односно варијабилност између клонова већа је од варијабилности садница унутар једног клона.

Табела 34. Анализа варијансе за морфолошке карактеристике двогодишњих садница

Пречник у кореновом врату	Сума квадрата	Степени слободe	Средина квадрата	F-однос	p-вредност
Између група	1.078,65	8	134,83	8,35	0,0000
Унутар група	6.342,58	393	16,14		
Укупно	7.421,23	401			
Висина надземног дела	Сума квадрата	Степени слободe	Средина квадрата	F-однос	p-вредност
Између група	434.730,72	8	54.341,34	23,62	0,0000
Унутар група	904.175,90	393	2.300,70		
Укупно	1.338.906,63	401			
Висина/Пречник у кореновом врату	Сума квадрата	Степени слободe	Средина квадрата	F-однос	p-вредност
Између група	214,85	8	26,86	14,68	0,0000
Унутар група	719,21	393	1,83		
Укупно	934,06	401			

Добијене разлике F–количника теста анализе варијансе (табела 34) показују да између стабала истраживане популације постоји варијабилност морфолошких карактеристика двогодишњих садница. Највеће диференцирање је у висини садница 23,62, затим за однос висина/пречник у кореновом врату 14,68, док је најмања разлика утврђена код својства пречник у кореновом врату 8,35.

Tukey HSD тестом хомогености (табела 30) су приказане сличности односно разлике клонова групишући клонове сличних карактеристика у исту

хомогену групу посебно за сваки анализиран параметар. Груписање клонова у 4 хомогене групе је утврђено код параметара пречник у кореновом врату и однос висина/пречник у кореновом врату, док је код параметра висина надземног дела утврђено 5 хомогених група.

У циљу утврђивања зависности између пречника у кореновом врату и висине надземног дела, пречника у кореновом врату и односа висина/пречник у кореновом врату, висине надземног дела и односа висина/пречник у кореновом врату двогодишњих садница, урађена је регресиона и корелациона анализа (табела 35).

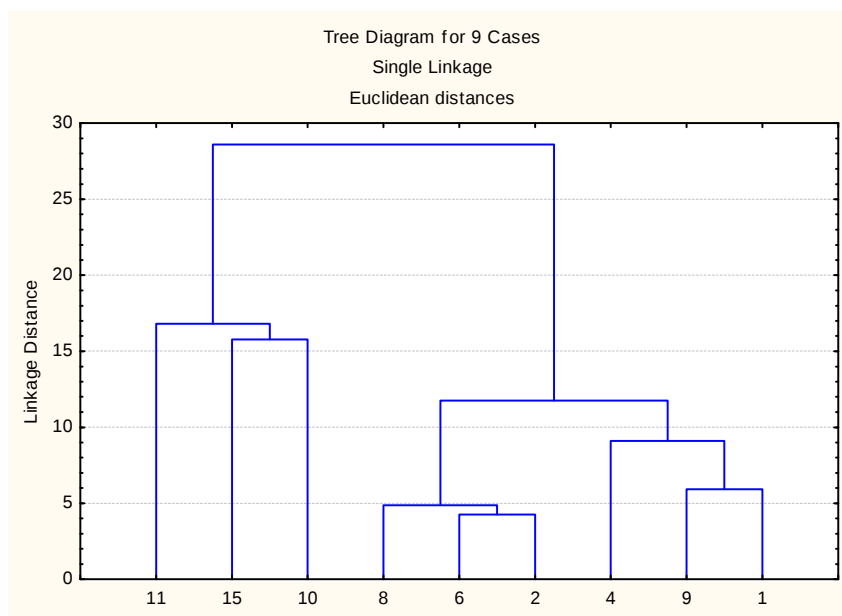
Табела 35. Регресиона и корелациона анализа за мерена и изведено својство двогодишњих садница

Пречник у кореновом врату x висина надземног дела						
Клон	r	r ²	p	N	Константа (одсечак на у- оси)	Нагиб праве
1	0,8717	0,7599	0,0000	44	80,9490	9,4975
2	0,8684	0,7542	0,0000	36	42,1984	10,6587
4	0,8140	0,6627	0,0000	46	59,1537	9,3884
6	0,8735	0,7630	0,0000	44	73,3229	8,4604
8	0,7875	0,6201	0,0000	45	86,9416	7,5982
9	0,7275	0,5292	0,0000	47	62,9576	9,5539
10	0,7642	0,5841	0,0000	46	40,9843	11,8744
11	0,7738	0,5987	0,0000	46	64,4834	10,3925
15	0,5653	0,3195	0,0000	48	160,2464	7,3342
Пречник у кореновом врату x висина/пречник у кореновом врату						
Клон	r	r ²	p	N	Константа (одсечак на у- оси)	Нагиб праве
1	-0,5464	0,2986	0,0001	44	16,6424	-0,1538
2	-0,2226	0,0495	0,1920	36	14,1912	-0,0674
4	-0,3171	0,1005	0,0318	46	14,1469	-0,0919
6	-0,5236	0,2741	0,0003	44	14,5804	-0,1211
8	-0,4929	0,2430	0,0006	45	15,0591	-0,1547
9	-0,2687	0,0722	0,0678	47	14,8825	-0,1102
10	-0,1391	0,0194	0,3564	46	15,0771	-0,0615
11	-0,2032	0,0413	0,1757	46	14,7718	-0,0695
15	-0,5550	0,3080	0,0000	48	20,5698	-0,2677
Висина надземног дела x висина/пречник у кореновом врату						
Клон	r	r ²	p	N	Константа (одсечак на у- оси)	Нагиб праве
1	-0,0751	0,0056	0,6282	44	13,8076	-0,0019
2	0,2781	0,0774	0,1005	36	11,0835	0,0069
4	0,2853	0,0814	0,0546	46	10,0465	0,0072
6	-0,0676	0,0046	0,6629	44	12,3337	-0,0016
8	0,1323	0,0175	0,3864	45	10,3113	0,0043
9	0,4605	0,2121	0,0011	47	8,2236	0,0144
10	0,5254	0,2760	0,0002	46	8,5229	0,0150
11	0,4556	0,2076	0,0015	46	9,3640	0,0116
15	0,3659	0,1339	0,0105	48	8,7911	0,0136

На основу вредности Пирсоновог коефицијента корелације (r) (табела 35) може се закључити:

- да су својства пречник у кореновом врату и висина надземног дела код свих анализираних клонова у позитивној линеарној корелацији, што значи да се код свих клонова висина садница линеарно повећава са повећањем пречника садница. Најјача корелација је утврђена код клона број 6 ($r = 0,8735$), код кога је 76,30% ($r^2 = 0,7630$) варијабилности висина објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату, а најслабија код клона број 15 ($r = 0,5653$), код кога је 31,95% ($r^2 = 0,3195$) варијабилности висина објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату;
- да су својства пречник у кореновом врату и однос висина/пречник у кореновом врату код свих анализираних клонова у негативној линеарној корелацији, што значи да се код свих клонова однос висина/пречник у кореновом врату линеарно смањује са повећањем пречника садница. Најјача корелација је утврђена код клона број 15 ($r = -0,5550$), код кога је 30,80% ($r^2 = 0,3080$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату, а најслабија код клона број 10 ($r = -0,1391$), код кога је 1,94% ($r^2 = 0,0194$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу пречника у кореновом врату;
- да су својства висина надземног дела и однос висина/пречник у кореновом врату код свих анализираних клонова у позитивној линеарној корелацији, изузев код клонова број 1 и 6 код којих је утврђена негативна линеарна корелација, што значи да се код свих клонова, осим код клонова број 1 и 6 код којих је обрнуто, однос висина/пречник у кореновом врату линеарно повећава са повећањем висине садница. Најјача корелација је утврђена код клона број 10 ($r = 0,5254$), код кога је 27,60% ($r^2 = 0,2760$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу висина, а најслабија код клона број 6 ($r = -0,0676$), код кога је 0,46% ($r^2 = 0,0046$) варијабилности односа висина/пречник у кореновом врату објашњено варијабилношћу висина.

У циљу утврђивања блискости, односно удаљености 9 клонова црне тополе урађена је кластер анализа на основу пречника у кореновом врату, висине и односа висина/пречник у кореновом врату двогодишњих садница (графикон 17). Са дендрограма кластер анализе се може видети да се сви клонови групишу у две хомогене групе при чему се на највећој удаљености повезују клонови број 1 и 11, док су међусобно најближи клонови број 2 и 6. Добијени резултати су у складу са очекивањима с обзиром да су тест стабала која се групишу у исте хомогене групе (стабла 10, 11 и 15 односно 2, 6 и 8) просторно најближа једна другима.



Графикон 17. Дендрограм кластер анализа за мерена и изведено својство двогодишњих садница

7.6. Смернице за управљање конзервационим стаништима и одржавање пољске банке гена

У многим деловима дефинисаних конзервационих станишта запажа се доминација готово чистих састојина багренца које граде непроходне шибљаке непогодне за останак црне тополе. Ово је нарочито изражено у прогаљеним деловима конзервационих станишта, као и по њиховом ободу. У конзервационим стаништима се запажа и велика заступљеност инвазивних дрвенастих врста, пре свега америчког јасена и јасеноликог јавор, које онемогућавају нормалан раст и

развој црне тополе. Имајући у виду тренутно стање у конзервационим стаништима мере неге треба усмерити на борбу против багрена, као инвазивне и коровске врсте. У исто време амерички јасен треба постепено уклањати из конзервационих станишта, јер као инвазивна врста представља опасност по стабилност и одрживост аутохтоних врста у овом шумском комплексу. Клонове еурамеричких топола I-214 који се налазе у непосредној близини конзервационог станишта В треба уклонити из овог шумског комплекса, јер представљају опасност по аутохтоне црне тополе због интрогресије гена.

Спровођење проредних сеча има за циљ постепено приближавање шума функционалном оптимуму у односу на приоритетне функције. Ако се има у виду да је приоритетна функција дефинисаних конзервационих станишта очување расположивог генофонда спровођење проредних сеча у неку руку ће редуковати постојећи генетички диверзитет. Такође, због специфичног начина регенерације црне тополе, који подразумева голо земљиште и осветљена места спровођење проредних сеча неће у великој мери стимулисати природно подмлађивање црне тополе у конзервационим стаништима. Међутим, због побољшања општег здравственог стања у конзервационим стаништима потребно је спровести прореде које су у својој основи узгојно санитарног карактера. Прореде треба реализовати по принципу негативне селекције при томе, као стабла будућности остављати преобладајућа и доминантна, здрава стабла црне тополе, и других главних врста које се јављају у овим мешовитим састојинама и доприносе биолошкој стабилности ових популација (бела тополя и бела врба), као и појединачно присутне (примешане) врсте (вез, копривић, дуд). Проредом пре свега треба уклањати болесна, сува и полусува стабла, са сувим гранама.

Приступ издвојеним конзервационим стаништима је веома отежан због присуства жбунасте вегетације, па је потребно извршити пројектовање нових и одржавање постојећих путева и пешачких стаза, које ће омогућити приступ конзервационим стаништима. Изградњом путева и стаза омогућиће се спровођење мера које имају за циљ унапређење постојећег стања у конзервационим стаништима. Осим тога, изградњом путне инфраструктуре конзервационог станишта ће бити доступна научницима, студентима, ђацима за потребе истраживања и теренске наставе.

У конзервационим стаништима треба детаљније проучити сапрофитску и паразитску микрофлору. Поред гљива проузроковача трулежи дрвета, неопходно је започети и са истраживањем паразита који се јављају на кори, лишћу и корену. Ови патогени организми су веома значајни, јер доводе до физиолошког слабљења и сушења стабала, а касније су ова стабла подложна нападу трулежница. Тек после свих спроведених истраживања могла би се донети права слика о здравственом стању дрвећа на овом локалитету. За сада се препоручује да се са старијих стабала скидају карпофоре и уништавају. Такође, треба уклонити трула стабла, која се налазе непосредно поред пешачких стаза, због опасности од њиховог падања и могућег озлеђивања пролазника.

У циљу превентивне заштите шума црне тополе планирано је свакогодишње обилажење и надзор конзервационих станишта у циљу предупређења могућих угрожавајућих фактора различитог карактера и у том смислу планирања адекватних активности. Ова врста активности мора се поверити специјалистима из ове области како би се реално претпоставиле свакогодишње оцене здравственог стања шума.

Превентиву у заштити и очувању шумских екосистема чини и свакодневни надзор и чување пре свега у односу на антропогени негативан утицај. У том смислу неопходно је организовати адекватну чуварску службу у оквиру укупне концепције организације управљања конзервационим стаништима.

Одржавање потенцијалних површина за природно подмлађивање, као и пољске банке гена у коју су засађени клонови аутохтоне црне тополе потребно је вршити свакогодишње. У пољској банци гена неопходно је извршити окопавање садница у првој години, као и уклањање коровске и жбунасте вегетације у првих неколико година.

7.7. Предлог даљих активности на пољу конзервације генофонда црне тополе на Великом ратном острву

Будуће активности у области генетичке конзервације популације црне тополе на Великом ратном острву укључују и покретање различитих видова

сарадње између националних и међународних институција и подизање свести јавности о значају очувања генетичког диверзитета.

У модерном приступу управљања заштићеним подручјима и конзервацији генетичких ресурса, у најширем смислу, важно је укључивање свих заинтересованих страна са нарочитим акцентом на локалну заједницу на чијој територији се налази заштићено подручје. Према Gamini (2004) лако препознатљив проблем када је у питању управљање влажним стаништима је неадекватно укључивање свих заинтересованих страна.

Многи аутори истичу важност улоге стејкхолдера у управљању заштићеним подручјима, али и природним ресурсима у најширем смислу бавећи се питањима анализе стејкхолдера као Mark *et al.* (2009), или улогом науке у унапређењу знања стејкхолдера укључених у процес одлучивања за имплементацију политике управљања природним ресурсима (Steyaert *et al.*, 2007). Искуство у многим земљама у развоју је показало да уколико нису задовољене основне потребе заинтересованих страна приликом планирања развоја, успостављање успешног учешћа јавности у управљању влажним стаништима је тешко.

Као заинтересоване стране у процесу успостављања активности генетичке конзервације црне тополе на Великом ратном острву појављују се:

- управљач заштићеног подручја ЈКП „Зеленило-Београд“;
- власници и корисници парцела и викендица на Великом ратном острву;
- научно-истраживачке организације у области шумарства и заштите животне средине;
- организације цивилног друштва у области очувања биодиверзитета;
- локални медији који адресирају питања животне средине;
- припадници локалне заједнице (грађани Београда који долазе на Велико ратно острво, као посетиоци и туристи).

Улога свих заинтересованих страна јесте општекорисна, тј. доприноси очувању шумских екосистема кроз очување генофонда појединачних врста.

Запослени у ЈКП „Зеленило-Београд“, нарочито задужени за старење Великим ратним острвом, морају поседовати адекватна знања о генетичким ресурсима, пре свега дрвенастих врста као главних носиоца екосистема, њиховом угрожавању и очувању. Неопходно је јачање капацитета запослених за спровођење константног мониторинга бројности и стања црне тополе на овом подручју.

Корисници парцела и припадници локалне заједнице могу имати важну улогу у процесу очувања шумских генетичких ресурса. Корисници парцела готово су током целе године присутни на острву, док припадници локалне заједнице имају већу доступност Великом ратном острву у летњем периоду, када је преко реке постављен понтонски мост за долазак на плажу Лидо и делове острва на којима су дозвољене рекреационе активности. Међутим, посетиоци и туристи често искористе прилику и да посете остатак острва, тј. да прођу стазом кроз делове који су под строжијом контролом. Из тих разлога, потребно је радити на подизању свести код њих о значају шумских генетичких ресурса на острву и њиховом очувању. Тај циљ обухвата активности на изради и дистрибуцији едукативних летака и другог пропагандног материјала, видно обележавање конзервационих поља на острву уз навођење основних података о врсти, као и организовање кратких демонстрационих семинара на самим пољима.

Улога научноистраживачких институција јесте да омогуће што боље упознавање постојећег степена унутарпопулационе и индивидуалне варијабилности, утврде везу између генетике и економски значајних особина индивидуа и својим истраживањима допринесу укључивању генетичке конзервације у комерцијалне токове. Невладине организације и медији имају пресудну улогу у подизању свести јавности о значају шумских генетичких ресурса и њиховог очувања за садашње и будуће генерације.

8. ДИСКУСИЈА

Картирањем локалитета на којима се јавља црна топола добијени су подаци о распрострањењу и величини популације црне тополе на подручју Великог ратног

острва. Картографски преглед снимљених стабала показује да је популација црне тополе на овом подручју фрагментирана, што је једна од главних карактеристика за популације црне тополе у сливу Дунава (Heinze, 1997/a; Kajba *et al.*, 2005; Jelić *et al.*, 2014), али и других равничарских река у Европи (van Slycken, 1995; Arens *et al.*, 1998; van der Schoot *et al.*, 2000; Smulders *et al.*, 2008/a). Територијална распрострањеност црне тополе на Великом ратном острву, преклапа се са територијалном распрострањеношћу типа шуме беле и црне тополе (*Populetum albo-nigrae* Slav.52), представљен на састојинској карти газдинске јединице Велико ратно острво. До мањих одступања долази на локалитетима где су заступљене готово чисте састојине беле тополе, која је доминантна врста у овим мешовитим састојинама.

Проценом квалитета стабала утврђено је да у истраживаној популацији преовлађују стабла са умерено закривљеним деблима (51,3%), мале и умерене чистоће дебла (89,4%), код којих је у већини случајева забележена појава рачвања (62,2%). Највећи број стабала у популацији има нормално развијену и прешироку крошњу (82,0%) која је у погледу дужине оцењана као добра (54,6%). Оцењивањем дефинисаних параметра квалитета добијене су основне информације о морфолошким карактеристика стабала црне тополе у истраживаној популацији, које одговарају морфолошким описима наведеним за ову врсту (Tisović, 1965; Romanić, 2000; Jovanović, 2007). У популацији су најзаступљенија стабла умерено доброг здравственог стања (73,5%) са умереним механичким оштећењима (64,5%), што је у складу са подацима о здравственом стању шума црне тополе наведеном у Посебној основи за газдинску јединицу Велико ратно острво (2008) које се оцењује као осредње. Као кључни разлог за овако стање је велики број престарелих стабала црне тополе, од којих је добар део захваћен трулежима и физиолошки ослабљен.

У истраживаној популацији средњи пречник по темељници износи 83,5 cm, док средњи пречник по темељници 20% најдебљих стабала износи 125,3 cm. Средња висина по Лорејовој формули износи 29,5 m, а средња висина 20% највиших стабала износи 36,7 m. На основу вредности средњег пречника и висине доминантних стабала црне тополе у популацији може се констатовати да поједина стабла у датим станишним условима достижу изузетне димензије. Ови подаци су

у складу са подацима из Основе (2008) где се наводи да према дебљинској структури на подручју Великог ратног острва доминирају запремине средње јаких стабала, при чему стабла црне тополе достижу прсне пречнике и до 100 cm, што показују подаци средњих пречника 20% најдебљих стабала по темељници.

Популација црне тополе на подручју Великог ратног острва је знатно угрожена ширењем инвазивних врста, као последица ограничених активности човека. Резултати процене степена угрожености од конкурентске вегетације показују да је испод крошњи 64,6% од укупног броја оцењених стабала заступљеност жбуња оцењена као густа и врло густа, што је ситуација и унутар површина које захватају групе стабала. Када је у питању закоровљеност јака и средња закоровљеност је забележена испод крошњи 86,5% укупног броја оцењених стабала, као и унутар свих површина које захватају групе стабала. Густа обраслост багреном и другим инвазивним жбунастим и дрвенастим врстама, као и велика закоровљеност имали су пресудан утицај да у популацији црне тополе на Великом ратном острву нема природног обнављања. Добијени резултати су у складу ранијим истраживањима у којима се наводи да се црна тополя подмлађује на голим површинама, налетом семена на свеже наплављене алувијалне наносе ритског подручја, док је подмлађивање под забором старе састојине отежано или немогуће (Barsoum and Hughes, 1998; Romanić, 2000; Cottrell, 2004; Kajba *et al.*, 2005). На често и интензивно плављеним теренима свака поплава таложи нову количину наноса, онемогућавајући развој шумског земљишта и понавља иницијалне услове за настанак шумске састојине црне тополе. Све су то разлози због којих се успешна регенерација пионирских састојина, ако у станишту нема уочљивих сукцесивних промена, обавља на голој површини. Додатни проблем представља то што на подручју Великог ратног острва не постоје погодни услови за клијање семена, који према ауторима који су се бавили овом проблематиком подразумевају свеже наносе песка и шљунка, без вегетације са оптималним водо-земљишним условима (Guilloy-Froget *et al.*, 2002; Cotrell, 2004; Barsoum, 2001; Pospíšková and Šálková, 2006; Gaudet, 2006).

Процењено стање популације црне тополе на подручју Великог ратног острва у погледу квалитета и здравственог стања стабала указује на постојање генофонда који представља добру полазну основу за примену адекватних мера

конзервације. Отежавајућу околност приликом конзервације генофонда може представљати угроженост популације експанзијом инвазивних врста које онемогућавају њено природно обнављање.

Анализом морфолошких карактеристика листова у популацији црне тополе на подручју Великог ратног острва констатован је значајан степен унутарпопулационе варијабилности, што је у складу са резултатима истраживања у региону, у природним популацијама дуж Дунава у Србији (Tusović, 1965), дуж Саве и Драве у Хрватској (Krstinić *et al.*, 1997; Kajba *et al.*, 1997; Romanić, 2000), дуж Неретве и Врбаса у Босни и Херцеговини (Kajba *et al.*, 2004; Ballian *et al.*, 2006), дуж Саве и Муре у Словенији (Brus *et al.*, 2010), дуж Дунава, Саве и Тисе у Војводини (Čortan, 2015).

Резултати теста анализе варијансе показују да између стабала истраживане популације постоји велика варијабилност морфолошких карактеристика листова. Највеће диференцирање је у величини угла који заклапа први пар нерава 191,35, затим у величини мереној на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа 141,93, док је најмања разлика утврђена у дужини петелјке 22,83 и броју зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа 61,52. Велико диференцирање унутар истраживане популације је установљено и код параметара дужина листа 91,83, ширина листа 98,86 и висина најширег дела листа мерена од основе листа 96,74. Romanić (2000) је проучавајући унутарпопулациону варијабилност морфолошких својстава листова за сваки од пет формираних модела посебно анализирао које се групе података највише међусобно разликују и која варијабла највише доприноси том разликовању, при чему је установио да у највећем броју модела разликовању група највише доприноси варијабла дужина петелјке, а затим следе варијабле удаљеност базе листа до најширег дела листа, ширина листа, број зубаца, ширина врха листа, дужина листа, а најмање варијабла величина угла између главног и првог пространог лисног нерва.

Просечне вредности дужине листа црне тополе на подручју Великог ратног острва крећу се у опсегу од 75,8 – 100,7 mm, док су средње вредности ширине листа у опсегу од 62,6 – 81,4 mm. У поређењу са литературним подацима (Jovanović, 2007), где се наводи да је просечна дужина листа црне тополе од 50 –

100 mm, а ширина листа 25 – 60 mm, анализирана тест стабла имају листове већих димензија. Ово одговара тврдњама Тисовића (1965) који у својим истраживањима за групе стабала у околини Београда, у популацијама дуж Дунава, Саве, Аде Циганлије и Аде Хује, наводи да се црна топола у околини Београда одликује крупним листовима. Просечне дужине листова дугораста за популације у околини Београда крећу се у опсегу од 89 – 95 mm, док се просечне вредности ширине листова дугораста крећу у опсегу од 99 – 116 mm. На основу резултата морфолошке анализе, евидентно је да су листови стабала црне тополе на подручју Великог ратног острва ужи (62,6 – 81,4 mm), док су дужине листова у већем опсегу (75,8 – 100,7 mm), али одговарају подацима наведеним за црне тополе у околини Београда. Šortan (2015) у својим истраживањима спроведеним у четири природне популације црне тополе дуж три највеће реке у Војводини (Дунав, Сава, Тиса) констатује да је просечна вредност дужине листа у опсегу од: 74,1 – 98,2 mm за популацију у горњем току Дунава; 82,0 – 108,1 mm за популацију дуж Тисе; 77,2 – 103,3 mm за популацију дуж Саве; 78,2 – 102,1 mm за популацију у доњем току Дунава. Ширина листа креће се у границама од: 70,0 – 76,2 mm за популацију у горњем току Дунава; 67,3 – 78,3 mm за популацију дуж Тисе; 62,0 – 76,2 mm за популацију дуж Саве; 61,0 – 75,2 mm за популацију у доњем току Дунава. Добијени резултати показују да популације на подручју Војводине имају веома сличне димензије листова (дужина и ширина листова) са истраживаном популацијом на подручју Великог ратног острва, при чему су јој најсличније популације у доњем току Дунава и на Сави, које су и просторно најближе популацији на Великом ратном острву, и налазе се дуж истих река. Krstinić *et al.* (1997) је утврдио да се просечне вредности дужине листова двестогодишњег стабла европске црне тополе, које је послужило као контролно стабло за утврђивање варијабилност три просторно одвојене популације на Сави у Хрватској, крећу у опсегу од 41 – 94 mm, а ширина листова у опсегу од 25 – 72 mm. До сличних резултата дошао је Romanić (2000) који је проучавајући варијабилност морфолошких својстава листова пет јувенилних популација европске црне тополе, у сливу Драве у Хрватској утврдио да се дужине листова двестогодишњег стабла европске црне тополе крећу у опсегу од 36 – 100 mm, а ширина листова у опсегу од 26 – 65 mm. Brus *et al.* (2010) су проучавајући

варијабилност листова црне тополе у две популације дуж Саве и Муре у Словенији установили да се просечне вредности дужине листова крећу у опсегу од 69,9 – 89,0 mm за популацију на Сави односно од 71,6 – 95,9 mm за популацију на Мури, а ширине листова од 56,3 – 72,1 mm за популацију на Сави односно од 53,8 – 73,9 mm за популацију на Мури. Ballian *et al.* (2006) су анализирајући морфолошка својства листова длакавих црних топола (*Populus nigra* subsp. *caudina* Ten) у три популације у Босни и Херцеговини (Чапљина, Бугојно, Коњиц) констатовали да се вредности дужине листова крећу у опсегу од: 41,26 – 57,42 mm за популацију Чапљина; 54,96 – 66,57 mm за популацију Бугојно; 56,94 – 70,03 mm за популацију Коњиц. Ширине листова за ове три популације крећу се у опсегу од: 30,79 – 42,36 mm (популација Чапљина); 43,86 – 51,42 mm (популација Бугојно); 42,38 – 49,46 mm (популација Коњиц). Kovačević (2014) је проучавајући варијабилност између 12 популација европске црне тополе дуж Дунава, од извора у Немачкој, па до ушћа у Црно море у Румунији утврдио да најмање средње вредности дужине листова има популација Нојбург-Инголстадт у Немачкој (69,37 mm), а највеће средње вредности дужине листова популација Ферт-Хансаг у Мађарској (90,40 mm). Најмање средње вредности ширине листова у овом истраживању су констатоване у популацији Нојбург-Инголстадт у Немачкој (59,98 mm), а највеће средње вредности у популацији Лоњско поље у Хрватској (74,52 mm). Приближне средње вредности димензија листова са популацијом на подручју Великог ратног острва (86,7 mm дужина листова; 71,9 mm ширина листова) имају популације Делта Дунава у Румунији (89,88 mm дужина листова; 70,76 mm ширина листова), Ферт-Хансаг у Мађарској (90,40 mm дужина листова; 66,48 mm ширина листова) и Лоњско поље у Хрватској (89,75 mm дужина листова; 74,52 mm ширина листова).

Tisović (1965) је утврдио да се висина најширег дела листа, мерена од основе листа за популације црне тополе у околини Београда креће у границама од 18 – 26 mm, што одговара добијеним резултатима за популацију на подручју Великог ратног острва, где се просечне вредности крећу у опсегу од 16,4 – 26,3 mm. Утврђивањем просечних вредности висине најширег дела листа, мерене од основе листа за четири популације на подручју Војводине Čortan (2015) констатује да се вредност овог параметра креће у опсегу од: 19,3 – 25,8 mm за

популацију у горњем току Дунава; 20,7 – 27,6 mm за популацију на Тиси; 19,0 – 25,9 mm за популацију на Сави; 21,9 – 28,8 mm за популацију у доњем току Дунава. Висина најширег дела листа, мерена од основе листа за двестогодишње стабло црне тополе дуж река Саве (Krstinić *et al.*, 1997) и Драве (Romanić, 2000) у Хрватској крећу се у границама од 13 – 28 mm за стабло на Сави, односно у границама од 10 – 25 mm за стабло на Драви. Вредност висине најширег дела листа, мерене од основе листа за популације на Сави и Мури у Словенији (Brus *et al.*, 2010) крећу се у опсегу од 18,7 – 24,6 mm за популацију на Сави, односно од 19,3 – 26,4 mm за популацију на Мури. Ballian *et al.* (2006) је утврдио да се просечне вредности висине најширег дела листа, мерене од основе листа за три популације длакаве црне тополе у Босни и Херцеговини крећу у опсегу од: 16,12 – 25,84 mm за популацију Чапљина; 35,83 – 41,39 mm за популацију Бугојно; 29,37 – 38,68 mm за популацију Коњиц. Kovačević (2014) у истраживању варијабилности 12 популација у сливу Дунава наводи да се средње вредности висине најширег дела листа, мерене од основе листа крећу у опсегу од 17,20 mm за популацију Русенски лом у Бугарској до 34,77 mm за популацију Дунавска плавна подручја у Словачкој, при чему популације Нојбург-Инголстадт у Немачкој (21,94 mm), Дунав-Ауен у Аустрији (20,14 mm), Дунав Иполи у Мађарској (21,77 mm), Персина у Бугарској (20,03 mm) имају приближне средње вредности висине најширег дела листа, мерене од основе листа са популацијом црне тополе на подручју Великог ратног острва (21,2 mm).

Дужина петељке листа за популацију црне тополе на подручју Великог ратног острва креће се у опсегу од 45,1 – 57,4 mm. Добијене просечне вредности дужине петељке су приближно исте у поређењу са подацима за популације у околини Београда које су у распону од 48 – 55 mm (Тисовић, 1965), док су у односу на двестогодишње стабло у сливу река Драве (19 - 78 mm) (Romanić, 2000) и Саве у Хрватској (22 – 75 mm) (Krstinić *et al.*, 1997) у знатно ужем опсегу. Čortan (2015) наводи да се дужина петељке креће у опсегу од: 41,3 – 62,8 mm за популацију у горњем току Дунава; 49,6 – 67,8 mm за популацију на Тиси; 36,4 – 68,6 mm за популацију на Сави; 40,6 – 56,7 mm за популацију у доњем току Дунава. Добијени резултати показују да су просечне вредности дужине петељке најсличније са популацијом у доњем току Дунава. За популације дуж Саве и Муре у Словенији

(Brus *et al.*, 2010) просечне вредности овог параметра крећу се у границама од 42,4 – 56,9 mm за популацију на Сави, односно од 40,2 – 68,6 mm за популацију на Мури. Популација на Сави има приближне просечне вредности дужине петелјке са истраживаном популацијом, што је случај и са висином најширег дела листа, мереној од основе листа. Ballian *et al.* (2006) су утврдили да се просечне вредности дужине петелјке за популације длакаве црне тополе у Босни и Херцеговини крећу у опсегу од: 12,42 – 17,28 mm (популација Чапљина); 16,71 – 22,86 mm (популација Бугојно); 14,75 – 19,50 mm (популација Коњиц), што је значајно одступање у односу на популацију на Великом ратном острву. Ово одступање је констатовано и код других анализираних параметара у популацијама длакаве црне тополе. Ковачевић (2014) је истражујући варијабилност популација црне тополе дуж целог тока Дунава утврдио да се средње вредности дужине петелјке крећу у распону од 43,15 – 54,98 mm. Најмање средње вредности је утврдио у популацији Дунав-Ауен у Аустрији, а највеће у популацији Лоњско поље у Хрватској. Приближне средње вредности са истраживаном популацијом (51,4 mm) имају популације Делта Дунава у Румунији (51,22 mm), Ферт-Хансаг у Мађарској (50,34 mm), Дунав Иполи у Мађарској (50,91 mm), Дунав-Драва у Мађарској (52,17 mm) и Горње Подунавље у Србији (51,20 mm).

Просечне вредности величине мерене на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа (44,8 – 71,1 mm), величина угла који заклапа први пар нерава (92,5° – 126,8°) и број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа (1,9 – 3,5) за истраживану популацију на Великом ратном острву су мање од просечних вредности ових параметара за популације у околини Београда (Тисовић, 1965) које се крећу у опсегу 76 – 110 mm за величину мерену на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа; 103° – 150° за величину угла који заклапа први пар нерава; 3,6 – 4,3 за број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа.

Резултати спроведених истраживања показују да је популација црне тополе на подручју Великог ратног острва за већину анализираних параметара најсличнија са популацијама црне тополе на подручју Војводине, популацијама у околини Београда и неким популацијама у сливу Дунава (Делта Дунава у Румунији, Ферт-Хансаг у Мађарској и Лоњско поље у Хрватској). Највеће разлике

са истраживаном популацијом имају популације длакаве црне тополе у Босни и Херцеговини што је и очекивано с обзиром да се ради о подврсти црне тополе која расте у Медитеранској области. Ово је у складу са наводима Kajba *et al.* (2004) који истичу да се длакава црна тополя која расте дуж реке Неретве у Босни и Херцеговини знатно разликује од црне тополе у популацијама дуж река Дунава, Драве и Саве у Хрватској. Димензије листа длакаве црне тополе су мање у односу на типичну црну тополу, што је последица адаптације на услове станишта који су ксеротемнији од станишта типичне црне тополе. Мање димензије листова у односу на истраживану популацију су установљене и код појединачних стабала на Сави и Драви у Хрватској и у популацијама на Сави и Мури у Словенији. Популације на Сави и Мури у Словенији су по неким анализираним параметара блиске истраживаној популацији.

Разлике у анализираним параметрима код различитих популација су условљене и различитим методолошким приступом приликом утврђивања варијабилности морфолошких карактеристика листова. У неким истраживањима за утврђивање варијабилности коришћени су средњи листови дуж гранчица краткораста (Krstinić *et al.*, 1997; Romanić, 2000; Ballian *et al.*, 2006; Brus *et al.*, 2010), док су у другим истраживањима, укључујући и ово, коришћени средњи листови дуж гранчица дугораста (Tucović, 1965; Kovačević, 2014; Čortan, 2015). Због различитог методолошког приступа приликом утврђивања варијабилности приметно је да се популације код којих су за утврђивање варијабилности коришћени листови краткораста одликују мањим димензијама. Ову закономерност потврдила су и нека ранија истраживања. Tucović (1965) је поредећи листове средњег дела гранчица дугораста и краткораста забележио веће димензије листова дугораста који се одликују лучном основом, док су листови краткораста мањи и са клинастом основом. Rehder (1940) према Zsuffi (1974) наводи да су листови на дугим избојцима ромбичноовални ушиљеног врха, фино наzubљеног руба, без длачица, док су листови на кратким избојцима мањи, шири и често затупљене или заобљене базе.

Листови показују велику варијабилност и према томе у ком делу крошње се налазе, да ли су са дугог или кратког избојка, те да ли су се развили у пролеће или лето (Eckenwalder, 1996). Разлике постоје и између листова јувенилних и

одраслих стабала топола, које се огледају величини, облику и назубљености (Slavov and Zhelev, 2010). Такође лисни полиморфизам је условљен положајем листова у крошњи, као и географским распрострањењем (Tucović, 1965).

Резултати урађених анализа показују да најмању варијабилност имају параметри дужина листа (D , $CV = 5,4\%$), величина угла који заклапа први пар нерава (α , $CV = 5,5\%$) и ширина листа ($\check{S}$, $CV = 5,8\%$), док највећу варијабилност имају параметри број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа (Bz , $CV = 15,9\%$), дужина петељке (Dp , $CV = 9,8\%$), висина најширег дела листа, мерена од основе листа (Vn , $CV = 9,0\%$) и величина мерена на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа (a , $CV = 8,9\%$). Добијени резултати указују да су својства дужина листа, величина угла који заклапа први пар нерава и ширина листа под јаком генетском контролом, док су параметри број зубаца на 1 cm дужине, мерен од најширег дела листа, дужина петељке, висина најширег дела листа, мерена од основе листа и величина мерена на 1 cm од основе листа управно на главни нерв од једне до друге ивице листа под већим утицајем фактора спољашње средине. Krstinić *et al.* (1997) су утврдили да највећу варијабилност имају параметри ширина врха листа на 1 cm од самог врха и дужина петељке, док је најмања варијабилност забележена код параметра угао између првог лисног нерва и хоризонтале, дужина и ширина листа и растојање између основе и најширег дела листа. Аутори наводе да посматрана својства листова нису под једнаком генетичком контролом, тако на пример својства која карактеришу величину листа више су подложна променама под утицајем фактора средине које су примећене и у оквиру једног стабла и између стабала исте врсте и исте старости. Као својства која су под јаком генетичком контролом и која могу да служе за детерминацију потомства хибрида аутори наводе: угао између првог нерва и хоризонтале, растојање између основе и најширег дела листа, облик базе, ширина врха на 1 cm од самог врха листа и број и облик зубаца. Romanić (2000) истражујући међупопулациону варијабилности за морфолошка својства дужина петељке листа, број зубаца листа на дужини од 3 cm лисног руба и угао између главног и првог доњег нерва није утврдио статистички значајну варијабилност, на основу чега закључује да су ови параметри под већом генетском контролом у односу на друга проучавана својства листа. Аутор наводи да би за процену

међупопулационе варијабилности могла послужити својства број зубаца на дужини од 3 cm лисног руба и дужина петељке листа, која би убудуће била најподеснија код истраживања генетског диверзитета међу локалним популацијама европске црне тополе. Ковачевић (2014) је на основу коефицијента варијације утврдио да највећи утицај на разликовање између и унутар популација доприносе параметри: ширина лиске на 1 cm од врха лиске, растојање између основе лиске и најширег дела лиске, и однос растојања између основе лиске и најширег дела лиске и ширине лиске. Параметри који су показали највећу стабилност били су број нерава са леве и десне стране листа и однос растојања између основе лиске и најширег дела лиске и дужине лиске. Вредности коефицијента варијације унутар и између популација на подручју Војводине (Ћортан, 2015) показују да најмању варијабилност имају параметри ширина листа, дужина листа и дужина целог листа, као и коефицијент облика листа тј. однос ширине и дужине листа. Највећу варијабилност показују параметри ширина листа на 1 cm од самог врха листа и однос ширине листа на 1 cm од самог врха листа и дужине листа.

Применом молекуларних маркера у популацији црне тополе на подручју Великог ратног острва укупно је утврђено 110 алела, на нивоу 11 микросателитских локуса, просечно 10 алела по сваком локусу. Сличан просечан број алела по локусу констатован је у четири популације црне тополе на подручју Војводине ($N_a = 10,292$; Ћортан, 2015), при чему је најмањи просечан број алела по локусу установљен у популацији у горњем току Дунава ($N_a = 8,667$), а највећи у популацији у доњем току Дунава ($N_a = 11,417$). Просечан број детектованих алела по локусу у популацијама на Сави ($N_a = 10,167$) и Тиси ($N_a = 10,917$), био је готово идентичан са истраживаном популацијом на подручју Великог ратног острва.

Jelić *et al.* (2014) су проучавајући 12 популација црне тополе у заштићеним подручјима у сливу Дунава установили да су све популације имале сличан просечан број алела по локусу ($N_a = 9,24$). Најмањи просечан број алела по локусу забележен је у популацији Лоњско поље у Хрватској ($N_a = 7,25$), а највећи у популацији Русенски Лом у Бугарској ($N_a = 10,63$). Најсличније са истраживаном популацијом по питању просечног броја алела по локусу биле су популације

Дунав Иполи у Мађарској ($N_a = 10,00$), Нојбург-Инголстадт у Немачкој ($N_a = 9,88$), Дунавска плавна подручја у Словачкој ($N_a = 9,75$), Ферт-Хансаг у Мађарској ($N_a = 9,63$) и Делта Дунава у Румунији ($N_a = 9,63$). Утврђени просечан број алела по локусу у популацији црне тополе на подручју Великог ратног острва био је у складу са резултатима добијеним у популацији црне тополе дуж реке Мораве у Чешкој Републици ($N_a=11$; Pospíšková and Bartáková, 2004), као и у популацији црне тополе дуж реке Едер у Немачкој ($N_a = 11,57$; Rathmacher *et al.*, 2010). Storme *et al.* (2004) су проучавајући генетички диверзитет црне тополе у девет европских банки гена установили да колекције из Аустрије ($N_a = 11,20$), Француске ($N_a = 10,20$), Шпаније ($N_a = 9,80$), Италије ($N_a = 9,20$) и Холандије ($N_a = 9,00$), имају приближан просечан број алела по локуса са истраживаном популацијом, док се колекције из Немачке ($N_a = 6,80$), Мађарске ($N_a = 6,20$), Белгије ($N_a = 5,60$) и Велике Британије ($N_a = 3,80$) карактеришу мањим просечним бројем алела по локусу. Мањи просечан број алела по локусу ($N_a = 7,33$) у односу на истраживану популацију установили су и Smulders *et al.* (2001) тестирањем шест микросателитских локуса на 23 генотипова црне тополе из западне и средње Европе.

Већи просечан број алела по локусу у односу на истраживану популацију установљен је у 22 популације црне тополе дуж целог тока реке Дром у Француској ($N_a = 12,17$; Imbert and Lefèvre, 2003), у четири популације црне тополе дуж реке Мораве у Чешкој Републици ($N_a = 13,42$; Pospíšková and Bartáková, 2004) и у 17 популација црне тополе из 11 речних долина које су део сливова река Дунав, Ебро, Елбе, По, Рајна, Рона и Уск ($N_a = 15,71$; Smulders *et al.*, 2008/a). Тестирајући девет микросателитских локуса на скупу од 23 генотипова црне тополе из целе Европе van der Schoot *et al.* (2000) је утврдио да је просечан број алела по локусу ($N_a = 13$) већи од просечног броја алела по локусу за истраживану популацију.

Подаци о просечном броју алела по локусу за популацију црне тополе на подручју Великог ратног острва су најупоредивији са подацима за популације црне тополе на подручју Војводине, јер су приликом истраживања коришћени исти локуси. Разлике са другим популацијама могу настати и због различитих

скупова локуса који су коришћени у различитим студијама, из тих разлога извршено је поређење броја алела на истим локусима.

Анализираних једанаест микросателитских локуса, у популацији црне тополе на подручју Великог ратног острва, показали су значајан ниво полиморфизма. Највећи број алела забележен је код локуса PMGC_2163 (15 алела), а најмањи код локуса WPMS_17 (3). У поређењу са популацијама црне тополе на подручју Војводине (Čortan, 2015) запажа се сличан полиморфизам на готово свим тестираним локусима. У популацији црне тополе у горњем току Дунава код већине локуса (PMGC_14, PMGC_2020, PMGC_2550, WPMS_14, WPMS_16, WPMS_18) забележен је мањи број алела у односу на истраживану популацију. Једнак број алела забележен је код локуса PMGC_2163, WPMS_9 и WPMS_20, док је нешто мањи број алела забележен код локуса PMGC_2607 и WPMS_17. У популацији црне тополе на Тиси код већине локуса (PMGC_2020, PMGC_2163, PMGC_2550, PMGC_2607, WPMS_9, WPMS_17, WPMS_20) забележен је већи број алела у односу на популацију црне тополе на Великом ратном острву. Једнак број алела забележен је код локуса PMGC_14 и WPMS_18, док је нешто мањи број алела забележен код локуса WPMS_14 и WPMS_16. Слична ситуација је и у популацији црне тополе у доњем току Дунава, где је за већину локуса забележен већи број алела (PMGC_14, PMGC_2163, PMGC_2550, PMGC_2607, WPMS_9, WPMS_14, WPMS_17, WPMS_20). Једнак број алела забележен је код локуса WPMS_16 и WPMS_18, док је мањи број алела забележен код локуса PMGC_2020. Популација црне тополе на Сави по питању полиморфизма локуса била је најсличнија са истраживаном популацијом на Великом ратном острву, јер је у овој популацији забележен подједнак број тестираних локуса са већим (PMGC_2607, WPMS_9, WPMS_17, WPMS_9) односно мањим (PMGC_14, PMGC_2020, WPMS_14, WPMS_16, WPMS_18) бројем алела. Једнак број алела забележен је на локусима PMGC_2163 и PMGC_2550.

Rathmacher *et al.* (2010) су највећи полиморфизам забележили код локуса WPMS_09 (17), а најмањи код локуса WPMS_18 (8). Број алела код локуса PMGC_14 (9) и PMGC_2163 (15) био је једнак са бројем алела на истим локусима у истраживаној популацији, док је код локуса WPMS_09, WPMS_18 и WPMS_20

забележен приближан број алела. Smulders *et al.* (2001) су за већину локуса (WPMS_17, WPMS_18, WPMS_20) установили мањи број алела у односу на популацију црне тополе на Великом ратном острву. Идентичан број алела установљен је на локусу WPMS_16 (7), док је локус са највећим бројем алела WPMS_14 (12), имао мањи број алела у односу на исти локус који је тестиран у популацији црне тополе на Великом ратном острву (13). Pospíšková and Šálková (2006) наводе да се у популацији црне тополе дуж реке Мораве у Чешкој Републици број алела по локусу креће у распону од 6 за локусе WPMS_12, WPMS_16, WPMS_20 до 21 за локус WPMS_04. На свим локусима који су тестирани и у истраживаној популацији (WPMS_09, WPMS_14, WPMS_16, WPMS_20, PMGC 14) број алела је био мањи, изузев код локуса WPMS_18, где је забележен већи број алела. У истраживању Smulders *et al.* (2008/a) број алела по локусу кретао се у опсегу од 6 код локуса WPMS_20 до 25 код локуса WPMS_09. Већи број алела у односу на истраживану популацију забележен је код свих локуса (PMGC_14, WPMS_09, WPMS_14, WPMS_16, WPMS_18), изузев код локуса WPMS_20. У популацијама црне тополе дуж реке Дром у Француској (Imbert and Lefèvre, 2003) највећи број алела забележен је код локуса WPMS_12 (15), а најмањи код локуса WPMS_20 (9). Већи полиморфизам у односу на популацију црне тополе на Великом ратном острву забележен је код свих локуса (WPMS_09, WPMS_16, WPMS_18, PMGC_14), осим код локуса WPMS_20, где је забележен исти број алела (9).

У популацијама црне тополе дуж слива Дунава (Jelić *et al.*, 2014) тестирана су три локуса (PMGC_14, WPMS_16 и WPMS_18) која су анализирана и у популацији црне тополе на Великом ратном острву. Код локуса PMGC_14 забележен је мањи број алела у свим популацијама дуж тока Дунава, изузев у популацији Русенски лом у Бугарској и Делта Дунава у Румунији, где је забележен идентичан број алела (9) са истраживаном популацијом. Код локуса WPMS_16 мањи број алела је установљен у већини популација дуж тока Дунава кроз Европу (Нојбург-Инголстадт у Немачкој, Дунав Ауен у Аустрији, Дунавска плавна подручја у Словачкој, Дунав Иполи у Мађарској, Дунав Драва у Мађарској, Лоњско поље у Хрватској, Персина у Бугарској, Делта Дунава у Румунији). Исти број алела за овај локус установљен је у популацијама Ферг-

Хансаг у Мађарској и Русенски лом у Бугарској, док је незнатно већи број алела установљен у популацијама Горње Подунавље у Србији и Копачки рит у Хрватској. Код локуса WPMS_18, мањи број алела у односу на истраживану популацију (9 алела) забележен је у популацијама Нојбург-Инголстадт у Немачкој, Дунав Ауен у Аустрији, Дунав Драва у Мађарској, Лоњско поље у Хрватској, Персина у Бугарској и Делта Дунава у Румунији. Нешто већи број алела забележен је у популацијама Дунавска плавна подручја у Словачкој, Горње Подунавље у Србији, Копачки рит у Хрватској и Русенски лом у Бугарској, док је исти број алела код овог локуса установљен у популацијама Ферт-Хансаг и Дунав Иполи у Мађарској.

Број ефективних алела по локусу (N_e) представља процену броја подједнако фреквентних алела у идеалним популацијама. У истраживаној популацији просечан број ефективних алела по локусу је 6,506 и креће се у опсегу од 2,499 за локус WPMS_17 до 11,213 за локус PMGC_2163. Добијени резултати су у складу са резултатима за четири популације црне тополе на подручју Војводине, где је просечан број ефективних алела по локусу 5,872, при чему популације на Тиси ($N_e = 6,207$) и у доњем току Дунава ($N_e = 6,051$) имају приближан просечан број ефективних алела са истраживаном популацијом, док популације на Сави ($N_e = 5,752$) и у горњем току Дунава ($N_e = 5,480$) имају нешто мањи просечан број ефективних алела по локусу. Утврђени просечан број ефективних алела је идентичан са просечним бројем ефективних алела за четири популације црне тополе дуж реке Мораве у Чешкој Републици ($N_e = 6,51$; Pospíšková and Bartáková, 2004). Приближан просечан број ефективних алела по локусу ($N_e = 6,01$) са истраживаном популацијом је установљен у популацији црне тополе дуж реке Мораве у Чешкој Републици (Pospíšková and Šálková, 2006), док је мањи просечан број ефективних алела ($N_e = 3,83$) установљен у популацији црне тополе дуж реке Едер у Немачкој (Rathmacher *et al.*, 2010).

Хетерозиготност у истраживаној популацији је прилично висока што указује на велику унутарпопулациону варијабилност. Запажена хетерозиготност (H_o) има просечну вредност 0,702 и креће се у распону од 0,483 (PMGC_2607) до 0,900 (PMGC_14). Очекивана хетерозиготност (H_e) има просечну вредност 0,822 и креће се у распону од 0,600 (WPMS_17) до 0,911 (PMGC_2163). Средња

вредност запажене и очекиване хетерозиготности у истраживаној популацији је блиска са средњим вредностима хетерозиготности за четири популације црне тополе на подручју Војводине (Čortan, 2015) које се међу собом нису значајно разликовале. Запажена хетерозиготност (H_o) кретала се у распону од 0,6833 за популацију у горњем току Дунава до 0,71944 за популацију на Тиси, при чему су популације на Сави ($H_o = 0,70139$) и у доњем току Дунава ($H_o = 0,70833$) биле најсличније са истраживаном популацијом. Очекивана хетерозиготност (H_e) кретала се у распону од 0,78333 за популацију у горњем току Дунава до 0,83511 за популацију на Тиси. Најсличније средње вредности очекиване хетерозиготности са истраживаном популацијом имала је популација у доњем току Дунава ($H_e = 0,81196$).

У истраживању 12 популација црне тополе дуж Дунава у Европи (Jelić *et al.*, 2014) констатован је висок ниво запажене и очекиване хетерозиготности, чија је средња вредност за сваки локус у свим популацијама била 0,69 за запажену хетерозиготност односно 0,79 за очекивану хетерозиготност. Средња вредност запажене хетерозиготности за истраживане популације кретала се у распону од 0,66 (популација Нојбург-Инголстадт у Немачкој и Делта Дунава у Румунији) до 0,74 (Дунав Иполи у Мађарској), при чему су све популације по питању запажене хетерозиготности биле блиске једна другој, као и са популацијом црне тополе на подручју Великог ратног острва. Очекивана хетерозиготност кретала се у распону од 0,76 (популација Ферт Хансаг у Мађарској) до 0,82 (Дунав Иполи у Мађарској), при чему није забележено веће одступање између популација, које су биле сличне истраживаној популацији.

Добијени резултати запажене хетерозиготности за популацију црне тополе на подручју Великог ратног острва били су у складу са истраживањем van der Schoot *et al.* (2000) који су за 23 генотипова из целе Европе утврдили просечну хетерозиготност од 0,71 (опсег од 0,25 – 1,00), при чему су најмању хетерозиготност имале једна индивидуа из бивше Југославије и Словачке. Сличне резултате добили су Smulders *et al.* (2001) који су за 23 генотипа из западне и средње Европе установили запажену хетерозиготност у распону до 0,32 – 0,91, са просечном вредношћу од 0,71. Истраживањем генетичког диверзитета у популацијама црне тополе дуж речних сливова у Европи Smulders *et al.* (2008/a) су

утврдили високу запажену ($H_o = 0,74$, у опсегу од $0,59 - 0,82$) и очекивану хетерозиготност ($H_e = 0,76$, у опсегу од $0,477 - 0,907$) која је била приближна са истраживаном популацијом.

Rathmacher *et al.* (2010) су проучавајући генетички диверзитет црне тополе дуж реке Едер у Немачкој пронашли висок генетички диверзитет старијих стабала црне тополе. Средња вредност запажене хетерозиготности ($H_o = 0,7$, у опсегу од $0,62 - 0,78$) била је готово идентична са истраживаном популацијом, док је очекивана хетерозиготност била нешто мања у односу на истраживану популацију ($H_e = 0,73$, у опсегу од $0,58 - 0,80$).

Запажена и очекивана хетерозиготност у истраживаној популацији била је упоредива са генетичким диверзитетом у четири популације црне тополе у сливу реке Мораве у Чешкој Републици (Pospíšková and Bartáková, 2004) где су забележене високе просечне вредности запажене ($H_o = 0,79$) и очекиване хетерозиготности ($H_e = 0,83$). Сличне резултате добили су Imbert and Lefevre (2003) који су проучавајући генетички диверзитет црне тополе у популацијама дуж реке Дром у Француској установили висок генетички диверзитет истраживаних популација, при чему је запажена хетерозиготност за сваки локус у свакој популацији била већа од истраживане популације ($H_o = 0,78$; у распону од $0,71 - 0,85$), док је очекивана хетерозиготност била нешто мања у односу на популацију црне тополе на подручју Великог ратног острва ($H_e = 0,73$; у распону од $0,65 - 0,80$). Нешто већа запажена хетерозиготност у односу на истраживану популацију је утврђена у популацији црне тополе дуж реке Мораве у Чешкој Републици (Pospíšková and Šálková, 2006), где се запажена хетерозиготност у зависности од локуса кретала у опсегу од $0,70 - 0,92$ (средња вредност $H_o = 0,80$). Очекивана хетерозиготност у овој популацији била је у складу са истраживаном популацијом и кретала се у опсегу од $0,70$ до $0,90$ (средња вредност $H_e = 0,82$).

Поређењем просечних вредности запажене и очекиване хетерозиготности приметно је да је истраживана популација на подручју Великог ратног острва у погледу генетичке варијабилности најсличнија са популацијама црне тополе на подручју Војводине, при чему највећу сличност има са популацијом у доњем току Дунава ($H_o = 0,70833$; $H_e = 0,81196$) и на Сави ($H_o = 0,70139$; $H_e = 0,80066$), које

су јој и просторно најближе. Велику сличност по питању генетичке варијабилности истраживана популација има и са популацијама дуж тока Дунава, где су јој насличније популације Горње Подунавље у Србији ($H_o = 0,71$; $H_e = 0,81$) и Лоњско поље у Хрватској ($H_o = 0,70$; $H_e = 0,79$). Сличност са овим популацијама установљена је и применом морфолошких маркера.

Висок ниво хетерозиготности црне тополе у истраживаној популацији и у другим популацијама у Европи у складу је са очекивањима, јер се ради унакрсно-хбридизованој врсти. Велики диверзитет у популацијама црне тополе Pospíšková and Bartáková (2004) објашњавају високим нивоом полиморфизма микросателитских маркера, као и чињеницом да је топола дводома врста код које је заступљен *outcrossing* и да полен и семе могу бити дисперзовани ветром и водом на велике дистанце. Висок ниво полиморфизма забележен је и код других врста топола *Populus trichocarpa* Torr.&Gray ($H_o = 0,6$ и $H_e = 0,8$, Ismail, 2010; $H_o = 0,71$ и $H_e = 0,77$, Slavov *et al.*, 2009) и *Populus euphatica* Oliv. ($H_o = 0,932$ и $H_e = 0,787$, Wang *et al.*, 2011). С друге стране нижи полиморфизам је забележен код *Populus alba* L. ($H_o = 0,38$ и $H_e = 0,39$, Lexer *et al.*, 2005; $H_o = 0,37$ и $H_e = 0,38$, van Loo *et al.*, 2008), *Populus tremula* L. ($H_o = 0,47$ и $H_e = 0,5$, Lexer *et al.*, 2005; $H_o = 0,5$ и $H_e = 0,62$, Hall *et al.*, 2007) и *Populus tremuloides* Michx. ($H_o = 0,41$ и $H_e = 0,45$, Cole, 2005; $H_o = 0,47$ и $H_e = 0,67$, Namroud *et al.*, 2005).

У истраживаној популацији очекивана хетерозиготност на нивоу испитиваних локуса је већа од запажене хетерозиготности, што указује на то да у популацији има више хомозиготних индивидуа у односу на Hardy-Weinbergovu равнотежу. Вишак хомозигота установљен је код свих локуса, изузев локуса PMGC_14 код кога је очекивана хетерозиготност мања од запажене. На шест локуса (PMGC_2163, PMGC_2550, PMGC_2607, WPMS_9, WPMS_16, WPMS_20) на којима је забележен вишак хомозигота постоји значајно одступање од Hardy-Weinbergove равнотеже. Просечно одступање од Hardy – Weinbergove равнотеже унутар популације, чији је узрок међусобно укрштање - „*inbreeding*“ утврђено је коефицијентом инбридинга (F_{is}).

Коефицијент инбридинга (F_{is}) у истраживаној популацији креће се у опсегу од -0,055 (PMGC_14) до 0,424 (PMGC_2607). Вредности коефицијента

инбридинга код свих испитиваних локуса су позитивне, изузев код локуса PMGC_14, где је забележена негативна вредност, што се могло и предвидети с обзиром да је очекивана хетерозиготност на овом локусу мања од запажене хетерозиготности. Средња вредност F_{is} индекса преко локуса има позитивну вредност незнатно већу од нуле (0,143) што указује на постојање вишка хомозигота у истраживаној популацији. Позитивна вредност коефицијента инбридинга показује да инбридинг постоји али још увек није значајно заступљен, тако да је варијабилност на унутарпопулационом нивоу и даље значајна. Високе вредности F_{is} индекса код неких локуса могу указати на постојање нултих алела, који настају као последица мутација на месту везивања прајмера. Алтернативно објашњење вишка хомозигота може бити постојање *Wahlund*-овог ефекта, који настаје као последица присуства субпопулација у оквиру проучаваних популација (Pospíšková and Bartáková, 2004).

Сличне просечне вредности коефицијента инбридинга забележене су у четири популације црне тополе на подручју Војводине (Čortan, 2015), где је просечна вредност F_{is} индекса била 0,132 и кретала се у опсегу од 0,12291 за популацију у горњем току Дунава до 0,13661 за популацију на Сави, као и у 12 популација црне тополе дуж Дунава ($F_{is} = 0,126$) (Jelić *et al.*, 2014). Слаб вишак хомозиготних индивидуа ($F_{is} = 0,03$) установљен је у популацији црне тополе дуж реке Мораве у Чешкој Републици (Pospíšková and Šálková, 2006), где је 6 од 12 локуса показало вишак хомозигота, од којих су само три локуса имала значајно одступање од равнотеже. Насупрот томе, један локус је показао значајан вишак хетерозигота. Rathmacher *et al.* (2010) установљавају позитивну вредност коефицијента инбридинга за адултну ($F_{is} = 0,03$) и јувенилну ($F_{is} = 0,028$) популацију црне тополе дуж реке Едер у Немачкој, при чему у адулној популацији вишак хомозигота је показало 4 од 6 локуса, од којих су само два локуса имала значајно одступање од равнотеже. Сличне резултате добија Smulders *et al.* (2008/a) који су свом истраживању забележили слаб вишак хомозиготних индивидуа ($F_{is} = 0,027$). Насупрот овим истраживањима друга истраживања базирана на микросателитским маркерима показала су вишак хетерозигота ($F_{is} = -0,091$, van Dam *et al.*, 2002; $F_{is} = -0,077$, Imbert and Lefèvre, 2003; $F_{is} = -0,015$, Pospíšková and Bartáková, 2004).

Компарацијом средњих вредности коефицијента инбридинга можемо констатовати да је највећи средњи коефицијент инбридинга забележен у популацији црне тополе на подручју Великог ратног острва, који је готово идентичан са популацијама црне тополе на подручју Војводине и популацијама црне тополе дуж Дунава. Међутим, унутарпопулациона варијабилност у овим популацијама је и даље на значајном нивоу, тако да се стабилност ових популација не доводи у питање.

Пријем резница у тесту потомства кретао се у опсегу од 63,2% код клона број 6 до 80,4% код клона број 10 (просек 71,6%), док се успех преживљавања једногодишњих садница кретао у опсегу од 60,0% код клона број 6 до 78,4% код клона број 10 (просек 69,1%). Резултати пријема резница и преживљавања једногодишњих садница у тесту потомства показују задовољавајући успех пријема и преживљавања посебно ако се има у виду да резнице потичу од садница из клонског архива, који је основан од избојака сакупљених од старијих стабала у природној популацији. Због порекла полазног материјала од кога је основан клонски архив саднице су биле нешто мањих димензија, па резнице израђене од њих нису имале задовољавајуће анатомско-физиолошке карактеристике. Ово је у складу са резултатима истраживања Ballian and Mekić (2008) који су проучавајући пријем резница у клонском архиву у расаднику закључили да велики проблем приликом пријема резница представља старост матичних стабала са којих су сакупљене резнице. У клонском архиву, у који је било укључено 161 стабло аутохтоне црне тополе и 14 хибридних и егзотичних црних топола, пријем резница био је 61,55%, а успех преживљавања 49,77%, при чему су хибридне тополе показале боље резултате у закоренивању (од 90 до 100%), што представља њихову предност над аутохтоним црним тополама. Alkinani (1972) је у свом истраживању установио да је просечан проценат пријема резница код клона I-214 у ожилишту био 71,1%, док Zufa (1963) у недостатку експерименталних истраживања наводи искуствен податак да се може рачунати са око 70% квалитетних двогодишњих садница у односу на број пикираних резница.

Ожиљавање резница и раст и развој ожиљеница у расаднику зависи од много фактора. Fege (1983) наводи већи број фактора који су од значаја за ожиљавање резница у расадничкој производњи, као што су време израде резница,

услови чувања, припрема резница пре побадања у земљу, генотип, величина резница, услови земљишта и др. Kovačević *et al.* (2010) наводи да ожиљавање резница и раст и развој ожиљеница поред тога што зависи од физиолошког стања резница и мноштва фактора спољашње средине који су у домену саме технологије производње, зависи и од самих генотипова, што се узима у обзир у процесу оплемењивања. У оквиру рода постоји велика разлика између врста и хибрида у погледу способности ожиљавања резница из прута, као и врло велика варијабилност у том погледу између генотипова исте врсте. Варијабилност резница истог генотипа зависи и од положаја на избојку, који је вероватно условљен анатомско-физиолошким разликама појединих делова избојка, из којих се секу резнице, као и услова гајења, те тако најбоље резултате дају резнице из доњих делова у поређењу са резницама из средњих и горњих делова ожиљенице (Crvenčanin, 1967; Kovačević *et al.*, 2010). Преживљавање резница са исте позиције опада са висином шибе из које су израђене, што упућује да преживљавање вероватно опада и са пречником резница узетих са исте позиције (Kovačević *et al.*, 2010). Највећу висину показују саднице настале из резница узетих из доњих делова шибе, а најмању висину показују саднице настале из резница узетих из горњих делова шибе (Kovačević *et al.*, 2010). С друге стране Mutibarić (1961) наводи да се саднице нису битније разликовале по димензијама у зависности од положаја резнице на ожиљеници из које су настале. Alkinani (1972) је утврдио уску зависност између количине падавина мај-јун и процента пријема, па је тако у години са повољним плувиометријским режимом у периоду мај-јун пријем био знатно већи у односу на годину са малом количином падавина у истом периоду.

Имајући у виду мноштво фактора од којих зависи пријем резница и успех преживљавања садница, али и то да су резнице узете из истих делова ожиљеница (горњи, средњи и вршни делови), да су све резнице прошле кроз исти третман, као и да су спољашњи услови били уједначени различит проценат пријема и преживљавања у тесту потомства можемо окарактерисати као варијабилност различитих генотипова црне тополе.

Пријем једногодишњих садница након њихове пресадње у пољску банку гена кретао се у опсегу од 98% код клона број 2 до 100% код клонова број 1, 4, 6, 8, 9, 10, 11 и 15 (просек 99,8%), док се успех преживљавања двогодишњих

садница кретао у опсегу од 72,0% код клона број 2 до 96,0% код клона број 15 (просек 89,3%). Резултати пријема и преживљавања садница у пољској банци гена показују задовољавајући успех пријема и преживљавања посебно ако се имају у виду временске прилике током 2015. године са дугим сушним периодима у току вегетације (малим количинама падавина и високим температурама) непогодним за пријем и преживљавање садница.

Стабилна генетска структура и задовољавајући степен генетичке варијабилности представљају полазну основу за дефинисање адекватне стратегије конзервације и усмереног коришћења генофонда црне тополе на подручју Великог ратног острва. Овим је уважен основни предуслов за успешну конзервацију генофонда црне тополе, који подразумева стабилност и висок ниво генетичке варијабилности у природним популацијама (Pospíšková and Šálková, 2006; Rathmacher *et al.*, 2010; Jelić *et al.*, 2014). Дефинисана стратегија конзервације заснована је на процени стања популације, што је у складу са наводима Flush *et al.* (2002) да поред генетичког диверзитета стратегију конзервације расположивог генофонда треба базирати и на процени стања популације. Поред тога, одлука о адекватној стратегији конзервације донета је и на основу дистрибуције врсте, специфичних циљева конзервације, биоеколошких карактеристика врсте која је предмет конзервације и расположивог знању о гајењу и газдовању овом врстом (FAO, 1989; Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2010).

Формирањем мреже *in situ* конзервационих станишта испуњене су препоруке (Koski *et al.*, 2007) да конзервациона станишта треба да буду распоређена тако да покривају просторне генетичке варијације и обухватају довољан број генотипова који укључују већину заједничких алела, али није у потпуности испуњена препорука да регенерација природних популација мора бити осигурана. Успуњење ове препоруке представља проблем због специфичних услова потребних за клијање семена и успостављање нових младих популација црне тополе (Cottrell, 2004; Pospíšková and Šálková, 2006), који подразумевају осветљена места са свежим наносима песка и шљунка, без вегетације (Barsoum, 2001). Како оваквих површина на Великом ратном острву нема извршена је идентификација нових потенцијалних површина за природно обнављање које уз одређене људске интервенције треба прилагодити овој намену. Подмладне

површине лоциране су у непосредној близини репродуктивно зрелих стабала, која их окружују. С обзиром на удаљеност између потенцијалних површина за природно подмлађивање и репродуктивно зрелих стабала семе ветром може бити пренето до њих. Ово потврђују резултати истраживања која су се бавила утврђивањем дистанце дисперзије полена и семена (DiFazio, 2004; Imbert and Lefèvre, 2003; Pospíšková and Šálková, 2006; Rathmacher *et al.*, 2010; Bialozyt, 2012). У већини ових истраживања констатована је знатно већа дистанца преношења полена у односу на дистанцу преношења семена, а као главни разлог наводи се његова величина и тежина у поређењу са семеном. Imbert and Lefèvre (2003) истраживали су проток гена црне тополе дуж реке Дром у Француској при чему су закључили да се проток гена између популација искључиво дешава путем дисперзије полена, док је ефективна дисперзија семена ограничена за дистанце веће од 1-3 km. Rathmacher *et al.* (2010) у свом истраживању констатује да се укупна ефективна дистанца преношења полена кретала у опсегу од око 5 до 8.200 m, са средњом вредношћу од 582 m. Највећи део протока гена (тј. 70%) одвијао се на дистанци мањој од 1 km, док је само око 4% репродуктивно ефикасног полена преношено на дистанце веће од 2 km. Дисперзија семена кретала се од 23 – 6923 m, где је само око 1% семена прелазило дистанцу већу од 2 km. DiFazio (2012) у свом истраживању такође наводи већу дистанцу дисперзије полена (440 m), у односу на дистанцу преношења семена која је мања (220 m). С друге стране, Pospíšková and Šálková (2006) у свом истраживању констатују да је дисперзија полена била у опсегу од 10 до 230 m, а семена од 163 до 370 m. Bialozyt (2012) констатује да се највећи проценат полена (75%) и семена (86%) разнесе на дистанци мањој од 1 km, док свега мали проценат пређе 2 km.

Идентификацијом потенцијалних површина за природно обнављање подмлађивање није осигурано, јер се црна топола обнавља спорадично (Legionnet *et al.*, 1999), па је на основу знања о гајењу и газдовању црном тополлом донета одлука о спровођењу мера *ex situ* конзервације. Овај вид конзервација црне тополе започет је оснивањем клонског архива, чиме је постављена основа за контролисану производњу квалификованог репродуктивног материјала, а настављен преко оснивања теста потомства у расаднику и пољске банке гена на подручју Великог ратном острву. На тај начин на Великом ратном острву

повећана је површина под генетичким ресурсима црне тополе и успостављене су нове младе популације које ће у највећој мери одражавати оригиналну генетичку разноврсност и дозволити дугорочну адаптацију на локалне услове места где је обављена садња. Повећање површина под шумом, садњом добро адаптираних аутохтоних врста, повећава се проток гена и јача капацитет популација дрвећа да се прилагоде будућим променама животне средине (Maksimović *et al.*, 2015).

Резултати истраживања популације црне тополе на подручју Великог ратног острва указују да се ефикасна генетичка конзервација може остварити једино комбинацијом мера *in situ* и *ex situ* конзервације, што је у складу са наводима већине истраживача који су се бавили овом тематиком. С тим у вези, Lefèvre *et al.* (2001) наводе да је за очување црне тополе у природним популацијама потребно спровести комбиновану генетичку конзервацију (*in situ* и *ex situ*) коју треба интегрисати са интензивним активностима на оплемењивању, конзервацији и рестаурацији станишта. Toplu (2005) наводи да су програми конзервације црне тополе у Турској покренути у оквиру EUFORGEN мреже фокусирани на *in situ* мерама конзервације. Међутим, подручја погодна за *in situ* конзервацију су ограничена, услед угрожености природних популација од урбанизације и лошег управљања руралним ресурсима, па је *in situ* конзервација, често допуњена или замењена *ex situ* конзервацијом, којој се у последње време посвећује већа пажња. Према Ballianu and Mekiću (2008) у Босни и Херцеговини проблем представља стално уништавање станишта аутохтоне црне тополе регулацијом речних токова, отварањем шљункара, депоновањем отпадног материјала, као и непостојање законске регулативе која би заштитила постојећи генофонд црне тополе. Мере заштите на природним стаништима тешко да би дале резултате, с обзиром да се ради о зони са интензивном пољопривредном производњом и градњом, а у Херцеговини и са честим пожарима, па аутори предлажу подизање клонских архива *ex situ*, на заштићеним местима која су мање изложена људским активностима. Стратегију очувања шумских генетичких ресурса црне тополе Kajba *et al.* (2005) су поделити у три оперативна циља: осигурати оптимално могућу количину природне обнове (појаву малата), спречити губитак индивидуалне способности опстанка у следећим генерацијама и идентификовати и сачувати локалне и регионалне семенске базе. У циљу

постизања ових циљева потребно је интензивирати селекцију, размножавање и тестирање клонова домаће црне тополе како би се добио квалитетан садни материјал за обнављање састојина ритских шума. Jelić *et al.* (2014) наводе да је за очување популација црне тополе најприкладније извршити заштиту и унапређење њених природних станишта. Међутим, *in situ* конзервација неће бити применљива у великим деловима њеног природног распрострањења дуж тока Дунава, због урбанизације и веома честе фрагментираности и поремећености природних састојина. Стога, *in situ* конзервација може бити ограничена на мања подручја, као што су приобалне шуме изоловане од култивисаних засада. С друге стране, Rathmacher *et al.* (2010) предлаже да се конзервација фокусира на велике и разноврсне популације у којима је неопходно обезбедити нове погодне површине за природно подмлађивање у оквиру дистанце дисперзије полена и семена потенцијалних родитељских стабала. Стратегију конзервације треба фокусирати на одржавање и унапређење метапопулација које су у непосредној близини једна другој, на удаљености не већој од 1 km, на којој се највећи део ефективног полена дисперзује. Појединачна стабла из таквих популација се могу користити за сакупљање полазног репродуктивног материјала за оснивање *ex situ* конзервационих јединица.

9. ЗАКЉУЧЦИ

На основу истраживања која су спроведена у периоду 2011 - 2015. године, на територији заштићеног подручја „Велико ратно острво“ у циљу конзервације и усмереног коришћења генофонда црне тополе може се закључити следеће:

- увидом у стање популације црне тополе на подручју Великог ратног острва евидентирано је 907 стабала (843 појединачна стабла и 6 група стабала са укупно 64 стабла);
- популација црне тополе на подручју Великог ратног острва је једнодобна и поједина стабла у датим станишним условима постижу изузетне димензије;

- популација црне тополе на подручју Великог ратног острва је угрожена експанзијом инвазивних врста које онемогућавају њено природно обнављање;
- процењено стање популације црне тополе на подручју Великог ратног острва указује на постојање потребе за конзервацијом расположивог генофонда применом адекватних мера конзервације;
- анализа морфолошких карактеристика листова показује да унутар истраживане популације постоји значајна варијабилност, за свих седам анализираних својстава листова;
- анализом 11 микросателитских локуса укупно је утврђено 110 алела, просечно 10 алела по сваком локусу. Просечан број ефективних алела (N_e) по сваком локусу био је 6,506;
- хетерозиготност ($H_o = 0,702$; $H_e = 0,822$) у истраживаној популацији је прилично висока што указује на велику унутарпопулациону варијабилност;
- F_{is} индекса преко локуса има позитивну вредност незнатно већу од нуле (0,143) на основу кога закључујемо да инбридинг у популацији постоји али још увек није значајно заступљен, тако да је варијабилност на унутарпопулационом нивоу и даље значајна;
- стабилна генетичка структура и задовољавајући степен генетичке варијабилности констатован на нивоу популације представља добру полазну основу за конзервацију и усмерено коришћење генофонда и даље оплемењивање врсте;
- у циљу *in situ* конзервације дефинисана су три конзервациона станишта укупне површине 56 ha и 99 ar (конзервационо станиште А површине 27 ha и 90 ar; конзервационо станиште В површине 7 ha и 84 ar и конзервационо станиште С површине 21 ha и 25 ar) и идентификоване нове потенцијалне површине погодне за природно подмлађивање укупне површине 16 ha и 50 ar;

- *ex situ* конзервација црне тополе спроведена је оснивањем: клонског архива у расаднику, чиме је постављена основа за очување дела генофонда и контролисану производњу квалификованог репродуктивног материјала; теста потомства у расаднику у коме је проверен генетски потенцијал материнских стабала и пољске банке гена, која ће послужити за очување дела расположивог генофонда и повећање површине под генетичким ресурсима ове врсте;
- мере *in situ* конзервације допринеће одржавању постојећег стања и могућем генетском унапређењу популације црне тополе, чиме ће се спречити даља генетска деградација ове врсте на подручју Великог ратног острва;
- мере *ex situ* конзервације допринеће повећању површина под генетских ресурсима црне тополе. На тај начин успоставиће се популације које ће у највећој мери одражавати оригиналну генетичку разноврсност и дозволити дугорочну адаптацију на локалне услове места где је обављена садња.

10. ЛИТЕРАТУРА

1. (2008). Posebna osnova gazdovanja šumama za G.J. „Veliko ratno ostrvo“ (2008-2017). Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, (1-84).
2. Adams, W.T. (1992). Gene dispersal within forest tree populations. *New Forests* 6, 217-240.
3. Agúndez, D., Fluch S., Maestro C., Alba, N. (2001). Introgression genetic procedente de plantaciones de híbridos en rodales naturales de *Populus nigra*. *Actas del III Congreso Forestal Español* Vol. II, 546–552.
4. Alba, M., Maestro, C., Agundez, D., Notivol, E. (2002). Advances in the preservation of genetic resources in *Populus nigra* L. Spain. In: Genetic diversity in river population of European black poplar implications for riparian eco-system management. (van Dam, B.C., Bordacs, S. Eds.). Proceedings of the International Symposium held in Szekszard, May 16-20, 2001, Hungary, 125-136.
5. Aleksić, J., Orlović, S. (2004). *Ex situ* conservation resources of field elem (*Ulmus minor* Mill.) and European white elm (*Ulmus laevis* Pall.). *Genetika* 36(3), 221-227.
6. Alimohamadi, A., Asadi, F., Aghdaei, R.T. (2012). Genetic diversity in *Populus nigra* L. populations from west Iran. *Ann.For.Res* 56(1), 165-178.
7. Alkinani, A. (1972). Uticaj ekoloških faktora dunavskog aluvija na razvoj na razvoj sadnica *Populus x euramericana* (Dode) Guinier cl. I-214. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Univerzitet u Beogradu, 1-213.
8. Allendorf, F.W., Leary, R.F., Spruell, P., Wenburg, J.K (2001). The problems with hybrids: setting conservation guidelines. *Trends Ecol. Evol* 16, 613–622.
9. Arens, P., Coops, H., Jansen, J., Vosman, B. (1998). Molecular genetic analysis of black poplar (*Populus nigra* L.) along Dutch rivers. *Molecular Ecology* 7, 11–18.
10. Ballian, D. (2006). Biljezi i osnovne mjere genetičke varijabilnosti značajne u molekularno genetičkim istraživanjima. *Šumarski list* 1-2, 41-46.
11. Ballian, D., Kajba, D., Idzajt, M. (2006). Morphological diversity of hairy European Black Poplar (*Populus nigra* subsp. *caudina*) in Bosnia and

Herzegovina. *Bulletin Faculty of Forestry University of Banja Luka* 5, 13 – 22.

12. Ballian, D., Bogunić, F., Božić, G. (2007). Genetic Variability of Norway Spruce (*Picea abies* /L./ H. Karst.) in the Bosnian Part of the Dinaric Mountain Range. *Šumarski list* 5-6, 237-246.
13. Ballian, D., Mekić, F. (2008). Klonski arhiv Bosansko-Hercegovačkih populacija crne topole (*Populus nigra* L.) u Žepču – podizanje i upotreba klonskog materijala. *Naše šume* 12/13, 16-24.
14. Ballian, D., Giersberg, B., Trober, T. (2008). Genetic Variability of Common Yew (*Taxus baccata* L.) in Bosnia and Herzegovina. *Šumarski list* 9-10, 431-443.
15. Banković, S., Medarević, M. (2009). Kodni priručnik za informacijski sistem o šumama Republike Srbije – Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, 1-179.
16. Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N., Šljukić, B., Obradović, S. (2009). Šumski fond Republike Srbije-stanje i problem. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 100, 7-30.
17. Bardat, Ph., Adams, W.T., Müller-Starck, G. (1995). Population genetics and conservation of forest trees. SPB Academic Publishing, Amsterdam, Netherlands.
18. Barsoum, N. (2001). Regeneration - requirements and promotion measures. In "EUFORGEN Technical Bulletin: *In situ* conservation of *Populus nigra*" (Lefèvre, F., Barsoum, N., Heinze, B., Kajba, D., Rotach, P., de Vries, S.M.G., Turok, J. Eds.), IPGRI, Rome, Italy, 16 – 24.
19. Barsoum, N. (1998). A comparison of vegetative and non-vegetative regeneration strategies in *Populus nigra* L. and *Salix alba* L. PhD Thesis. University of Cambridge, England, UK.
20. Barsoum, N., Hughes, F.M.R. (1998). Regeneration response of black poplar to changing river levels. Hydrology in a Changing Environment (eds Wheather, H., Kirby, C.). John Wiley and Sons, Chichester, 347–412.
21. Batos, B. (2010). Populaciona i individualna varijabilnost hemijskih markera – flavoida i morfo-anatomskih karakteristika hrasta lužnjaka (*Quercus robur*

- L.). Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
22. Berberović, Lj. (2012). Biodiverzitet - pojam i fenomenologija. Drugi međunarodni kolokvijum „Biodiverzitet – teorijski i praktični aspekti“. Zbornik radova/Proceedings 22, Sarajevo, 37-46.
 23. Beringen, R. (1998). Natuurlijke verjonging en hybridisatie bij populieren. *Gorteria* 24, 139–147.
 24. Benetka, V., Mottl, J., Vacková, K., Pospíšková, M., Dubsky, M. (1999). Estimation of the introgression level in *Populus nigra* L. populations by means of isozyme gene markers. *Silvae Genetica* 48(5), 218-223.
 25. Benetka, V., Vacková, K., Bartáková, I., Pospíšková, M., Rasl, M. (2002). Introgression in black poplar (*Populus nigra* L. spp. *nigra*) and its transmission. *Journal of Forestry science* 48(3), 115-120.
 26. BfN (2008). Nature data 2008. Federal Agency for Nature Conservation (BfN).
 27. Bialozyt, R. (2012). Gene flow in poplar – experiments. Analysis and modelling to prevent transgene outcrossing. *iForest* 5, 147-152.
 28. Bisoffi, S., Cagelli, L. (1992). Leaf shape as a tool for the discrimination among poplar clones, Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura. *Casale Monferrato*, 19.
 29. Bordács, S., Borovic, A., Bach, I. (2002). Genetic diversity of natural populations and gene bank of Black Poplar in Hungary. In: Genetic diversity in river population of European black poplar implications for riparian ecosystem management. (van Dam, B.C., Bordacs, S. Eds.). Proceedings of the International Symposium held in Szekszard, May 16-20, 2001, Hungary, 93-106.
 30. Bordács, S., Bach, I. (2014). Restoration and afforestation with *Populus nigra* in Hungary. In: Bozzano, M., Jalonen, R., Thomas, E., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordács, S., Smith, P., Loo, J. (Eds.). The state of the world's forest genetic resources – Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 233 – 235.

31. Braatne, J.H., Rood, S.B., Heilman, P.E. (1996). Life history, ecology, and reproduction of riparian cottonwoods in North America. In: Stettler, R.F., Bradshaw, H.D., Heilman, P.E., Hinckley, T.M. (Eds.). *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. NRC Research Press, Ottawa, Canada, 57–85.
32. Braatne, J.H., Brunsfeld, S.J., Hipkins, V.D., Wilson, B. L. (2006). Naturalization of plains cottonwood (*Populus deltoides* subsp. *monilifera*) along river drainages west of the Rocky Mountains. *Western North American Naturalist* 66, 310 - 320.
33. Brus, R., Galien, U., Božič, G., Jarni, K. (2010). Morfological study of the leaves of two European black poplar (*Populus nigra* L.) population in Slovenia. *Periodicum Biologorum* 112(3), 317-325.
34. Bunuševac, T., Kolić, B. (1959). Klimatski uslovi severo-istočne Srbije i pojava sušenja stabala u njenim bukovim šumama. Beograd. 9-13.
35. Butcher, P.A., Glaubitz, J.C., Moran, G.F. (1999). Applications for microsatellite markers in the domestication and conservation of forest trees. *Forest Genetic Resources* 27, 34-42.
36. Cagelli, L., Lefevre, F. (1995). The conservation of *Populus nigra* and gene flow with cultivated poplars in Europe. *Forest Genetics* 2, 135-144.
- Castiglione, S., Wang, G., Damiani, G., Bandi, C., Bisoffi, S., Sala, F. (1993). RAPD fingerprints for identification and for taxonomic studies of elite poplar (*Populus* spp.) clones. *Theoretical and Applied Genetics* 87, 54 -59.
37. Chase, M., Kesseli, R., Bawa K. (1996). Microsatellite markers for population and conservation genetics of tropical trees. *Am J Bot* 83, 51–57.
38. Chenault, N., Arnaud-Haond, S., Juteau, M., Valade, R., Almeida, J.L., Villar, M., Bastien, C., Dowkiw, A. (2011). SSR-based analysis of clonality, spatial genetic structure and introgression from the Lombardy poplar into a natural population of *Populus nigra* L. along the Loire River. *Tree Genetics & Genomes* 7(6), 1249-1262.
39. Cole, C. T. (2005). Allelic and population variation of microsatellite loci in aspen (*Populus tremuloides*). *New Phytologist* 167, 155-164.

40. Cooper, F. M. P., Jones, M., Watkins, C., Wilson, Z. A. (2002). Geographic distribution and genetic diversity of black poplar. R & D Technical Report W1-022/TR. Environment Agency, Bristol.
41. Cottrell, J. (2004). Conservation of Black Poplar (*Populus nigra* L.). Information note - Forestry Commission, Edinburg, UK, 1-6.
42. Cottrell, J.E., Forrest, G.I., White, I.M.S. (1997). The use of RAPD analysis to study diversity in British black poplar (*Populus nigra* L. subsp. *betulifolia* (Pursh) W. Wettst. (*Salicaceae*)) in Great Britain. *Watsonia* 21 (4), 305-312.
43. Cottrell, J.E., Tabbener, H.E., Forrest, G.I. (2002). Distribution of variation in British Black Poplar: the role of human management. In: Genetic diversity in river population of European black poplar implications for riparian eco-system management. (van Dam, B.C., Bordacs, S. Eds.). Proceedings of the International Symposium held in Szekszard, May 16-20, 2001, Hungary, 73-84.
44. Cottrell, J.E., Munro, R.C., Tabbener, H.E., Milner, A.D., Forrest, G.I., Lowe, A.J. (2003). Comparison of fine-scale genetic structure using nuclear microsatellites within two British oakwoods differing in population history. *For. Ecol. Manage.* 176, 287–303.
45. Cottrell, J.E., Krystufek, V., Tabbener, H.E., Milner, A., Connelly, T. Sing, L., Fluch, S., Burg, K., Lefèvre, F. Achard, P. Bordács, S., Gebhardt, K., Vornam, B., Smulders R., Vanden Broeck, A.H., Van Slycken, J., Storme, V., Boerjan, W., Castiglione, S. Fossati, T., Alba, N., Agúndez, D., Maestro, C., Novitol, E., Bovenschen, J., van Dam, B. (2005). Postglacial migration of *Populus nigra* L.: lessons learnt from chloroplast DNA. *Forest Ecol and Manag.* 219, 293–312.
46. Čortan, D. (2015). Procena varijabilnosti prirodnih populacija crne topole (*Populus nigra* L.) na području Vojvodine primenom genetičkih markera. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet-Univerzitet u Beogradu, 1-213.
47. Crvenčanin, M. (1967). Neka iskustva kod podizanja rasadnika I-214 u Zlatnoj Gredi. *Topola* 17/18, 4-8.

48. de Vries, S.M.G. (1995). *Populus nigra* in the Netherlands. In: Frison, E., Lefevre, F., de Vries, S., Turok, J. (Eds.). *Populus nigra* Network. Report of the first meeting, Izmit, Turkey, 3-5 October 1994, IPGRI, Rome, 1995, 46.
49. Dickmann, D.I., Kuzovkina, J. (2008). *Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species*. International Poplar Commission Working 693 Paper IPC/9-2, FAO, Rome, Italy.
50. DiFazio, S.P., Slavov, G.T., Burczyk, J., Leonardi, S., Strauss, S.H. (2004). Gene flow from tree plantations and implications for transgenic risk assessment. In: Walter, C., Carson, M. (Eds.). *Plantation Forest Biotechnology for the 21st Century*, Research Signpost, 405–422.
51. DiFazio, P.S. (2012). *Measuring and modeling gene flow from hybrid poplar plantations: Implications for transgenic risk assessment*. Ph.D.thesis. Oregon State University.
52. Dumolin, S., Demesure, B., Petit, R.J. (1995). Inheritance of chloroplast and mitochondrial genomes in pedunculate oak investigated with an efficient PCR method. *Theoretical and Applied Genetics* 91(8), 1253-1256.
53. Đorđević, J. (2007). *Stanje šuma Velikog ratnog ostrva*. Diplomski rad. Šumarski fakultet Univerzitet u Beogradu, 1-36.
54. Eckenwalder, J.E. (1996). Taxonomic signal and noise in multivariate interpopulational relationships in *Populus mexicana* (Salicaceae). *Systematic botany* 21(3), 261-271.
55. Eisenreich, H. (1959). *Schnellwachsende Holzarten. Ein Leitfaden* (ruski prevod), Moskva.
56. FAO, (1989). *Plant Genetic Resources: their conservation in situ for human use*. FAO of the United Nations, Rome.
57. Fege, A.S. (1983). *The practice and physiological basis of collecting, storing and planting Populus hardwood cuttings*. Gen Tech. Report. NC-91, 11.
58. Fladung, M., Kumar, S., Raj Ahuja, M. (1997). Genetic transformation of *Populus* genotypes with different chimaeric gene constructs: transformation efficiency and molecular analysis. *Transgenic Research* 6, 111-121.
59. Flush, S., Krystufek, V., Burg, K. (2002). A chloroplast marker system for studying genetic variation in *Populus nigra*. In: *Genetic diversity in river*

- population of European black poplar implications for riparian eco-system management. (van Dam, B.C., Bordacs, S. Eds.). Proceedings of the International Symposium held in Szekszard, May 16-20, 2001, Hungary, 33-38.
60. Fossati, T., Grassi, F., Sala, F., Castiglione, S. (2003). Molecular analysis of natural populations of *Populus nigra* L. intermingled with cultivated hybrids. *MolEcol* 12, 2033–2043.
 61. Franjić, J., Liber, Z. (2001). Molekularna biologija u šumarstvu. *Šumarski list* 9-10, 495-500.
 62. Galović, V., Orlović, S. (2007). Overview of DNA basic studies of genetic variability in Poplars. *Topola* 179/180, 71-79.
 63. Gamini, H. (2004). Incorporating community objectives in improved wetland management: the use of the analytic hierarchy process. *Journal of Environmental Management* 70, 263–273.
 64. Gao, J., Zhang, S., Qi, L., Zhang, Y., Wang, C., Chen, R., Song, W. (2007). AFLP fingerprinting of elite varieties (clones) from the genus *Populus*. *Frontiers of Forestry in China* 2(2), 204-209.
 65. Gaudet, M. (2006). Molecular approach to dissect adaptive traits in native European *Populus nigra* L.: Construction of a genetic linkage map based on AFLP, SSR, and SNP markers. PHD Thesis. The Department of Forest Environment and Resources in University of Tuscia, Italia.
 66. Guillo, Froget, H., Muller, E., Barsoum, N., Hughes, F.M.R. (2002). Dispersal, germination and survival of *Populus nigra* (L.) (*Salicaceae*) in changing hydrologic conditions. *Wetlands* 22(3), 478–488.
 67. Haig, S. M. (1998). Molecular contributions to conservation. *Ecology* 79(2), 413-425.
 68. Hall, D., Luquez, V., Garcia, V.M. (2007). Adaptive population differentiation in phenology across a latitudinal gradient in European Aspen (*Populus tremula* L.). A comparison of neutral markers, candidate genes and phenotypic traits. *Evolution* 61, 2849–2860.
 69. Hamrick, J.L., Godt, M.J.W., Sherman-Broyles, S.L. (1992). Factors influencing levels of genetic diversity in woody species. *New forests* 6, 95-124.

70. Heinze, B. (1997/a). *Populus nigra* in Austria - rare, endangered, not recognised?. In: Turok, J., Lefevre, F., de Vries, S., Toth, B. (Eds.). *Populus nigra* Network. Report of the third meeting, Sarvar, Hungary, 5-7 October 1996, IPGRI, Rome, 1997, 34-40.
71. Heinze, B. (1997/b). A PCR Marker for a *Populus deltoides* allele and its use in studying introgression with native European *Populus nigra*. *Belgian Journal of Botany* 129, 123–130.
72. Heinze, B. (1998/a). Biochemisch-genetische Erfassung von Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) Reliktvorkommen. Forschungsberichte Hess. Landesanst. Forsteinr. *Waldforschung und Waldökologie* 24, 43–60.
73. Heinze, B. (1998/b). Erhaltung der Schwarzpappel in Österreich-forstwirtschaftliche, genetische und ökologische Aspekte. FBVA-Berichte Nr. 106, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Wien.
74. Heinze, B. (1998/c). PCR-Based chloroplast DNA assays for the identification of native *Populus nigra* and introduced poplar hybrids in Europe. *Forest Genetics* 5, 31-38.
75. Heinze, B. (2008). Genetic trace of cultivated hybrid poplars in the offspring of native *Populus nigra* in Austria. *Preslia* 80, 365-374.
76. Herpka, I. (1986). A survey of development and possibilities of growing: natural forests of poplars and willows. In: *Poplars and Willows in Yugoslavia*. Poplar Research Institute, Novi Sad, 21 – 36.
77. Houzagers, G., Pourtet, J. (1959). Klasifikacija, određivanje i rasprostranjenje tipova topole u proizvodnji drveta i iskorišćavanju zemljišta. Prevod sa francuskog, Beograd.
78. Hupp, C.R. (1992). Riparian vegetation recovery patterns following stream channelization: a geomorphic perspective. *Ecology* 73, 1209–1226.
79. Imbert, E., Lefèvre, F. (2003). Dispersal and gene flow of *Populus nigra* (*Salicaceae*) along a dynamic river system. *JEcol* 91, 447–456.
80. IPGRI, (2000). Forest Genetic Resources. IPGRI's Strategic Action Plan, IPGRI, Rome, Italy.
81. Isajev, V., Šijačić-Nikolić, M. (2001). *Ex situ* pool conservation of Serbian spruce (*Picea omorika* /Panč./ Purkyne) and Balkan maple (*Acer heldrichii*

- Orph.) in seedling seed orchard. 1st International Symposium: "Food in the 21st Century", 17-19. November, Subotica, Yugoslavia. Book of Abstracts, 142.
82. 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.
 83. Isajev, V., Mladenović-Drinić, S., Lučić, A. (2008). Primena molekularnih markera u oplemenjivanju četinaru. *Glasnik šumarskog fakulteta* 97, 7-24.
 84. Isajev, V., Orlović, S., Ivetić, V., Lučić, A. (2009). Application of genetic markers in determination of provenance regions of forest trees in Serbia. Proceedings: International Conference „Forestry in achieving millennium goals“, Novi Sad, 31-39.
 85. Ismail, M. (2010). Molecular genetic diversity among natural population of *Populus*. PhD thesis. Faculty of Forestry, University of British Columbia.
 86. IUCN/UNEP/WWF, (1991). Caring for the earth: a strategy for sustainable living. Gland, Switzerland.
 87. Ivetić, V., Isajev, V., Stavretović, N., Mladenović-Drinić, S. (2010). Implementation of Monmonier's algorithm of maximum differences for the regionalisation of forest tree populations as a basis for the selection of seed sources. *Archives of Biological Science* 62(2), 425-430.
 88. Ivetić, V., Isajev, V., Nikolić, A., Krstić, M., Ristić, D., Kostadinović, M. (2012). Delineation of beech provenance regions in Serbia by spatial analysis of genetic diversity. *Genetika* 44(1), 101 - 108.
 89. Iwasa, Y., Levin, S.A. (1995). The timing of life-history events. *Journal of Theoretical Biology* 172, 33-42.
 90. Janssen A. (1998). Artbestimmung von Schwarzpappeln (*Populus nigra* L.) mit Hilfe von Isoenzymmustern und Überprüfung der Methode an Altbäumen. Absaaten von kontrollierten Kreuzungen und freien Abblüten sowie Naturverjüngungen (Species determination of Black poplar (*Populus nigra* L.) based on isozymes and isozyme analysis of black poplar trees, half-sib offsprings and full sib progenies originating from controlled crosses). In: Weisgerber, H., Janssen, A. (Eds.). Die Schwarzpappel, Hessischen

- Landesanstalt für Forsteinrichtung. *Waldforschung und Waldökologie*, 1998, 32–42.
91. Jelić, M., Panteković, A., Kurbalija Novičić, Z. (2014). Genetic variability of *Populus nigra* L. in the Danube Basin. In: Variability of European Black Poplar (*Populus nigra* L.) in the Danube Basin (Tomović, Z., Vasić, I., Eds.). Proceedings of the Danubeparks conference held in Novi Sad, 24. April, Serbia, 86-117.
 92. Jovanović, B., Tucović, A. (1964). Prva inbriding generacija monoecijskog stabla crne topole (*Populus nigra* L.) u okolini Kosovske Mitrovice. *Topola* 42-43, 13-19.
 93. Jovanović, B. (2007). Dendrologija. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, 1-536.
 94. Kajba, D., Idžojić, M., Bogdan, S. (1999). Discriminant analysis of leaf morphological characters of the European Black Poplar (*Populus nigra* L.) in natural populations in Croatia. In: *Populus nigra* network. Report of the fifth meeting, 5-9 May 1999, Kyiv, Ukraine (Turok, J., Lefevre, F., de Vries, S., Alba, N., Heinze, B., Voloyanchul, R., Lipman, E., compilers), International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 73-76.
 95. Kajba, D., Ballian, D., Idžojić, M., Bogdan, S. (2004). The differences among hairy and typical European black poplars and the possible role of the hairy type in relations to climatic changes. *Forest Ecology and management* 197, 279-284.
 96. Kajba, D., Antić, I., Pfeifer, D. (2005). Potrajnost i očuvanje genofonda s posebnim osvrtom na evropsku crnu topolu (*Populus nigra* L.). *Šumarski list* 5–6, 271-278.
 97. Kajba, D., Gračan, J., Ivanković M., Bogdan, S., Gradečki-Poštenjak, M., Littvay, T., Katičić, I. (2006). Očuvanje genofonda šumskih vrsta drveća u Hrvatskoj (Conservation of Forest Genetic Resources in Croatia). *Glasnik za šumske pokuse* 5, 235-249.
 98. Komarov, V.L. (1936). *Topola*. Flora SSSR, t.5. Moskva, Leningrad.

99. Konzen, E. R. (2014). Towards conservation strategies for forest tree endangered species: the meaning of population genetic statistics. *Advances in Foresty science* 1(1), 45-51.
100. Koski, V., Skroppa, T., Paule, L., Wolf, H., Turok, J. (1997). Technical guidelines for genetic conservation of Norway spruce (*Picea abies* Karst.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
101. Kovačević, B., Tomović, Z., Štajner, D., Katanić, M., Drekić, M., Stojnić, S. (2010). Restoracija autohtonih vrsta topola (*Populus* sp.) u aluvijalnim područjima – formiranje genofonda. *Topola* 185-186, 61-68.
102. Kovačević, B. (2014). Variability of leaf morphometric characters in *Populus nigra* populations in the Danube Basin. In: Variability of European Black Poplar (*Populus nigra* L.) in the Danube Basin (Tomović, Z., Vasić, I., Eds.). Proceedings of the Danubeparks conference held in Novi Sad, 24. April, 2014, Serbia, 52-81.
103. Krstić, M. (1992). Gajenje šuma. Praktikum za vežbe. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, 29-37.
104. Krstić, M. (2006). Gajenje šuma: konverzija, melioracija i veštačko obnavljanje. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu: Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, 1-375.
105. Krstinić, A., Trinajstić, I., Kajba, D., Samardžić, J. (1997). Morphological variability of the leaves of black poplar (*Populus nigra* L.) in natural stands along the Sava River (Croatia). In: Turok, J., Lefevre, F., de Vries, S., Alba, N., Heinze, B., Van Slycken, J.. *Populus nigra* Network. Fourth Report of that meeting, October 3-5, 1997, Geraardesbergen, Belgium. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 71-77.
106. Krystufek, M.V. (2001). Population genetic analysis of *Populus nigra* in Austria using nuclear and chloroplast DNA markers. Ph.D. thesis. University of Wien, Wien.
107. Lefèvre, F., Legionnet, A., de Vries, S., Turok, J. (1998). Strategies for the conservation of a pioneer tree species, *Populus nigra* L., in Europe. *Genetics Selection Evolution* 30, 181–196.

108. Lefèvre, F., Kajba, D., Heinze, B., Rotach, P., de Vries, S.M.G., Turok, J. (2001). Black poplar: A model for gene resource conservation in forest ecosystems. *For. Chron.* 77, 239–244.
109. Lefèvre, F., Achard, P., Azais, D., Smulders, M.J.M., van der Schoot, J., Bovenschen, J., Ivens, B., Storme, V., Flush, S., Krystufek, V., Castilione, S. (2002/a). Distribution of *Populus nigra* genetic diversity within France and its consequences for *ex situ* conservation strategies. In: Genetic diversity in river population of European black poplar implications for riparian ecosystem management. (van Dam, B.C., Bordacs, S. Eds.). Proceedings of the International Symposium held in Szekszard, May 16-20, 2001, Hungary, 85-92.
110. Lefèvre, F., Bordács, S., Cottrell, J., Gebhardt, K., Smulders, M.J.M., Vanden Broeck, A., Vornam, B., van Dam, B.C. (2002/b). Recommendations for riparian ecosystem management based on the general frame defined in EUFORGEN and results from EUROPOP. In: van Dam, B.C., Bordács, S. (Eds.). Genetic diversity in river populations of European black poplar, Implications for riparian eco-system management. Proceedings of an international symposium held in Szekszárd, Hungary from 16–25 May, 2001, Csiszár Nyomda Ltd., Budapest, 157–162.
111. Lefort, F., Echt, C., Streiff, R., Vendramin, G.G. (1999). Microsatellite sequences: a new generation of molecular markers for forest genetics. *Forest genetics* 6(1), 15-20.
112. Legionnet, A. (1996). Diversité et fonctionnement génétique des populations naturelles de *Populus nigra* L., espèce pionnière des ripisylves européennes. Thesis. Université Montpellier, France.
113. Legionnet, A., Lefèvre, F. (1996). Genetic variation of the riparian pioneer tree species *Populus nigra* L. I. Study of population structure based on isozymes. *Heredity* 77, 629–637.
114. Legionnet, A., Faivre-Rampant, P., Villar, M., Lefevre, F. (1997). Sexual and asexual reproduction in natural stands of *Populus nigra*. *Bot. Act.* 110, 257-263.

115. Legimonnet, A., Muranty, H., Lefevre, F. (1999). Genetic variation of the Riparian Pioneer Tree Species *Populus nigra*. II. Variation in Susceptibility to Folia Rust *Melampsora larici-populina*. *Heredity* 82, 318–327.
116. Levin, D.A., Francisco-Ortega, J., Jansen, R.K. (1996). Hybridization and the extinction of rare plant species. *Conserv. Biol.* 10, 10–16.
117. Lexer, C., Fay, M.F., Joseph, A., Nica, M.S., Heinze, B. (2005). Barrier to gene flow between two ecologically divergent *Populus* species. *P. alba* (white poplar) and *P. tremula* (European aspen): the role of ecology and life history in gene introgression. *Mol Ecol.* 14, 1045–1057.
118. Lučić, A., Mladenović-Drinić, S., Stavretović, N., Isajev, V., Lavadinović, V., Rakonjac, Lj., Novaković, M. (2010). Genetic diversity of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) populations in Serbia revealed by RAPD. *Arch. Biol. Sci.* 62(2), 329–336.
119. Lučić, A., Isajev, V., Rakonjac, Lj., Mataruga, M., Babić, V., Ristić, D., Mladenović-Drinić, S. (2011). Application of various statistical methods to analyze genetic diversity of Austrian (*Pinus nigra* Arn.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) based on protein markers. *Genetika* 43(3), 477–486.
120. Lučić, A., Cvetičanin, R., Novaković-Vuković, M., Ristić, D., Popović, V., Rakonjac, Lj., Mladenović-Drinić, S. (2013). Interpopulation variability of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) in Serbia. *Genetika* 45(3), 641–654.
121. Lučić, A., Popović, V., Nevenić, M., Ristić, D., Rakonjac, Lj., Ćirković-Mitrović, T., Mladenović-Drinić, S. (2014). Genetic diversity of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in Serbia revealed by SSR markers. *Arch. Biol. Sci.* 66(4), 1485–1492.
122. Lytle, D.A., Poff, N.L. (2004). Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and Evolution* 19, 94–100.
123. 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.
124. Maksimović, Z., Čortan, D., Ivetić, V., Mladenović-Drinić, S., Šijacić-Nikolić, M. (2014). Genetic structure of black poplar (*Populus nigra* L.) population in the area of Great War Island. *Genetika* 46(3), 963–973.

125. Maksimović, Z., Šijačić-Nikolić, M., Aleksić, P., Sovilj, Lj. (2015). Semenski objekti u JP „Srbijašume” kao osnova za konzervaciju i usmereno korišćenje genofonda. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 111, 63-71.
126. Mark, S., Anil, G., Norman, D., Helena, P., Klaus, H., Joe, M., Christina, P., Claire, H., Lindsay, C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management* 90, 1933–1949.
127. Mataruga, M., Isajev, V., Orlović, S., Đurić, G., Brujić, J., Daničić, V., Cvetković, B., Čopić, M., Balotić, P. (2013). Program očuvanja šumskih genetičkih resursa Republike Srpske 2013–2025. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske, Banja Luka, 1-118.
128. Mataruga, M., Isajev, V., Konstantinov, K., Mladenović-Drinić, S., Ballian, D. (2012). Proteins as gene markers of tolerance to drought in Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold). *Phyton* (Horn, Austria) 52(2), 263–280.
129. Michalak, M., Plitta, B.P., Tylkowski, T., Chmielarz, P., Suszka, J. (2015). Desiccation tolerance and cryopreservation of seeds of black poplar (*Populus nigra* L.), a disappearing tree species in Europe. *Eur J Forest Res* 134, 53–60.
130. Milovanović, J., Šijačić-Nikolić, M. (2006). MPBS a method to conserve forest species genetic diversity. International Scientific Conference in occasion of 60 year 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. The Book of Abstracts, 128.
131. 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.
132. Milovanović, J., Šijačić-Nikolić, M. (2010/a). Technical guidelines for Sessile oak genetic conservation strategic priorities implementation in Serbia. International Scientific Conference: Forest ecosystems and climate change, March 9-10th, 2010, Belgrade, Institute of Forestry, Belgrade in cooperation with IUFRO and EFI. Proceedings Volume 2, 41-47.

133. Milovanović, J., Šijačić-Nikolić, M. (2010/b). Characterization of Serbian spruce variability applying isoenzyme markers. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 24(1), 1600-1605.
134. Muller, E., Guilloy-Froget, H., Barsoum, N., Brocheton, L. (2002). *Populus nigra* L. in the Garonne valley: legacy of the past and present constraints. *C.R. Biol.* 325, 1129–1141.
135. Mutibarić, J. (1961). Uticaj topofizisa na gajenje topolovih sadnica. *Topola* 22/23, 15-16.
136. Namroud, M.C., Park, A., Tremblay, F., Bergeron, Y. (2005). Clonal and spatial genetic structures of aspen (*Populus tremuloides* Michx). *Mol Ecol.* 14, 2969–2980.
137. OECD, (2000). Consensus document on the biology of *Populus* L. (poplars). Organisation for Economic Co-operation and Development. Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No. 16, Paris, 2000.
138. Orlović, S., Pilipović, A., Pap, P., Radosavljević, N., Drekić, D. (2005). Genetički resursi evropske crne topole (*Populus nigra* L.) i topola iz sekcije *Leuce* Duby u prirodnim populacijama Srbije i Crne Gore. *Topola* 5-8, 4-8.
139. Orlović, S., Galović, V., Zorić, M., Kovačević, B., Pilipović, A., Galić, Z. (2009). Evaluation of interspecific DNA variability in poplars using AFLP and SSR markers. *African Journal of Biotechnology* 8(20), 5241-5247.
140. 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.
141. Pakull, B., Groppe, K., Meyer, M., Markussen, T., Fladung M. (2009). Genetic linkage mapping in aspen (*Populus tremula* L. and *Populus tremuloides* Michx.). *Tree Genetetics and Genomes* 5, 505-515.
142. Peakall, R., Smouse, P. (2005). GenAlEx Version 6. Population genetics software for teaching and research. The Australian National University, Canberra, Australia.
143. Popivshchy, I.I., Prokazin, A.E., Routkovsky, L.V. (1997). Black poplar in the Russian Federation. In: Turok, J., Lefevre, F., de Vries, S., Toth, B. (Eds.).

- Populus nigra Network. Report of the third meeting, Sarvar, Hungary, 5-7 October 1996, IPGRI, Rome, Italy, 46–52.
144. Porth, I., El-Kassaby, Y. A. (2014). Assessment of the Genetic Diversity in Forest Tree Populations Using Molecular Markers. *Diversity* 6(2), 283-295.
 145. Pospíšková, M., Bartáková, I. (2004). Genetic diversity of a black poplar in the Morava river basin assessed by microsatellite analysis. *Forest Genetics* 11 (3-4), 257-262.
 146. Pospíšková, M., Šálková, I. (2006). Population structure and parentage analysis of black 790 poplar along the Morava River. *Canadian Journal of Forest Research* 36(5), 1067-1076.
 147. Preston, C.D., Pearman, D.A., Dines, T.D. (2002). New atlas of the British and Irish flora. Oxford University Press, Oxford.
 148. Rajora, O.P. (1986). Mating systems and fertilizing pollen gene pools of *Populus deltoides* Marsh. and *P. nigra* L. clones located in different compatible species neighbourhoods as inferred from isozyme analysis. In: Proceedings of the 20th Canadian Tree Improvement Association, Ottawa, Canadian Forest Service, part 2, 134–141.
 149. Rajora, O.P. (1989). Genetic structure and identification of *Populus deltoides* Marsh. clones based on allozymes. *Genome* 32, 440–448.
 150. Rajora, O.P., Rahman, M.H. (2003). Microsatellite DNA and RAPD fingerprinting, identification and genetic relationship of hybrid poplar (*Populus x canadensis*) cultivar. *Theoretical and Applied Genetics* 106, 470–477.
 151. Rathmacher, G., Niggemann, M., Kohnen, M., Ziegenhagen, B., Bialozyt, R. (2010). Short-distance gene flow in *Populus nigra* L. accounts for small-scale spatial genetic structures: implications for *in situ* conservation measures. *Conserv Genet* 11, 1327–1338.
 152. REFORGEN, (2003). FAO World-wide information system on forest genetic resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. (<http://foris.fao.org/reforgen/>).
 153. Romanić, B. (2000). Morfološka varijabilnost lista Evropske crne topole (*Populus nigra* L.) u prirodnim populacijama na području reke Drave u

- Hrvatskoj. Magistarski rad. Šumarski fakultet Sveučilista u Zagrebu, Hrvatska, 1-129.
154. Rhymer, J.M., Simberloff, D. (1996). Extinction by hybridization and introgression. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 27, 83–109.
 155. Safavi, S.M. (2011). Estimation of genetic parameters related to morphological traits in poplar clones. *American Journal of Scientific Research* 27, 105-110.
 156. Salvini, D., Anzidei, M., Fineschi, S., Malvolti, M.E., Turchini, D., Vendramin, G.G. (2001). Low genetic differentiation among Italian populations of *Populus tremula* L. (*Salicaceae*) estimated using chloroplast PCR/RFLP and microsatellite markers. *Forest Genetics* 8, 81-87.
 157. Schierwater, B., Streit, B., Wagner, G.P., Salle, R. De. (1994). Molecular ecology and evolution: Approches and applications. Birkhauser Verlag. Basel, Switzerland.
 158. Shu, W.Y. (1982). Poplar stand investigation in North Xinjiang, Ertix river and Ulungur rivers (English abstract from a Chinese working report). Chinese Academy of Forestry. Internal report 9.
 159. Slavov, G.T., Leonardi, S., Burczyk, J., Adams, W.T., Strauss, S.H., Difizio, S.P. (2009). Extensive pollen flow in two ecologically contrasting populations of *Populus trichocarpa*. *MolEcol* 18(2), 357–373.
 160. Slavov, G. T., Zhelev, P. (2010). Salient biological features, systematics and genetic variation of *Populus*. In: Jansson, S., Bhalerao, R., Groover, A.T. (eds.). *Genetics and genomics of Populus Springer*, 15-38.
 161. Smulders, M.J.M., Bredemeijer, G., Rus-Kortekaas, W., Arens, P., Vosman, B. (1997). Use of short microsatellites from database sequences to generate polymorphisms among *Lycopersicon esculentum* cultivars and accessions of other *Lycopersicon* species. *Theor Appl Genet* 94, 264–272.
 162. Smulders, M.J.M., van der Schoot, J., Arens, P., Vosman, B. (2001). Trinucleotide repeat microsatellite markers for black poplar (*Populus nigra* L.). *Mol Ecol Notes* 1, 188–190.
 163. Smulders, M.J.M., Cottrell, J.E., Lefèvre, F., van der Schoot, J., Arens, P., Vosman, B., Tabbener, H.E., Grassi, F., Fossati, T., Castiglione, S., Krystufek, V., Fluch, S., Burg, K., Vornam, B., Pohl, A., Gebhardt, K., Alba,

- N., Agúndez, D., Maestro, C., Novitol, E., Volosyanchuk, R.T., Pospíšková, M., Bordács, S., Bovenschen, J., van Dam, B.C., Koelewijn, H.P., Halfmaerten, D., Ivens, B., van Slycken, J., Vanden Broeck, A., Storme, V. and Boerjan, W. (2008/a). Structure of the genetic diversity in black poplar (*Populus nigra* L.) populations across European river systems: Consequences for conservation and restoration. *Forest Ecology and Management* 255, 1388–1399.
164. Smulders, M., Beringen, R., Volosyanchuk, R., Vanden Broeck, A., van der Schoot, J., Arens, P., Vosman, B. (2008/b). Natural hybridisation between *Populus nigra* L. and *P. x canadensis* Moench. Hybrid offspring competes for niches along the Rhine river in the Netherlands. *Tree Genetics & Genomes* 4(4), 663–675.
165. Stanton, B.J., Villar, M. (1996). Controlled reproduction of *Populus*. In: Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. (Stettler, R.F., Bradshaw, H.D., Heilman, P.E., Hinckley, T.M. editors). NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 113–138.
166. Stella, J.C., Battles, J.J., Orr, B.K., McBride, J.R. (2006). Synchrony of seed dispersal, hydrology and local climate in a semi-arid river reach in California. *Ecosystems* 9, 1200–1214.
167. Stevanović, V., Vasić, V. (1995). Pregled antropogenih faktora koji ugrožavaju biodiverzitet Jugoslavije. Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. *Ecolobri*, 19–35.
168. Stewart, C.N. Jr., Halfhill, M.D., Warwick S.I. (2003). Transgene introgression from genetically modified crops to their wilde relatives. *Nature Rev. Genet.* 4, 806–817.
169. Steyaert, P., Barzman, M., Billaud, J., Brives, H., Hubert, B., Ollivier, G., Roche, B. (2007). The role of knowledge and research in facilitating social learning among stakeholders in natural resources management in the French Atlantic coastal wetlands. *Environmental science & policy* 10, 537–550.
170. Storme, V., Vanden Broeck, A.H., Ivens, B., Smulders, M.J.M., Halfmaerten, D., Van Slycken, J., Boerjan, W. (2002). *Ex situ* conservation of black poplar

- in Belgium, the margin of the geographical distribution area of the species. In: van Dam, B.C., Bordacs, S., (eds.). Towards the generic diversity in river populations of European black poplar: implications for riparian ecosystem management. Proceedings of an international symposium held Csiszár Nyomda, Hungary, 61-72.
171. Storme, V., Boejeran, W., Vanden Broeck, A.H., Ivens, B., Halfmaerten, D., Van Slycken, J., Castiglione, S., Grassi, F., Fossati, T., Cottrell, J.E., Tabbener, H.E., Lefevre, F., Imbert, E., Fluch, S., Krustufek, V., Burg, K., Bordacs, S., Gebhardt, K., Vornam, B., Pohl, A., Alba, N., Bovenschen, J., van Dam, B., van der Schoot, J., Vosman, B., Smulders, M.J.M. (2004). *Ex-situ* conservation of black poplar in Europe: genetic diversity in nine gene bank collections and their value for nature development. *TheorAppl Genet* 108, 969–981.
 172. Šijačić-Nikolić, M., Isajev, V., Ivetić, V. (2006). Nacionalni parkovi Srbije-oblik očuvanja i korišćenja genofonda šumskog drveća. Zbornik radova sa međunarodne naučne konferencije „Gazdovanje šumskim ekosistemima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja”, Jahorina, 131-137.
 173. Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J. (2007). Konzervacija i usmereno korišćenje šumskih genetičkih resursa—Conservation and directed utilisation of forest genetic resources. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 95, 7-21.
 174. Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Bobinac, M., Savić-Pavićević, D., Brajušković, G., Diklić, M. (2009/a). Variability of the Chloroplast DNA of Sessile oak (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967) in Serbia. *Archives of Biological Sciences* 61(3), 459-465.
 175. Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Bobinac, M. (2009/b). Sessile oak (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967) rare haplotypes appearance in Serbia. *African Journal of Biotechnology* 8(17), 4117-4120.
 176. Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J. (2010). Konzervacija i usmereno korišćenje šumskih genetičkih resursa. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, 1-200.
 177. Šijačić-Nikolić, M. (2012/a). Program genetičke konzervacije drvenastih vrsta Velikog ratnog ostrva. Šumarski fakultet. Izveštaj za projekat, 1-100.

178. Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J. (2012/b). Conservation and sustainable use of forest genetic resources through an example of wetland ecosystems. International Conference: Role of research in sustainable development of agriculture and rural areas, May 23-26, Podgorica, Montenegro. Book of Abstracts, 128.
179. 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.
180. Tabbush, P. (1996). The status of black poplar conservation in Britain. In: Turok, J., Lefevre, F., Cagelli, L., de Vries, S. (Eds.). *Populus nigra* Network. Report of the second meeting, Casale Monferrato, Italy, 10-12 September 1995, IPGRI, Rome, 7-10.
181. Tabbener, H.E., Cottrell, J.E. (2003). The use of PCR based DNA markers to study the paternity of poplar seedlings. *ForEcolManag* 179, 363–376.
182. Toplu, F. (2005). Breeding and conservation of Black poplar (*Populus nigra* L.) gene resources in Turkey. *Unasylva* 221 (56), 26-30.
183. Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38, 55-94.
184. Thornthwaite, C. W., Mather, J. R. (1955). The water balance. *Climatology* 8(1), 104.
185. Tucović, A. (1954). Prilog poznavanju crnih topola u Beogradu i okolini. *Šumarstvo* 11-12, 638-649.
186. Tucović, A. (1965). Sistematika i bioekološka istraživanja crne topole (*Populus nigra* L.) u Srbiji. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
187. Tucović, A. (1973). Prilog proučavanju morfologije korenovog sistema crne topole. *Glasnik šumarskog fakulteta* 44(2), 117-129.
188. Tucović, A., Isajev, V. (1991). Metapopulaciona strategija osnivanja generativnih semenskih plantaža drveća. Zbornik radova: Prošlost, sadašnjost i budućnost srpskog šumarstva kao činioca razvoja Srbije, 313-323.

189. Tuskan, G.A., Gunter, L.E., Yang, Z.K., Yin, T., Sewell, M.M., DiFazio, S.P. (2004). Characterization of microsatellites revealed by genomic sequencing of *Populus trichocarpa*. *Canadian Journal of Forest Research* 34, 85-93.
190. Vanden Broeck, A.H., Storme, V., Cox, K., Quataert, P., Ivens, B., Hostyn, V., Haflmaerten, D., Van Slycken, J., Boerjan, W. (2002). Mating system of *Populus nigra* in a mixed poplar stand composed of *P. nigra*, *P. deltoides* and *P. × euramericana*. In: van Dam, B.C., Bordács, S. (Eds.). Genetic diversity in river populations of European black poplar – Implications for riparian eco-system management, Csiszár Nyomda, Budapest, 53–60.
191. Vanden Broeck, A. (2003). EUFORGEN Tehnical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6.
192. Vanden Broeck, A., Quataert, P., Roldán-Ruiz, I., Van Bockstaele, E., Van Slycken, J. (2003). Pollen competition in *P. nigra* females revealed by microsatellite markers. *For. Genet.* 10, 219–227.
193. Vanden Broeck, A., Storme, V., Cottrell, J.E., Boerjan, W., Van Bockstaele, E., Quataert, P., Van Slycken, J. (2004). Gene flow between cultivated poplars and native black poplar (*Populus nigra* L.): a case study along the river Meuse on the Dutch-Belgian border. *Forest Ecology and Management* 197(1-3), 307-310.
194. Vanden Broeck, A., Villar, M., Van Bockstaele, E., Van Slycken, J. (2005). Natural hybridization between cultivated poplars and their wild relatives: evidence and consequences for native poplar populations. *Ann. For. Sci.* 62, 601–613.
195. Vanden Broeck, A., Cottrell, J.E., Quataert, P., Breyne, P., Storme, V., Boerjan, W., Van Slycken, J. (2006). Paternity analysis of *Populus nigra* L. offspring in a Belgian plantation of native and exotic poplars. *Annals of Forest Science* 63(7), 783-790.
196. Vanden-Broeck, A., Cox, K., Villar, M. (2012). Natural hybridization and potential seed set of sympatric *Populus nigra* and *Populus × canadensis* along the river IJzer in Flanders (Belgium). *Plant Ecology and Evolution* 145(3), 1–9.

197. van Dam, B.C. (2002). EUROPOP: Genetic diversity in river population of european black poplar for evaluation of biodiversity, conservation strategies, nature development and genetic improvement. In: van Dam, B.C., Bordacs, S. (eds.). Towards the generic diversity in river populations of european black poplar: implications for riparian ecosystem management. Proceedings of an international symposium held Csiszàr Nyomda, Hungary, 15-32.
198. van Dam, B.C., Vorman, B., Pohl, A., Smudlers, M.J.M., Bovenschen, J., Hattemer, H.H. (2002). Conserving genetic variation of Black poplar along the river Rhine. In: van Dam, B.C., Bordacs, S. (eds.). Genetic diversity in river population of European black poplar implications for riparian ecosystem management. Proceedings of the International Sumposium Held in Szekszard, May 16-20, 2001, Hungary, 117-124.
199. van der Schoot, J., Pospíšková, M., Vosman, B., Smulders, M.J.M. (2000). Development and characterization of microsatellite markers in black poplar (*Populus nigra* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 101, 317–322.
200. van de Wiel, C., Arens, P., Vosman, B. (1999). Microsatellite retrieval in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Genome* 42, 139–149.
201. van Loo, M., Joseph, J.A., Heinze, B., Fay, M.F., Lexer, C. (2008). Clonality and spatial genetic structure in *Populus x canescens* and its sympatric backcross parent *P.alba* in a Central European hybrid zone. *New Phytol* 177, 506–516.
202. van Slycken, J. (1995). Short note about *Populus nigra* in Belgium. In: Frison, E., Lefevre, F., de Vries, S., Turok J. (Eds.). *Populus nigra* Network. Report of the first meeting, Izmit, Turkey, 3-5 October 1994, IPGRI, Rome, 1995, 40.
203. van Slycken, J. (1996). Plant descriptors for *Populus nigra*. In: Turok, J., Lefevre, F., Cagelli, L., de Vries, S. (Eds.). *Populus nigra* Network. Report of the second meeting, Casale Monferrato, Italy, 10-12 September 1995, IPGRI, Rome, 1996, 13-24.
204. Vučetić J. (1958). O savremenij nomenklaturi topola. *Topola* 5.
205. Wang, X.R., Szmidt, A.E. (2001). Molecular Markers in Population Genetics of Forest Trees. *Scandivian Journal of Forest Research* 16(3), 199-220.

206. Wang, J., Li, Z., Guo, Q., Ren, G., Wu, Y. (2011). Genetic variation within and between populations of a desert poplar (*Populus euphratica*) revealed by SSR markers. *Annals of Forest Science* 68, 1143–1149.
207. Wettstein, W. (1952): Die Pappelkultur. Österreichesellsch, für Holzforschung, Wein.
208. White, J. (1993). Black poplar: the most endangered native timber tree in Britain. Research Information Note - Forestry Authority Research Division (United Kingdom) No. 239.
209. Winfield, M.O., Arnold, G.M., Cooper, F., Le Ray, M., White, J., Karp, A., Edwards, K.J. (1998). A study of genetic diversity in *Populus nigra* subsp. *betulifolia* in the Upper Severn area of the UK using AFLP markers. *Molecular Ecology* 7, 3–10.
210. Ziegenhagen, B., Gneuss, S., Rathmacher, G., Leyer, I., Bialozyt, R., Heinze, B., Liepelt, S. (2008). A fast and simple genetic survey reveals the spread of poplar hybrids at a natural Elbe river site. *Conservation Genetics* 9(2), 373–379.
211. Zsuffa, L. (1974). The genetics of *Populus nigra* L.. *Annales Forestales* 6/2.
212. Žufa, L. (1963). Uticaj vremena izrade i sadnje reznica na uzgoj ožiljenica. *Topola* 34/35, 32–34.

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Зоран Максимовић је рођен 24.01.1985. године у Рашкој. Основну школу је завршио у Баљевцу, а средњу шумарску школу у Краљеву. Шумарски факултет Универзитета у Београду, Одсек за шумарство, уписао је школске 2004/2005, а дипломирао је 2010. године са просечном оценом 8,53. Дипломски рад под насловом „Одрживо газдовање шумама Горњеибарског шумског подручја – паневропски критеријуми и индикатори за одрживог газдовање шумама“, одбранио је са оценом 10, на катедри Планирање газдовање шумама. У школској 2010/2011 уписао је докторске студије на Шумарском факултету – Катедри за семенарство, расадничарство и пошумљавање. Од децембра 2010. године је запослен у Генералној дирекцији Јавног предузећа за газдовање шумама „Србијашуме“ у Сектору за шумарство и заштиту животне средине.

Аутор је и ко-аутор 11 научних и стручних радова. Тренутно учествује у реализацији два научна пројекта: Оснивање клонске семенске плантаже дивље трешње (*Prunus avium* L.) и Процена квалитета шумских садница у Србији и предлог за доношење новог стандарда, који се финансирају од стране Министарства пољопривреде и заштите животне средине, Управе за шуме. Учествовао је на неколико домаћих и међународних скупова који су одржани на Власини, у Београду и Фиренци.

Члан је Комисије за признавање полазног материјала за производњу квалификованог и тестираног репродуктивног материјала, Министарства пољопривреде и заштите животне средине. Један је од оснивача и члан управног одбора Научно-струковног друштва „Reforesta“. Учествовао је у организацији међународне конференције „Reforestation challenges“ у Београду, као члан Организационог одбора.

На Шумарском факултету Универзитета у Београду школске 2007/2008 обављао је функцију председника Студентског парламента, а школске 2008/2009 и 2009/2010 године обављао је функцију студента продекана.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани: **Зоран Б. Максимовић**

број индекса: 2010/6

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Конзервација и усмерено коришћење генофонда црне тополе (*Populus nigra* L.) на подручју Великог ратног острва

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 18.09.2015. године

Зоран Максимовић

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторског рада**

Име и презиме аутора: **Зоран Б. Максимовић**

Број индекса: **2010/6**

Студијски програм: **Шумарство**

Наслов рада: **Конзервација и усмерено коришћење генофонда црне тополе (*Populus nigra* L.) на подручју Великог ратног острва**

Ментор: **др Мирјана Шијачић-Николић**, редовни професор Шумарског факултета
Универзитета у Београду

Потписани: **Зоран Б. Максимовић**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 18.09.2015. године

Зоран Максимовић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Конзервација и усмерено коришћење генофонда црне тополе (*Populus nigra* L.) на подручју Великог ратног острва

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
- ☒ 3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 18.09.2015. године

Зоран Максимовић

1. Ауторство - Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.