

UNIVERZITET U BEOGRADU
ŠUMARSKI FAKULTET

Dušan D. Igić

**ANATOMSKO-FIZIOLOŠKI POKAZATELJI
OŽILJENICA RAZLIČITIH GENOTIPOVA
BELE TOPOLE (*Populus alba* L.)**

Doktorska disertacija

Beograd, 2020

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF FORESTRY

Dušan D. Igić

**ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF DIFFERENT
GENOTYPES OF WHITE POPLAR
(*Populus alba* L.) CUTTINGS**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2020

Mentori

dr Dragica Vilotić, redovni profesor
Šumarskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu

dr Milan Borišev, vanredni profesor
Prirodno-matematičkog fakulteta
Univerziteta u Novom Sadu

Članovi komisije:

dr Mirjana Šijačić-Nikolić, redovni profesor
Šumarskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu

dr Vladan Ivetić, redovni profesor
Šumarskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu

dr Miloš Ilić, docent
Prirodno-matematičkog fakulteta
Univerziteta u Novom Sadu

Datum odbrane:

Zahvalnica

Ova disertacija je rezultat eksperimentalnog rada, ali i usvajanja znanja i veština obrade i interpretacije podataka koje sam učio od svojih mentora i profesora. Na tome im se beskrajno zahvaljujem.

Mom mentoru i učitelju prof. dr Dragici Vilotić veliko hvala na znanju, strpljenju, svim razgovorima i konsultacijama, ogromnoj podršci, entuzijazmu i pomoći koji mi je pružila prilikom izrade moje doktorske disertacije. Hvala mom drugom mentoru prof. dr Milanu Boriševu na konstruktivnim savetima i smernicama kao i vremenu koji mi je posvetio tokom pisanja ovog rada.

Zahvaljujem se članovima komisije prof. dr Mirjani Šijačić-Nikolić, prof. dr Vladanu Ivetiću i doc. dr Milošu Iliću na besprekornoj saradnji, konstruktivnim sugestijama i pruženom znanju koje je doprinelo da ovu doktorsku disertaciju privedem kraju.

Veliku zahvalnost dugujem dr Branislavu Kovačeviću, naučnom savetniku iz Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu iz Novog Sada koji me je “zarazio” ovom tematikom, uložio mnogo vremena i strpljenja pri postavljanju ogleda, nesebično delio svoje znanje i iskustvo, stručno me usmeravao i vodio konstruktivne diskusije.

Zahvaljujem se kolegama prof. dr Dragani Vukov, doc. dr Mirjani Ćuk i Tijani Šikuljak sa Departmana za biologiju i ekologiju Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu na nesebičnoj pomoći, znanju i trudu koji su uložili u izradu ove disertacije.

Hvala prof. dr Borivoju Krstiću, prof. dr Ljiljani Merkulov i dr Dragici Stanković koji su me podržavali, prenosili svoje znanje i bodrili da izdržim do kraja.

Zahvaljujem se kolegama koji rade u rasadniku “Ratno ostrvo-Kač” ŠU “Kovilj” koji su uvek bili tu za mene i pomagali mi u postavljanju ogleda i negovanju ožiljenica.

Ovaj rad posvećujem mojoj porodici uz napomenu da sve svoje uspehe i rezultate smatram zajedničkim s obzirom na ljubav i razumevanje koje mi pružaju.

Ipak, najveću zahvalnost dugujem svojoj majci Ružici koja je od samog početka verovala da ja to mogu, bezrezervno me podržavala i davala mi snažan vetar u leđa u teškim trenucima.

Autor

ANATOMSKO-FIZIOLOŠKI POKAZATELJI OŽILJENICA RAZLIČITIH GENOTIPOVA BELE TOPOLE (*Populus alba* L.)

Rezime

Vrsta *Populus alba* je zbog intezivnih promena riparijalnih ekosistema postala jedna od najugroženijih vrsta drveća u Evropi. Na staništima ove vrste najčešće su sađene plantaže euroameričkih topola koje su produktivnije. Međutim, danas se daje veliki značaj očuvanju autohtonih populacija, zaštiti i obnavljanju prirodnih ekosistema i reintrodukciji autohtonih vrsta na prirodna staništa.

Istraživanja u okviru ove disertacije postavljena su sa ciljem da se utvrde optimalne kombinacije faktora i tretmana koji daju najveće procenete ožiljavanja i preživljavanja četiri genotipa bele topole (L100, L80, L12 i 58/57), a radi mogućnosti unapređenja rasadničarske proizvodnje i davanja pouzdane preporuke za masovnu proizvodnju.

Na osnovu morfo-anatomskih i fizioloških parametara nije zabeleženo jasno razdvajanje među ispitivanim genotipovima, ali su uočene jasne razlike u morfo-anatomskim i fiziološkim parametrima između kontrole i tretmana ureom, u odnosu na tretmane sa IBA.

Po najvećim vrednostima dužine i širine kao i površine liske izdvaja se genotip 58/57, kod istog genotipa svi tretmani (0.6% IBA, 2% IBA i urea) su imali značajan uticaj na površinu lista. Ni kod jednog genotipa nije zabeležen statistički značajan uticaj ispitivanih tretmana na broj stoma, ali su na dimenzije stoma značajan uticaj pokazali tretmani sa 0.6% IBA i 2% IBA. U pogledu debljine liske razlikuju se samo genotipovi L80 i 58/57. Variranja vrednosti debljine liske pod uticajem tretmana zabeležen je samo kod genotipa L12. Analizirani genotipovi se statistički ne razlikuju po debljini asimilacionog tkiva, ali su se međusobno statistički značajno razlikovali u pogledu površine glavnog nerva. Najveća površina glavnog nerva zabeležena je kod genotipa 58/57, a najmanja kod L80. Tretmani IBA-om su doveli do smanjenja površine glavnog nerva, dok je tretman ureom imao suprotan efekat. IBA je u većini slučajeva uticala na smanjenje površine glavnog nerva, a samim tim i površine provodnog snopića, kao i ksliema i floema. Urea je u svim slučajevima dovela do povećanja vrednosti ovih parametara.

Fiziološki parametri pokazuju da su urea kao i tretmani različitim koncentracijama IBA imali pozitivan efekat na intenzitet fotosinteze, odnosno da je srednja vrednost neto fotosinteze povećana kod svakog genotipa. Razlike u pogledu inteziteta fotosinteze i inteziteta transpiracije između različitih genotipova su se pokazale statistički značajnim, a najveće razlike su se pokazale između genotipa L100 kod kojeg su ove vrednosti najveće i 58/57 koji ima najmanje vrednosti inteziteta fotosinteze i inteziteta transpiracije. Rezultati ovog istraživanja su pokazali da urea i IBA utiču na povećanu efikasnost korišćenja vode (WUE).

Najmanja stomaterna provodljivost zabeležena je kod genotipa L100, a najveća kod L80. Tretman ureom kao i nižom koncentracijom IBA je doveo do smanjenja provodljivosti stoma, izuzev kod genotipa L100. Povećanje koncentracije IBA u odnosu na nižu koncentraciju dovelo je do povećanja provodljivosti stoma. U pogledu intercelularne koncentracije CO₂ genotipovi se

međusobno ne razlikuju. Tretmani IBA su doveli do neznatnog smanjenja ovog parametra.

Najveći zabeležen procenat preživljavanja u svim kombinacijama genotipova i tretmana u obe eksperimentalne godine zabeležen je kod genotipa L80 u kombinaciji 2%IBA+urea (68,6%) koji i u kombinaciji sa ostalim tretmanima (2%IBA, 2%IBA+urea, 0.6%IBA+urea, urea) ima visoke procenat preživljavanja. Za preživljavanje reznica bele topole ključna su prva tri meseca nakon sadnje. Dinamički prikaz sumarnog udela reznica sa vitalnim izbojkom po mesecima, ukazuje da je nakon porasta udela i maksimuma postignutog u mesecu maju, u narednim merenjima došlo do propadanja vitalnih ožiljenica. Konačan udeo ožiljenica sa vitalnim izbojkom postignut je u mesecu julu i nije se značajno menjao do kraja vegetacionog perioda. Na kraju vegetacije najveći broj vitalnih ožiljenica dobijen je kod genotipa L80. Uočava se da genotip L12 u II ogledu dostiže vrhunac vitalnih ožiljenica mesec dana ranije od ostalih (u mesecu aprilu) što je u skladu sa ranom fenologijom ovog genotipa.

Prosečan visinski prirast analiziranih genotipova u kontrolnoj grupi 2016. godine se kreće u rasponu od 286.6 cm (58/57) do 336.4 cm (L100), dok se u ogledu iz 2017. godine kreće u rasponu 123.4 cm (L100) do 209.32 cm (L12). Razlike u visinskom prirastu prvog i drugog ogleda kontrolnih grupa u slučaju pojedinih genotipova veće su od 100 cm. Primenom određenih tretmana te razlike su intenzivnije i dostižu čak 200 cm.

Debljinski prirast u I ogledu, u kontrolnoj grupi bio je najveći kod genotipa L100 (23.24 mm) kod koga je tretman ureom uticao na značajno povećanje prečnika, a tretmani IBA-om doveli su do značajnog smanjenja prečnika. Najveću srednjom vrednost prečnika kod kontrolnih biljaka u ogledu II imao je genotip L12 (15,89 mm). U ovom eksperimentu, svi tretmani su imali uticaj na smanjenje prosečnih vrednosti prečnika kod svih analiziranih genotipova

Utvrđene su značajne razlike u ukorenjivanju i preživljavanju među sadnicama različitih genotipova. IBA pozitivno utiče na formiranje korenova u donjim delovima reznica, dok urea nije imala značajan uticaj na ožiljavanje. Kod ispitivanih genotipova bele topole, postoji snažna veza između ožiljavanja u prvoj polovini vegetacionog perioda i visinskog prirasta. Nasuprot tome, veza između formiranja korenova i preživljavanja reznica nije uočena.

Procenat sadnica sposobnih za sadnju u prvoj eksperimentalnoj godini bio je skoro ujednačen kod svih ispitivanih genotipova. Najveće razlike su bile između genotipova L80 (45.6%) i L100 (35.1%). U drugoj eksperimentalnoj godini ovi rezultati su mnogo niži, ali je genotip L80 (35.4%) i ove godine imao najveći udeo vitalnih ožiljenica. Najveće smanjenje broja ožiljenica zabeleženo je kod genotipa 58/57. Dobijeni rezultati klasiranja sadnica oba ogleda pokazuju dominaciju genotipa L80 u udelu sadnica sposobnih za sadnju.

Ključne reči: *Populus alba*, genotip L100, L80, L12, 58/57, morfo-anatomski parametri, fiziološki parametri, visinski prirast, debljinski prirast, formiranje korenova.

Naučna oblast: Šumarstvo

Uža naučna oblast: Semenarstvo, rasadničarstvo i pošumljavanje

ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT GENOTYPES OF WHITE POPLAR (*Populus alba* L.) CUTTINGS

Abstract

Because of intensive changes in riparial ecosystems, *Populus alba* species have become one of the most endangered tree species in Europe. Moreover, plantations of more productive Euro-American poplars have been planted in white poplar habitats. Thus, today, the preservation of indigenous populations, protection and restoration of natural ecosystems and reintroduction of indigenous species to their natural habitats has become extremely important.

In this dissertation, research is focused on determination of the optimal combinations of factors and treatments that result in the highest percent survival and successful rooting for four white poplar genotypes (L100, L80, L12 and 58/57), in order to provide reliable recommendations for improvement of nursery and mass production applications.

Based on morpho-anatomical and physiological parameters, no clear distinction was found among the examined genotypes. However, clear differences in morpho-anatomical and physiological parameters were observed between the control and urea treatment groups, compared to the IBA treatment groups.

Genotype 58/57 displayed the highest values with respect to leaf length, width and leaf surface area, while all treatments (0.6% IBA, 2% IBA and urea) had a significant impact on leaf area. Although no examined treatment resulted in statistically significant effects for any genotype with respect to stoma number, 0.6% IBA and 2% IBA treatments did have a significant effect on stoma dimensions.

In terms of leaf thickness, only genotypes L80 and 58/57 were found to differ; while treatment induced variations in leaf thickness were only observed for genotype L12. The analyzed genotypes did not differ statistically in terms of assimilation tissue thickness, although statistically significant differences were found with respect to the main nerve surface area. The largest value for main nerve area was recorded for genotype 58/57, whereas the smallest was found for L80. IBA treatments reduced the surface area of the main nerve, whereas urea treatment had the opposite effect. In most cases, IBA treatments resulted in reduction of the main nerve surface, as well as the vascular bundle surface, xylem and phloem; while in all cases urea led to an increase in the value of these parameters.

Physiological parameter measurements show that both urea and different concentrations of IBA treatments had a positive effect on photosynthesis intensity, where the mean net photosynthesis was increased in each genotype.

Differences in terms of photosynthesis and transpiration intensity between various genotypes were found to be statistically significant. The largest differences in photosynthesis intensity and

transpiration intensity were recorded between L100 and 58/57; where the highest values were observed for genotype L100 and the lowest values for 58/57.

The results of this research indicate that urea and IBA treatments also increased water-use efficiency (WUE). The lowest stomatal conductance was observed in clone L100, and the highest in L80. With the exception of the L100 genotype, treatment with either urea or lower IBA concentrations led to a decrease in stomatal conductance. Increasing concentrations of IBA resulted in an increase in stomatal conductance. No inter-genotype differences were observed with respect to intercellular CO₂ concentrations, although IBA treatments led to a slight decrease in this parameter.

Among all combinations of genotypes and treatments for both experimental years, the highest recorded percent survival was observed for genotype L80 in combination with 2% IBA + urea (68.6%), while in combination with other treatments (2% IBA, 2% IBA + urea, 0.6 % IBA + urea, urea) L80 also displayed high survival rates. The first three months after planting are crucial for the survival of white poplar cuttings. A dynamic display of the total share of cuttings with vital shoots per month indicates that after the increase in the share of vital shoots reached a maximum in May, in later measurements there was a decrease in the share of vital rootings.

The final share of rootings with vital shoots was observed in July, and remained significantly unchanged until the end of the vegetation period. At the end of the vegetation period, the largest number of vital rootings was obtained with the L80 genotype. Notably, in experiment II the L12 genotype reached a maximum of vital rootings a month earlier than the other genotypes (which reached a peak in April), in agreement with the early phenology of this genotype.

In 2016, the average height gain for the analyzed genotypes in the control group ranged from 286.6 cm (58/57) to 336.4 cm (L100), while in 2017 it ranged from 123.4 cm (L100) to 209.32 cm. In the case of individual genotypes, differences in height increase between the first and second experiments for the control groups were greater than 100 cm. However, with application of certain treatments, these differences became more intense and reached as high as 200 cm.

In the 1st experiment the thickness gain was highest for L100 genotype (23.24 mm) control group, while urea treatment of L100 resulted in a significant increase in diameter, and IBA treatments led to a significant decrease in diameter.

In experiment II, genotype L12 (15.89 mm) was found to have the highest mean diameter in control plants; while all treatments had the effect of reducing the mean diameter values for all analyzed genotypes.

Significant differences in rooting and survival were found among seedlings of the different genotypes. IBA had a positive effect on root formation in the lower parts of the cuttings, while urea did not have a significant effect on rooting. For the examined white poplar genotypes, there was a strong correlation between rooting during the first half of the vegetation period and height gain. In contrast, a correlation between root formation and cutting survival was not observed.

For the first experimental year, the percentage of seedlings capable of planting was almost

identical among all of the examined genotypes. The largest differences were found between genotypes L80 (45.6%) and L100 (35.1%). Although these values were lower for the second experimental year, the L80 genotype (35.4%) again displayed the largest share of vital rootings. The largest decrease in the number of rootings was recorded for genotype 58/57. With respect to seedling classification results obtained from both experimental years indicate the dominance of the L80 genotype with respect to share of seedlings that are capable of planting.

Keywords: *Populus alba*, genotype L100, L80, L12, 58/57, morphoanatomical parameters, physiological parameters, height increase, thickness increase, root formation.

Scientific field: Forestry

Specialized scientific field: Seed production, nursery and afforestation

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TAKSONOMSKI POLOŽAJ I VARIJABILNOST VRSTE | |
| <i>Populus alba</i> L. | 3 |
| 2.1. Familija Salicaceae | 3 |
| 2.1.1. Rod <i>Populus</i> | 3 |
| 2.1.2. Vrsta <i>Populus alba</i> L. 1753 | 6 |
| 2.1.3. Varijabilnost i intraspecijski taksoni | 7 |
| 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA | 9 |
| 4. CILJ ISTRAŽIVANJA | 12 |
| 5. MATERIJAL I METODE | 13 |
| 5.1. Opis lokacije oglednog polja | 13 |
| 5.2. Vreme i način osnivanja oglednog polja | 13 |
| 5.3. Analiza zemljišta | 16 |
| 5.4. Analiza morfo-anatomske karakteristike različitih genotipova | 17 |
| 5.5. Određivanje fizioloških parametara različitih genotipova | 18 |
| 5.6. Određivanje proizvodnih karakteristika reznica različitih genotipova | 19 |
| 5.7. Metode statističke analize | 20 |
| 6. REZULTATI I DISKUSIJA | 21 |
| 6.1. Uslovi staništa | 21 |
| 6.1.1. Klima | 21 |
| 6.1.1.1. Temperatura vazduha | 21 |
| 6.1.1.2. Količina padavina | 22 |
| 6.1.1.3. Vlažnost vazduha | 24 |
| 6.1.1.4. Vetar | 25 |
| 6.1.2. Karakteristike zemljišta | 26 |
| 6.2.1. Morfo-anatomske i fiziološke karakteristike genotipova bele topole | 27 |
| 6.2.1.1. Analiza glavnih komponenti (PCA) morfo-anatomske i fiziološke parametara | 27 |
| 6.2.2. Morfo-anatomske karakteristike lista analiziranih genotipova bele topole | 29 |
| 6.2.2.1. Dužina i širina lista | 29 |
| 6.2.2.2. Površina lista | 29 |
| 6.2.2.3. Karakteristike stominog aparata | 30 |
| 6.2.2.4. Debljina liske | 34 |
| 6.2.2.5. Debljina asimilacionog tkiva | 35 |
| 6.2.2.6. Karakteristike glavnog nerva i provodnog tkiva | 37 |
| 6.3.1. Fiziološke osobine genotipova bele topole | 41 |
| 6.3.1.1. Intezitet fotosinteze | 41 |
| 6.3.1.2. Intenzitet transpiracije | 43 |
| 6.3.1.3. Efikasnost korišćenja vode (WUE) | 44 |
| 6.3.1.4. Stomaterna provodljivost | 46 |
| 6.3.1.5. Intercelularna koncentracija CO ₂ | 47 |
| 6.4. Prijem reznica i preživljavanje ožiljenica | 49 |
| 6.4.1. Preživljavanje ožiljenica | 49 |

| | |
|--|----|
| 6.4.2. Visinski i debljinski prirast sadnica | 53 |
| 6.4.2.1. Srednje visine sadnica | 53 |
| 6.4.2.2. Prečnik sadnica | 55 |
| 6.4.3. Ožiljavanje reznica | 57 |
| 6.5. Klasiranje sadnica | 67 |
| 7. ZAKLJUČAK | 71 |
| 8. LITERATURA | 74 |
| PRILOZI | 86 |
| BIOGRAFIJA AUTORA | 94 |

Spisak slika:

- Slika 1. Abaksijalna i adaksijalna strana listova vrste *Populus alba* L.
- Slika 2. Autohtoni areal vrste *Populus alba* L. (<http://www.euforgen.org/species/populus-alba/>)
- Slika 3. Pozicija rasadnika „Ratno ostrvo“ – Kać (<https://www.google.com/maps/>)
- Slika 4. Uzimanje reznica u rasadniku „Hrastovača“ (A) i u rasadniku „Ratno ostrvo“-Kać (B)
- Slika 5. Postavljeni ogled u rasadniku „Ratno ostrvo“– Kać
- Slika 6. Merenje morfoloških karakteristika lista vrste *Populus alba* L.
- Slika 7. Srednje mesečne temperature vazduha (C⁰)
- Slika 8. Srednje mesečne temperature vazduha (C⁰) u poređenju sa petnaestogodišnjim prosekom
- Slika 9. Srednje mesečne visine padavina (mm)
- Slika 10. Srednje mesečne visine padavina (mm) u poređenju sa petnaestogodišnjim prosekom
- Slika 11. Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha (%)
- Slika 12. Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha (%) u poređenju sa petnaestogodišnjim prosekom
- Slika 13. PCA biplot razdvajanja analiziranih genotipova topola na osnovu morfoantomskih i fizioloških parametra
- Slika 14. PCA biplot razdvajanja morfoanatomskih i fizioloških parametara analiziranih genotipova topola u odnosu na primenjene tretmane.
- Slika 15. Uticaj primenjenih tretmana na površinu lista kod analiziranih genotipova bele topole.
- Slika 16. Mikrofotografije abaksijalne strane lista kod analiziranih genotipova bele topole.
- Slika 17. Uticaj primenjenih tretmana na broj stoma po jedinici površine lista kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 18. Uticaj primenjenih tretmana na dužinu stoma u okviru analiziranih genotipova bele topole
- Slika 19. Uticaj primenjenih tretmana na širinu stoma u okviru analiziranih genotipova bele topole
- Slika 20. Uticaj primenjenih tretmana na ukupnu debljinu liske kod analiziranih genotipova bele topole.
- Slika 21. Pearson-ova korelacija između površine liske i ukupne debljine liske.
- Slika 22. Uticaj primenjenih tretmana na debljinu asimilacionog tkiva kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 23. Pearson-ova korelacija između ukupne debljine liske i debljine asimilacionog tkiva analiziranih genotipova bele topole. r-Pearson-ov koeficijent korelacije
- Slika 24. Uticaj primenjenih tretmana na površinu glavnog nerva kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 25. Uticaj primenjenih tretmana na površinu provodnog snopića kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 26. Uticaj primenjenih tretmana na površinu ksilema kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 27. Uticaj primenjenih tretmana na površinu floema kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 28. Pearson-ova korelacija između površine glavnog nerva i površine provodnog snopića
- Slika 29. Uticaj primenjenih tretmana na intenzitet fotosinteze (A) kod analiziranih genotipova bele topole

- Slika 30.* Uticaj primenjenih tretmana na intenzitet transpiracije kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 31.* Uticaj primenjenih tretmana na efiksnost korišćenja vode (WUE) kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 32.* Uticaj primenjenih tretmana na provodljivost stoma (gs) kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 33.* Uticaj primenjenih tretmana na intercelularnu koncentraciju CO₂ kod analiziranih genotipova bele topole
- Slika 34.* Procenat preživljavanja ožiljenica na kraju vegetacionog perioda 2016 (Ogled 1) i 2017 (Ogled 2) godine
- Slika 35.* Fenologija ispitivanih genotipova bele topole (foto: Branislav Kovačević)
- Slika 36.* Udeo reznica sa vitalnim izbojkom prema rokovima merenja za oglede postavljene 2016. i 2017. godine
- Slika 37.* Udeo reznica sa vitalnim izbojkom prema rokovima merenja i genotipu u ogledu postavljenom 2016 (A) i 2017 (B) godine
- Slika 38.* Uticaj primenjenih tretmana na visinu ožiljenica kod analiziranih genotipova bele topole u ogledu iz 2016 godine
- Slika 39.* Uticaj primenjenih tretmana na visinu ožiljenica kod analiziranih genotipova u ogledu iz 2017 godine
- Slika 40.* Uticaj primenjenih tretmana na prečnik sadnica kod analiziranih genotipova bele topole u ogledu iz 2016 godine
- Slika 41.* Uticaj primenjenih tretmana na prečnik sadnica kod analiziranih genotipova bele topole u ogledu iz 2017 godine.
- Slika 42.* PCA biplot razdvajanja analiziranih tretmana kod genotipa L100, na osnovu parametara ožiljavanja reznica
- Slika 43.* PCA biplot razdvajanja analiziranih tretmana kod genotipa L80, na osnovu parametara ožiljavanja reznica
- Slika 44.* PCA biplot razdvajanja analiziranih tretmana kod genotipa L12, na osnovu parametara ožiljavanja reznica
- Slika 45.* PCA biplot razdvajanja analiziranih tretmana kod genotipa 58/57, na osnovu parametara ožiljavanja reznica.
- Slika 46.* Udeo vitalnih ožiljenica i viših od 180 cm na kraju vegetacionog perioda, po ispitivanim genotipovima
- Slika 47.* Udeo vitalnih ožiljenica i viših od 180cm na kraju vegetacionog perioda, po primenjenim tretmanima
- Slika 48.* Udeo sadnica na kraju vegetacionog perioda po pravilniku o reproduktivnom materijalu topola i vrba u ukupnom broju preživelih sadnica, po genotipovima

Spisak tabela:

Tabela 1. Taksonomska klasifikacija roda *Populus* (Dickmann, Kuzovkina, 2014)

Tabela 2. Pregled intraspecijskih taksona vrste *Populus alba*

Tabela 3. Srednje mesečne temperature vazduha (C⁰)

Tabela 4. Srednje mesečne visine padavina (mm)

Tabela 5. Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha (%)

Tabela 6. Relativna čestina vetra po pravcima i srednja brzina u m/s 2016. godine

Tabela 7. Osnovna hemijska svojstva zemljišta na parcelama postavljenog ogleđa

Tabela 8. Širina i dužina liske kod analiziranih genotipova bele topole

Tabela 9. F-test za Two Way ANOVA merenih i izvedenih karakteristika ukorenjenih reznica različitih genotipova i tretmana bele topole

Tabela 10. Rezultati Fisher-ovog post-hoc testa koji prikazuju uticaj primenjenih tretmana i genotipova na razvoj analiziranih osobina ukorenjenih reznica bele topole

Tabela 11. Rezultati LSD testa na nivou interakcije tehnološki tretman × genotip za mere i izvedene osobine ukorenjenih reznica bele topole

Tabela 12. Pearson-ova korelacija između analiziranih osobina reznica bele topole

Tabela 13. Doprinos rotiranih glavnih komponenti

1. UVOD

Vrste roda *Populus* L. 1753. su rasprostranjene u umerenim i hladnijim područjima severne hemisfere u Evropi, Severnoj Americi i Aziji. U Srbiji raste 5 vrsta, ali i veći broj introdukovanih vrsta kao i mnogobrojni hibridi koji su dobijeni odabiranjem nakon spontane, subspontane ili kontrolisane hibridizacije (Jovanović i Tucović, 1972). Rastu na različitim tipovima zemljišta, ali su generalno netolerantne prema suši i senci. Uglavnom naseljavaju dva tipa staništa. Prvi tip su priobalna područja, za koje su karakteristične sezonske poplave dok drugi karakteristični tip staništa predstavljaju viši predeli sa sušnim, glinovitim zemljištima, sa podzemnom vodom na dubini od 0.6-2.5m, mada mogu da rastu i na mestima poput klizišta i deponija rudnika (Dickmann i Kuzovkina, 2014).

U našoj zemlji topole uglavnom rastu na vlažnim poplavnim područjima uz reke i potoke i na rečnim adama. Na brežuljcima i brdskim terenima dolaze do 600 m nadmorske visine, gde se javljaju kao manje populacije ili često kao usamljena stabla (Jovanović i Tucović, 1972). Zajedno sa vrstama *Populus nigra* L. i *Salix alba* L. vrsta *Populus alba* L. je glavna vrsta ritskih šuma u našoj zemlji, ali se bela topola od crne topole i vrbe razlikuje po tome što se češće javlja na peskovitim, suvljim i višim terenima te stoga ima znatno kseromorfiju građu.

Pošto pripadaju heliofitama, topole omogućavaju zasnivanje zasada sa različitom gustinom što uslovljava namenu proizvodnje, ciljani sortiment, količinu i kvalitet drvne zapremine, kao i dužinu ophodnje (Andrašev et al., 2012). Topole su u širokoj upotrebi za proizvodnju drvne građe, celuloze i papira, a imaju potencijal i kao izvor energije.

Kao drvenaste vrste se ubrajaju u grupu koje su među najosetljivijim na sušu. Njihova tolerancija na vodni deficit veoma varira kako među različitim vrstama, tako i između populacija i genotipova (Pallardy i Kozlowski, 1981; Gebre i Kuhns, 1991; Liu i Dickmann, 1993; Liu i Dickmann, 1996; Monclus et al., 2009; Zhang et al., 2009; Monclus et al., 2005; Silim et al., 2009; Rancourt et al., 2015; Larcheveque et al., 2011). Topole su izohidrične vrste, jer u toku dana mogu da kontrolišu otvaranje stoma uprkos promenama u životnoj sredini i na taj način održavaju vodni režim lista (Ceulemans et al., 1984).

Tokom istorije koristile su se za zaštitu od vetrova i kontrolu erozije. Novijim istraživanjima utvrđeno je da su topole zbog brzog rasta i visokog nivoa evapotranspiracije dobri kandidati za fitoremedijacione procese (Flathman i Lanza, 1998; Nikolić, 2017; Pilipović et al., 2005), a mogu se koristiti i kao bioindikatori za zagađenje sredine (Madejon et al., 2004; Djingova et al., 1996). Poslednjih godina, istraživanja su rađena i u pravcu ispitivanja na stres pri zaslanjenosti podloge (Beritognolo et al., 2007) i prema suši (Tuscan, 2003; Vuksanović et al., 2019), kao i na ispitivanja mogućnosti korišćenja topola u proizvodnji biomase radi dobijanja energije.

Pošto se vrste ovog roda lako razmnožavaju, na njima se mogu lako vršiti fiziološka, biohemijska i genetička istraživanja. Veći broj naučnika zaključuje da ove vrste mogu predstavljati odlične modele za šumsko drveće (Bradshaw et al., 2000; Stirling et al., 2003; Jansson i Douglas,

2007). Taylor (2002) navodi da je rod *Populus* model za genetička i molekularna istraživanja i upoređuje ga sa istraživanjima na vrstama iz roda *Arabidopsis*. Brunner et al. (2004) navode da se zbog lake transformacije, relativno jednostavnog vegetativnog razmnožavanja, brzog rasta, skromne veličine genoma i opsežne izražene sekvence vrste roda *Populus* mogu koristiti kao model organizmi i za biotehnologiju drveća.

Pošto je na području Vojvodine u ranijem periodu vršeno pošumljavanje uglavnom alohtonim vrstama i to pre svega euroameričkim topolama, oko 37% u celokupnoj površini pod šumama čine plantaže ovih hibrida. Takva pošumljavanja su vršena i na teritoriji zaštićenih prirodnih dobara, koja na teritoriji AP Vojvodine obuhvataju površinu od 82 049,60 ha od čega je u strogom režimu zaštite 5012,35 ha. Uzimajući u obzir da je jedan od dugoročnih ciljeva povećanje površina pod režimima zaštite, obnavljanje plavnih područja treba da je prioritet.

Prema REFORGEN bazi (2003) autohtone vrste *Populus alba* i *Populus nigra* su ugrožene u čitavoj Evropi te je neophodno njihovo očuvanje na prirodnim staništima (Šijačić-Nikolić et al., 2014). U skladu sa zahtevima sertifikacije šuma neophodno je da se vrši konverzija odnosno uklanjanje euroameričkih topola iz I i II zone zaštite i njihova zamena sa autohtonim vrstama topola i vrba. Zbog toga je 2010. godine donet Program konverzije plantaža u šume autohtonih vrsta drveća. Za realizaciju ovog Programa, uključujući potrebu osnivanja i pravilnu tehnologiju osnivanja zasada, kao i uspostavljanje i obnavljanje bafer zona, neophodne su izmene u strukturi proizvodnje, u izboru vrsta i kvaliteta sadnog materijala. Na uspeh podizanja zasada, njihov kasniji razvoj, kvalitet i upotrebnu vrednost, kao i ukupan ekonomski efekat najviše utiče rasadnička proizvodnja koja predstavlja prvu tehnološku fazu (Andrašev et al., 2002).

Prema podacima iz literature vrste i hibridi iz sekcije *Populus* (syn. *Leuce*) se teško ili skoro uopšte (kao na primer *Populus tremula* L.) ne mogu razmnožavati odrvenelim reznicama iz pruta (Božič, J., 1967). Međutim, rezultati eksperimentalnih istraživanja pokazali su da se neki selekcionisani genotipovi uz primenu određenih tehnoloških postupaka mogu uspešno razmnožavati reznicama. Za formiranje sadnog materijala neophodno je formiranje matičnjaka genofonda autohtonih topola koji bi dao značajan doprinos u očuvanju varijabilnosti i stabilnosti bele topole.

2. TAKSONOMSKI POLOŽAJ I VARIJABILNOST VRSTE

Populus alba L.

2.1. Familija Salicaceae

Dosadašnja klasifikacija je u okviru familije Salicaceae uvrštavala samo rodove *Populus* i *Salix* te se smatralo da su to jedini rodovi u familiji. Međutim istraživanja su pokazala da ovde pripada i monotipski rod *Chosenia* odnosno endemoreliktna vrsta severoistočne Azije *Chosenia arbutifolia* (Pall.) A. Skv. (Moskalyuk, 2016).

Grupa za proučavanje filogenije cvetnica (Angiosperm Phylogeny Group, 2003) preporučila je da se neki rodovi iz familije Flacourtiaceae uključe u Salicaceae sugerišući da postoji zajedničko poreklo između porodice Flacourtiaceae i Salicaceae. Utvrđeno je da među njima postoji sličnost nekih cvetnih struktura, anatomije lista i drveta, sličnost gljivica rđe koje ih napadaju, prisustvo salicina, slična je i plastidna DNK. Reorganizacija Salicaceae smešta *Populus* i *Salix* u tribus Saliceae, a nekoliko rodova do sada smeštenih u Flacourtiaceae kategoriše u okviru osam tribusa u ovoj familiji (Chase et al., 2002).

Revidirana taksonomska istraživanja proširila su veličinu i brojnost porodice Salicaceae *sensu lato* na 55 rodova, za razliku od ranijeg opisa porodice koji je obuhvatao samo tri roda (Salicaceae *sensu stricto*).

2.1.1. Rod *Populus*

Vrste roda *Populus* su drvenaste brzorastuće vrste i kao takve imaju veliki ekonomski značaj. Dvodome su biljke sa krupnim, naizmjenično raspoređenim listovima. Listovi su na dugim drškama, prosti su ili ponekad režnjeviti. Muški i ženski cvetovi su sitni, grupisani u viseće rese. Pojedinačni cvetovi imaju peharast cvetni omotač i nalaze se u pazuhu nazubljene ili lancetasto režnjevite brakteje. Muški cvetovi imaju veliki broj prašnika (od 6-65) koji poseduju duge filamente i uglavnom crvene antere. Ženske cvetove čini tučak u pazuhu brakteje. Cvetovi nemaju nektarije. Oprašivanje je anemofilno i vrši se uz pomoć vetra. Peharasti perigon koji se sasušuje ostaje pri bazi ploda - čaure. Nakon sazrevanja iz čaure se oslobađa veliki broj sitnih semena. Svilenkasto bele dlačice na semenima služe za lakše rasejavanje na velike daljine (Jovanović i Tucović, 1972). Sve topole imaju sposobnost vegetativnog razmnožavanja iz korena, ili se razmnožavaju reznicama grana koje se pobadaju u zemljište (Rae et al. 2007).

Prema Dickmann i Kuzovkina (2014) 32 vrste koje rastu u svetu su taksonomski svrstane u šest sekcija: *Abaso*, *Turanga*, *Leucoides*, *Aigeiros*, *Tacamahaca* i *Populus* (Tabela 1).

Tabela 1. Taksonomska klasifikacija roda *Populus* (Dickmann, Kuzovkina, 2014)

| Sectio | Taxon | Napomene i sinonimi |
|-------------------|--|---|
| <i>Abaso</i> | <i>P. mexicana</i> Wesmael | Monotipska sekcija |
| <i>Turanga</i> | <i>P. euphratica</i> Olivier <i>P. ilicifolia</i> (Engler) Roul. <i>P. pruinosa</i> Schrenk | <i>P. diversifolia</i> Nekada sinonim za <i>P. euphratica</i> Nekada sinonim za <i>P. euphratica</i> |
| <i>Leucoides</i> | <i>P. glauca</i> Haines <i>P. heterophylla</i> Linnaeus <i>P. lasiocarpa</i> Oliver | Nekada <i>P. wilsonii</i> |
| <i>Aigeiros</i> | <i>P. deltoides</i> Marshall <i>P. fremontii</i> S. Watson <i>P. nigra</i> Linnaeus | Uključuje <i>P. sargentii</i> , <i>P. palmeri</i> i <i>P. wislizenii</i> Uključuje <i>P. arizonica</i> |
| <i>Tacamahaca</i> | <i>P. angustifolia</i> James <i>P. balsamifera</i> Linnaeus <i>P. cathayana</i> Rehder <i>P. ciliata</i> Royle <i>P. koreana</i> Rehder <i>P. laurifolia</i> Ledebour <i>P. maximowiczii</i> Henry <i>P. simonii</i> Carriere <i>P. suaveolens</i> Fischer <i>P. szechuanica</i> Schneider <i>P. trichocarpa</i> Torrey & Gray <i>P. yunnanensis</i> Dode | Nekada <i>P. tacamahaca</i> Možda je sinonim za <i>P. suaveolens</i> ; uključuje <i>P. purdomii</i> Do sada u sekciji <i>Leucoides</i> ; bivši <i>P. tristis</i> može biti hybrid sa ovom vrstom Likely synonymous with <i>P. suaveolens</i> or <i>P. maximowiczii</i> Možda je sinonim za <i>P. suaveolens</i> ; uključuje <i>P. ussuriensis</i> Uključuje <i>P. przewalskii</i> i <i>P. kangdingensis</i> Možda je sinonim za <i>P. balsamifera</i> |

| Sectio | Taxon | Napomene i sinonimi |
|----------------|--|---|
| <i>Populus</i> | <i>P. alba</i> Linnaeus | |
| | <i>P. guzmanantlensis</i> Vazquez & Cuevas | Možda je sinonim za <i>P. simaroa</i> |
| | <i>P. monticola</i> Brandegee | <i>P. brandegeei</i> ; može biti naturalizovana <i>P. alba</i> var. <i>subintegerrima</i> |
| | <i>P. simaroa</i> Rzedowski | |
| | <i>P. adenopoda</i> Maximowicz | |
| | <i>P. gamblei</i> Haines | |
| | <i>P. grandidentata</i> Michaux | |
| | <i>P. sieboldii</i> Miquel | Uključuje <i>P. jesoensis</i> |
| | <i>P. tremula</i> Linnaeus | Uključuje <i>P. davidiana</i> i <i>P. rotundifolia</i> |
| | <i>P. tremuloides</i> Michaux | |

U Srbiji spontano raste pet vrsta iz roda *Populus* i to: *Populus tremula* L., *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus pubescens* (Parl.) Jov. et Tuc. i hibridna *Populus x canescens* Sm. koja je nastala spontanom hibridizacijom između *P. tremula* x *P. alba*. Prisutne su i uvedene vrste *Populus deltoides* Marshall, *Populus simonii* Carriere, *Populus candicans* Ait., *Populus tacamahaca* Mill. i veći broj hibrida *Populus x euramericana* (Dode) Guinier, *Populus x pannonica* (Kit.) Besser, *Populus x berolinensis* (C. Koch) Dipp. i druge (Jovanović i Tucović, 1972).

Autohtone topole u Srbiji rastu uglavnom u ravničarskim, poplavnim područjima pored reka i potoka i na rečnim ostrvima. U brdskim područjima se javljaju kao manje populacije ili kao usamljena stabla do 600 m nadmorske visine (Jovanović i Tucović, 1972).

Taksonomski, rod *Populus* L.Sp. Pl.:1034. 1753 prema Euro+Med Plant base pripada sledećim kategorijama (Uotila, 2011):

- Regnum - Plantae
- Divisio - Tracheophyta
- Subdivisio - Spermatophytina
- Classis - Magnoliopsida
- Subclassis - Dileniidae
- Superordo - Rosanae
- Ordo - Malpighiales Bercht. I J. Presl
- Familia - Salicaceae
- Genus - *Populus* L.

2.1.2. Vrsta *Populus alba* L. 1753

Bela topola je listopadno drvo visoko oko 30-40m, sa debljinom stabla od 2-2,7 m. Kora je kod mladih stabala glatka, sa karakterističnim rđasto-crvenkastim lenticelama, na starijim je tamnija, duboko ispucana, naročito na donjem delu stabla. Korenov sistem je jako razvijen, sa dubokim i površinskim korenima. Mladi listovi su i na licu i na naličju maljav i tanki, dok su stariji kožasti na licu sjajno i tamno zeleni, a na naličju snežno beli (Slika 1.). Muški cvetovi su u debelim visećim resama 3-7cm dugim, imaju 7-10 prašnika čije su antere purpurno crvene. Ženske rese su duže i vitkije. Plod je gola čaura na kratkoj dršci, svetlosmeđe boje, otvara se uzdužno. Seme je oko 2mm veliko, svetlo i dlakavo.



Slika 1. Abaksijalna i adaksijalna strana listova vrste *Populus alba* L. (foto: D. Igić)

Populus alba je dvodoma, anemofilna, mezofilna i heliofilna vrsta. Razmnožava se semenom i vegetativno. Najbolje uspeva na svežim i bogatim zemljištima, a nalazi se i na vlažnim terenima uz obale reka i potoka, najčešće u nizijskim šumama (Šilić, 1988).

Odlikuje se širokom ekološkom amplitudom, brzim rastom i dobrom sposobnošću vegetativne obnove izdancima iz žila, što omogućuje njihovo gajenje na različitim šumskim staništima. Jedan od ključnih razloga usporenog pošumljavanja ovom vrstom je problem u prijemu drvenastih reznica.

Prirodno raste u centralnoj, istočnoj i jugozapadnoj Evropi, jugozapadnoj i centralnoj Aziji (Jovanović i Tucović, 1972) i to u sledećim zemljama: Albanija, Alžir, Altaj, Austrija, Bugarska, Rusija (centralni, južni i istočni deo evropskog dela), Korzika, Češka, Slovačka, istočno Egejska ostrva, Francuska, Nemačka, Grčka, Mađarska, Italija, Kazakstan, Krit, Libija, Maroko, Poljska, Portugalija, Rumunija, Sardinija, Sicilija, Španija, Švajcarska, Tunis, Turska, Turkmenistan, Ukrajina, Sindang (severozapadni deo Kine), Srbija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Makedonija, Crna Gora, Slovenija (<http://www.euforgen.org/species/populus-alba/>) (Slika 2).

Naturalizovana je širom sveta Argentina, Baltičke zemlje, Belgija, Holandija, Bolivija, Kina, u SAD (Kolorado, Alabama, Ilinois, Kentaki, Tenesi, Vermont) Kipar, Danska, Velika Britanija, Gvatemala, Mongolija, Irska, Japan, Koreja, Lesoto, Mandžurija, Meksiko, severni deo evropske Rusije, Ruanda, Švedska, Azorska, Balearska, Madeira, Kanarska, St.Helena i Foklandska ostrva. Kao invazivna vrsta se jvlja u Argentini, SAD, Kanadi, Novom Zelandu, Koreji, Južnoj Africi, Tunisu.



Slika 2. Autohtoni areal vrste *Populus alba* L. (<http://www.euforgen.org/species/populus-alba/>)

2.1.3. Varijabilnost i intraspecijski taksoni

Detaljnou analizom literarnih podataka (Hayek, 1924; Nyárády ed., 1952; Soó, 1970; Jovanović, Tucović, 1972; Tutin ed., 1974) omogućen je uvid u taksonomski pregled taksona nižeg ranga i poređenje osobina na osnovu kojih se mogu ustanoviti sličnosti odnosno razlike među kategorijama određenog ranga, a u cilju saznanja zbog čega su autori svrstavali određene forme ili varijetete u datu vrstu (Tabela 2).

U Flori Srbije (Josifović, 1972) vrsta *Populus alba* razdvaja se na tri varijeteta i to var. *pyramidalis* koji odlikuje pojava piramidalne krošnje, dok druga dva varijeteta var. *alba* i var. *nivea* imaju široku krošnju i gusto dlakava naličja listova, ali se diferenciraju u pogledu režnjevitosti listova. Listovi dugorasta kod var. *alba* su bez režnjeva, a kod var. *nivea* sa 3-5 režnjeva. Dalja podela var. *nivea*, na f. *Bachofenii* uslovljena je osobinom jajastih i krupno nazubljenih listova.

Tabela 2. Pregled intraspecijskih taksona vrste *Populus alba*

| Literatura | Varijetet | Forma |
|---|--|--|
| Flora Srbije (Josifović, 1972) | <i>pyramidalis</i> Al Lehmann <i>alba</i> Wasm. <i>nivea</i> Willd. | <i>Bachofenii</i> (Wierzb.) Gomb. |
| Flora Balkanskog polu- ostrva (Hayek, 1927) | <i>comesiana</i> Dode. <i>morisetiana</i> Dode. <i>epirotica</i> Dode. <i>nivea</i> Willd. <i>palmata</i> Dode. <i>peronaeana</i> Dode. <i>genuina</i> Wem. <i>valida</i> Dode. | |
| Flora Evrope (Tutin, 1974) | | <i>pyramidalis</i> Al Lehmann |
| Flora Rumunije (Nyárády, 1952) | <i>genuina</i> Wesm. <i>nivea</i> Willd. <i>pyramidalis</i> Al. Lehmann | |
| Flora Mađarske (Soó, 1970) | <i>alba</i> Wesmael in DC. <i>nivea</i> Dippel <i>pyramidalis</i> Bunge <i>Bachofenii</i> Hartig | cv. <i>globosa</i> Spath cv. <i>pendula</i> Dippel 1892 |

Na osnovu pregleda uočava se da različiti autori koriste drugačije karaktere za stvaranje hijerarhije u okviru jednog roda. Tako Hayek (1927), kao presudan karakter za izdvajanje 8 varijeteta navodi oblik i režnjevost listova kao i položaj bočnih nerava. Na osnovu tih osobina uspostavlja se jasna razlika među grupama. Prvu grupu odlikuje prisustvo 3-5 režnjeva (var. *comesiana* i var. *morisetiana*) kao i različiti položaj bočnih nerava. Kod var. *comesiana* bočni nervi su skoro pod pravim uglom, dok var. *morisetiana* ima zakrivljen položaj nerava. Listovi kod druge grupe imaju 5-7 režnjeva (var. *epirotica*, var. *nivea*, var. *palmata* i var. *peronaeana*). Razlike između treće i četvrte grupe se uočavaju u obliku listova, gde treću grupu odlikuju listovi nepravilnog oblika i skoro zaobljenih do početka pojave zubaca (var. *genuina*) dok četvrtu grupu odlikuju trouglasti i pri bazi sreasti listovi (var. *valida*). Tutin (1974) u Flori Evrope navodi samo jednu formu: f. *pyramidalis*. U Flori Rumunije (Nyárády, 1952) kao i u flori Balkanskog poluostrva koristi isti karakter za grupisanje varijeteta, režnjevost listova. Izdvojene su dve grupe: varijeteti sa 3-5 lisnih režnjeva i belom dlakavošću na naličju lista (var. *genuina* i var. *nivea*) i varijeteti sa 5-7 lisnih režnjeva (var. *pyramidalis*). Soó (1970) u Flori Mađarske kod vrste *Populus alba* izdvaja četiri varijeteta i kao bitan karakter navodi oblik listova. Izdvaja se prva grupa sa karakterom eliptičnih listova (var. *alba* i var. *nivea*), druga grupa kojoj pripada var. *pyramidalis* i treća grupa u koju spada var. *Bachofenii*.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Sve do početka XX veka topole su bile poznate kao autohtone biljke. Prvi interkontinentalni hibridi, odnosno euroameričke topole nastale su spontano ili ukrštanjem sađenih severnoameričkih vrsta i autohtonih evropskih topola. Severnoameričke vrste u Evropu su dospevale kao ukrasne biljke gajene u botaničkim baštama ili vrtovima. Nakon uvida u produktivnost euroameričkih hibrida počinje i kontrolisana hibridizacija širom sveta (FAO, 1958). Prvi istraživački Institut za topole osnovan je 1937. godine u dolini reke Po u Italiji. Posle drugog svetskog rata zbog sve veće potražnje za drvetom ubrzano je širenje brzorastućih hibrida topola u svim delovima sveta, uključujući i Azijske zemlje i SAD (FAO, 1958), ali i zemlje južne hemisfere Australiju, Brazil, Čile, Novi Zeland i Južnu Afriku (Pryor i Willing, 1965). Programi gajenja uspostavljeni su na svetskom nivou. Tsarev (2005) navodi da su u južnom delu Rusije, gde postoji deficit drveća, formirani zaštitni pojasevi i rađena je kontrola erozije uz pomoć sađenih topola i vrba. Kina je jedna od najbogatijih zemalja sa autohtonim šumama topole u svetu, ali je prema podacima FAO (2009) do 2010. postala svetski lider u gajenju topola. Tako je do 1991. godine u Kini zasađeno 20.000.000 ha uglavnom topole. Ovaj program je poznat kao "Veliki zeleni zid". Nakon toga na istoku Kine je, radi zaštite polja od vetra i erozije, posađeno još 100.000 ha topolovih šuma (Isebrands i Richardson, 2014).

Sagledavajući značaj i potencijal topola FAO osniva Međunarodnu komisiju za topole (IPC). Do 1953. godine pod okriljem IPC organizovano je šest međunarodnih kongresa. Ova organizacija je do 2010. godine brojala 37 zemalja članica čiji predstavnici su se sastajali svake četiri godine. Rezultat ovih kongresa i sastanaka je veliki broj istraživačkih radova i knjiga koji su se bavili identifikacijom i nomenklaturom, gajenjem, bolestima, svojstvima drveta i upotrebom topola (Isebrands i Richardson, 2014). Bela topola je uključena u Evropski program šumskih genetskih resursa (<http://www.euforgen.org/species/>)

Topole su široko korišćeni model organizmi u molekularnoj ekologiji i evolucionoj genetici drveća i biotehnologiji. Razlog je to što uključuju laku transformaciju, relativno lako vegetativno razmnožavanje, brz rast, skromnu veličinu genoma i izražene sekvence (Brunner et al., 2004). Naučne studije ističu važnost hibridnih zona koje se mogu smatrati nezavisnim prirodnim eksperimentom (Lexer et al., 2005). Hibridne zone omogućavaju bolji uvid u formiranje vrsta, barijere između vrsta i ekološke prilagođenosti (Lexer et al., 2006). Tako vrste *Populus alba* i *Populus tremula* na mestima gde se javljaju zajedno ponekad hibridiziraju spontano dajući hibridnu sivu topolu *P. ×canescens* koja je tolerantnija na sušu i zaslanjenost podloge od roditeljskih vrsta. Lexer et al., (2005) se bave protokom gena između vrsta *Populus alba* i *Populus tremula* u dolini Dunava. U radu su genotipizovali 93 hibridna morfotipa i uzorke iz četiri roditeljske referentne populacije. Autori su dokazali da protok gena teče u pravcu *Populus alba*.

Promene riparijalnih ekosistema koje se javljaju pre svega zbog dejstva čoveka (urbanizacija, kontrola plavljenja, poljoprivredna proizvodnja...) dovode do gubitka prirodnih staništa pa je i sama vrsta *Populus alba* postala jedna od najugroženijih vrsta drveća u Evropi. Na staništima bele i crne topole su sadene plantaže euroameričkih topola koje su produktivnije (Kovačević et al., 2010). Međutim, danas se daje veliki značaj zaštiti i obnavljanju prirodnih ekosistema i reintrodukciji autohtonih vrsta na prirodna staništa. Da bi se očuvale autohtone populacije *Populus alba* veliki broj naučnika u svetu bavi se istraživanjem ove vrste sa raznih aspekata.

Najnovija istraživanja su pokazala da je vrsta *Populus alba* otporna na sušne uslove te da ima značajnu ulogu u fiksiranju peska (Keserú et al., 2015) kao i u brznoj obnovi priobalne vegetacije u polusušnim mediteranskim oblastima (Manzanera et al., 2007). Testovi *in vitro* kulture (Vuksanović et al., 2019) mogu da ukažu koji su genotipovi najtolerantniji na vodni stres. Istraživan je uticaj i promene pH vrednosti podloge za ožiljavanje na rast i razvoj izbojaka u kulturi *in vitro* (Vuksanović et al., 2016; Vuksanović et al., 2017). Anatomska istraživanja bavila su se pre svega karakteristikama stoma i anatomskim karakteristikama listova kod različitih vrsta ili genotipova topola (Abbruzzese et al., 2009; Aasamaa et al., 2001). Istraživanja su pokazala da različiti genotipovi topola reaguju slično na polusušno okruženje. Poseduju relativno sitne i guste stome čija gustina zavisi od biljne vrste i njene prilagođenosti klimatskim uslovima. Značajne razlike u karakteristikama stoma unutar i među vrstama i hibridima bi mogle biti korisne za selekciju i uzgoj topola prilagođenih različitim klimatskim uslovima (Ceulemans et al., 1978; Ceulemans et al., 1984; Ceulemans et al., 1995; Pearce et al., 2005; AL Afas et al., 2007; Casson i Gray, 2008).

Veći broj radova odnosi se na uticaj i efekat saliniteta kao i toleranciju bele topole na zaslanjena staništa, kao i na visoku koncentraciju bakra (Cu). Dokazano je da bela topola može biti dobar kandidat za dekontaminaciju zagađenih zemljišta i fitoremedijaciju (Chappell, 1997; Mao et al., 2008; Imada et al., 2009; Abbruzzese et al., 2009, Vuksanović et al., 2017; Brill, 2007; Borghi et al., 2008.). U ovim procesima bela topola se koristi kao biološki alat za uklanjanje različitih vrsta zagađivača, organske i neorganske prirode, čime se njena ekonomska perspektiva značajno uvećava (Madejon, et al., 2004; Nikolić, 2010; Pajević, et al., 2009; Pilipović, et al., 2012; Chen, et al., 2015). Utvrđeno je da za uspeh fitoremedijacije sa korelativno ispraćenom bioprodukcijom, kod vrsta iz familije Salicaceae izbor odgovarajućeg genotipa može da ima i veći selekcionarni značaj od izbora vrste kao taksonomske kategorije (Borišev, et al., 2009; Di Lonardo, et al., 2011; Algreen, et al., 2014).

Fiziološki parametri vodnog režima i fotosinteze predstavljaju osnovne ishodne parametre metabolizma koji ukazuju na reakcionu adaptaciju ispitivanih genotipova na uslove staništa i primenjene tretmane. Pajević et al. (2009) navode da intenzitet fotosinteze i fotohemijska efikasnost čine osnovnu predispoziciju stabilne bioprodukcije koja umnogome utiče na uspešnost ožiljavanja reznica i razvoj u ranoj vegetativnoj fazi ontogeneze. Parametri vodnog režima su naročito značajni u prvim fazama ožiljavanja kada je korenov sistem bele topole još uvek razvijen samo u površinskom sloju zemljišta i kada u najvećoj meri zavisi od atmosferskih uslova i površinskog oticanja vode (Lux

et al., 2002; Topić et al., 2013). Uspešno ožiljavanje u početnom periodu osnivanja zasada određuje uspešnu bioprodukciju u kasnijim fazama rasta i razvića belih topola (Guzina et al., 2000; Zalesny et al., 2005; Kovačević et al., 2010; Rédei et al., 2010; Kuzovkina et al., 2014). U poređenju sa drugim vrstama roda *Populus*, bela topola se pokazala kao fiziološki tolerantna na osmotski stres, što se ogleda i stabilnijoj fotosintetičkoj aktivnosti u uslovima vodnog deficita i fiziološkog stresa izazvanog povećanom koncentracijom soli (Mao et al., 2008; Imada et al. 2009)

Radovi koji se odnose na unapređenje kvaliteta zasada, sastojina i plantaža *Populus alba* nisu tako brojni. Rédei et al. (2010) analiziraju juvenilni porast i prikazuju morfološke karakteristike pet genotipova iz sect. *Leuce*, koji su umnoženi mikropropagacijom. Kovačević i Igić (2018) bave se istraživanjem uticaja termina proizvodnje i sadnje reznica, kao i načina skladištenja kod nekih genotipova bele topole, te stvaranjem i optimizacijom tehnologije u rasadničarskoj proizvodnji. Ispitivan je i efekat primene hormona kao i uticaj genotipa na ožiljavanje kod reznica bele topole. Utvrđeno je da su retki genotipovi koje karakteriše uspešno formiranje korenova iz primordija primarne kore reznice. Zato je ovo jedan od značajnih zahteva prilikom oplemenjivanja, da se tehnologija rasadničke proizvodnje intenzivira kako bi se dodatno podstaklo formiranje i aktivacija ovakvih primordija (Kovačević et al., 2010; Kovačević et al., 2014). Veza između ranih faza formiranja korenovog sistema, preživljavanja i rasta ožiljenice je potvrđena u mnogim studijama. One ukazuju da poremećeni balans u razvoju korenovog sistema i izbojka ožiljenice može negativno da utiče na vodni status, fotosintezu i rast lista i ožiljenice, kao i da dovede do delimičnog ili potpunog propadanja ožiljenice i odrazi se negativno na fiziološku stabilnost tokom kasnijeg stadijuma razvića biljaka (Zalesny et al., 2005; Kovačević et al., 2009, Topić et al., 2013). Prema Kovačević et al. (2009) prvih 80 dana nakon sadnje reznica su ključni za njihovo preživljavanje.

Zbog promena ekoloških faktora koji utiču na rast zasada Rédei et al. (2013) predlažu model operacija nege za zasade topola iz sekcije *Leuce*. Ovi modeli su zasnovani na razmaku sadnje, starosti i ciljanom prečniku stabala, koja su prilagođena proizvodnji kvalitetnih trupaca. Za proizvodnju sadnica belih topola neophodno je obezbediti uslove za primenu tehnologije proizvodnje sadnog materijala putem reznica (Kovačević et al., 2010).

4. CILJ ISTRAŽIVANJA

Istraživanja u okviru ove disertacije postavljena su sa ciljem utvrđivanja optimalne kombinacije faktora koji daju najveće procenete ožiljavanja i preživljavanja sadnica bele topole u odnosu na različite genotipove i vrstu tretmana kom je svaki genotip izložen, a radi mogućnosti unapređenja rasadničarske proizvodnje i davanja pouzdane preporuke za masovnu proizvodnju.

Zbog toga su postavljeni sledeći zadaci koji su utvrdili:

- u kojoj meri primena različitih koncentracija hormona rasta (IBA) utiče na ožiljavanje i prijem reznica
- u kojoj meri primena uree utiče na kvalitativnu strukturu sadnica
- % ožiljavanja i preživljavanja kod svakog analiziranog genotipa
- fiziološke parametre fotosinteze i vodnog režima kao procenu metaboličkih adaptacija ispitivanih biljaka na primenjene tretmane
- morfo-anatomske karakteristike listova svakog analiziranog genotipa i uticaj tretmana na osobine građe
- koji genotip je najpovoljniji sa ekonomskog stanovišta
- upotrebne kategorije sadnica po klasama

5. MATERIJAL I METODE

5.1. Opis lokacije oglednog polja

Rasadnik „Ratno ostrvo“ - Kać nalazi se na teritoriji opštine Novi Sad, geografske koordinate su 45° 16' SGŠ i 19° 54' IGD. Južnom stranom naleže na autoput E-75, a severozapadno na stari kački put preko koga ima vezu sa naseljenim mestom Kać (Slika 1). Na taj način ima izuzetno povoljne saobraćajne veze za dalju distribuciju sadnog materijala. Rasadnik pripada Šumskoj upravi „Kovilj“, Šumskog gazdinstva „Novi Sad“ u okviru Javnog preduzeća „Vojvodinašume“, i sa godišnjom proizvodnjom od preko 200000 sadnica euro-američke topole, vrbe i bele topole predstavlja najveći rasadnik u sistemu Šumskog gazdinstva „Novi Sad“. Površina rasadnika je 25.61 ha.



Slika 3. Pozicija rasadnika „Ratno ostrvo“ – Kać (<https://www.google.com/maps/>)

5.2. Vreme i način osnivanja oglednog polja

U okviru pripremne faze početkom marta 2016. godine isečene su reznice dužine 20 - 22 cm, minimalnog prečnika 8 mm, pri čemu se vodilo računa da se na njima nalaze najmanje tri pupoljka (Slika 4, A i B). Do trenutka pobadanja reznice su čuvane u trapu, a pre pobadanja su potopljene u rastvor bakarnog kreča u cilju površinske dezinfekcije od potencijalnih patogena.

Izuzev kontrole, reznice su pre samog pobadanja tretirane različitim koncentracijama (0.6 i 2%) indol-3-buterne kiseline (IBA) koja je dobijena mešanjem talka i kiseline. Sam tretman sa praškastom formulacijom indolbuterne kiseline vršen je uoči samog pobadanja reznica, a tretman sa 2% rastvorom uree vršen je u periodu kada su evidentno sve reznice formirale vitalne izbojke.

Primenom navedenih supstanci reznice su tretirane sa ukupno 5 različitih varijanti plus kontrola:

1. Folijarno tretiranje ožiljenica 2% rastvorom uree
2. Umakanje reznica u 0.6% IBA
3. Folijarno tretiranje ožiljenica 2% rastvorom uree u kombinaciji sa prethodnim umakanjem reznica u 0.6% IBA
4. Umakanje reznica u 2% IBA
5. Folijarno tretiranje ožiljenica 2% rastvorom uree u kombinaciji sa prethodnim umakanjem reznica u 2% IBA
6. Reznice koje nisu tretirane nijednom supstancom – kontrolna grupa

U toku vegetacionog perioda primenjivane su mere nege u ciju proizvodnje najvećeg broja najkvalitetnijih sadnica. Odmah po ožiljavanju i pojavi vitalnih izbojaka vršeno je tzv. pinciranje odnosno redukovanje na jedan vitalan izbojak po reznici, tada već sadnici.

Nakon pojave korova radilo se na okopavanju oko sadnica pomoću motike kao i međuredna obrada traktorskom frezom. Suvišne grane odnosno zaperci zakidani su ručno ili pomoću vinogradarskih makaza. Sve ove operacije ponavljane su u više navrata.

U martu 2017. godine postavljen je drugi ogled sa istim stanišnim i mikroklimatskim uslovima. Ukupno je pobodeno po 900 reznica od svakog genotipa bele topole po slučajnom rasporedu od po 50 komada u tri ponavljanja (Slika 5). Mere nege su bile identične merama iz ogleda iz 2016. godine.

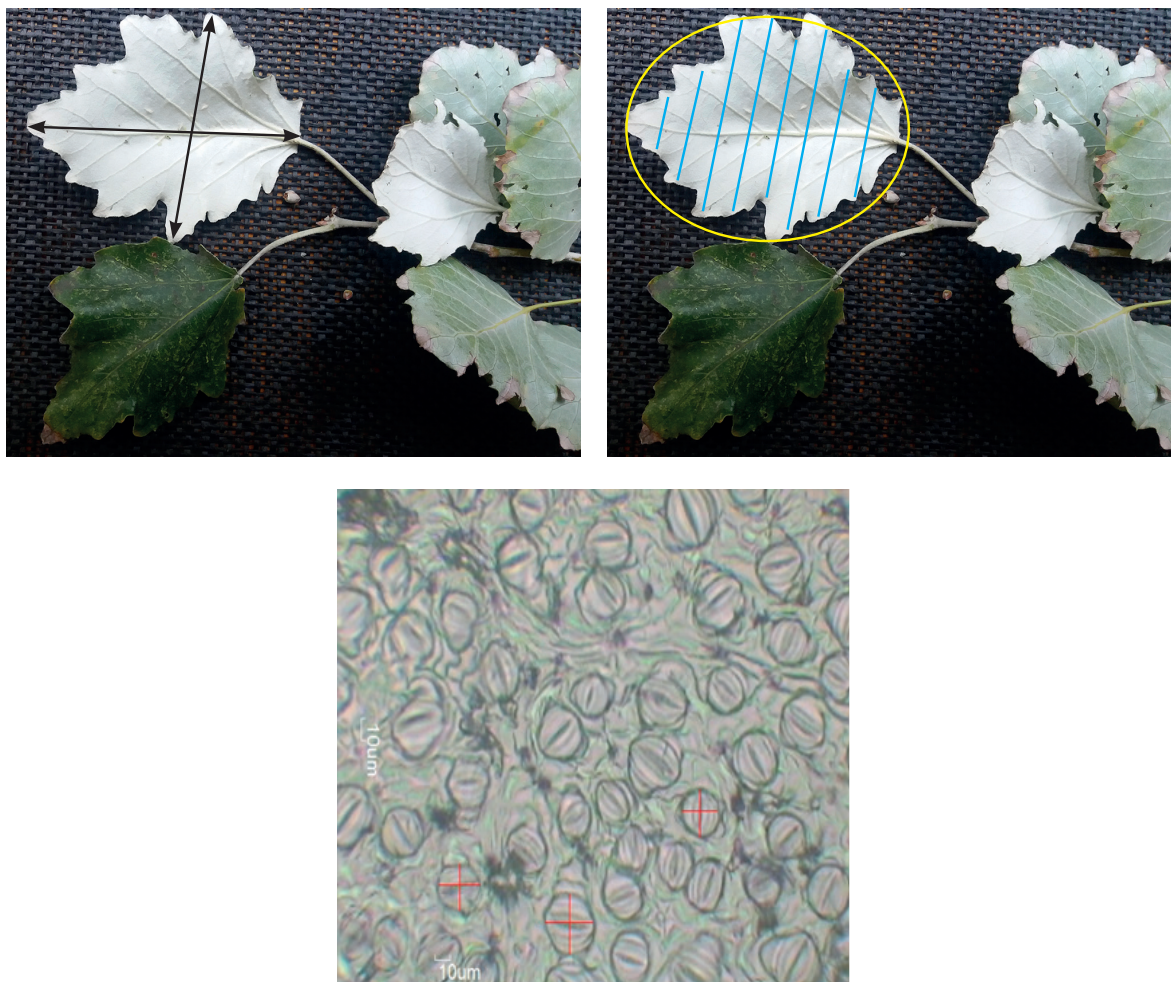
5.3. Analiza zemljišta

Pre osnivanja ogleda određena su hemijska svojstva zemljišta kako bi se odredila plodnost na istraživanom području. Zemljište je uzorkovano od strane Departmana za ratarstvo i povrtarstvo Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu. Ispitivan je sadržaj nekih od osnovnih parametara plodnosti zemljišta (sadržaj CaCO_3 , humusa, ukupan N, pH zemljišta, P_2O_5 , K_2O). Za potrebe hemijskih analiza zemljište je uzorkovano na tri različite dubine 0-30 cm, 30-60 cm i od 60-90 cm. Korišćene su sledeće metode:

- određivanje pH u destilovanoj void (10g zemljišta: 25cm³vode) potenciometrijski, pH metrom;
- određivanje pH u 1 M KCl (10g zemljišta:25cm³ rastvora KCL), potenciometrijski pH metrom;
- sadržaj CaCO_3 određen je volumetrijski na Scheibler-ovom kalcimetru (ISO 10693, 1995);
- sadržaj humusa metodom Tjurin-a (Simakov, 1957; Mineev, 2001);
- sadržaj ukupnog azota CHNS analizatorom;
- lako pristupačni fosfor i kalijum su određeni spektrofotometrijski.

5.4. Analiza morfo-anatomskih karakteristika različitih genotipova

Morfoanatomske karakteristike genotipova, i procena utucaja tretmana (0.6% IBA, 2% IBA, UREA) na ove parametre su vršene samo u ekperimentu iz 2016. godine. Za morfoanatomske analize listova uzeti su uzorci potpuno formiranih i svetlosti izloženih listova. Sa svakog genotipa i od svakog tretmana uzeto je po 5 listova sa 10 biljaka (ukupno 200 listova). Od morfoloških karakteristika mereni su dužina i širina liske, površina lista i određivan je broj stoma.



Slika 6. Merenje morfoloških karakteristika lista vrste *Populus alba* L.
(foto: D. Igić)

Površina (cm²) mladih i starih listova je merena pomoću automatskog optičkog aparata za merenje površine “ADC Bioscientific Ltd. AM350”.

Bela topola ima hipostomatične listove odnosno stome se nalaze samo na abaksijalnoj strani liske. Pre uzimanja otisaka zbog velike gustine trihoma na abaksijalnoj strani one su uklonjene žiletom. Epidermalni otisci su dobijeni „kolodijum“ metodom sa srednjeg dela liske bočno od glavnog nerva (Wolf, 1954). Karakteristike stoma (broj i dimenzije) analizirani su pod svetlosnim mikroskopom (Motic, B3 Professional series i Zeiss Axio Imager A2) pri uveličanju od 400x. Broj stoma je utvrđen u pet slučajno izabranih vidnih polja na svakom preparatu.

Preračunavanjem broja stoma iz vidnog polja na jedinicu površine liske od 1mm² utvrđena je gustina stoma. Rezultati merenja predstavljaju prosečne vrednosti broja stoma sa 25 vidnih polja po tretmanu, odnosno dimenzija 50 stoma po tretmanu. Dužina i širina stoma su merene na 10 slučajno izabranih stoma po preparatu (Slika 6). Vredosti veličine stoma su izražene u mikrometrima (µm). Brojanje stoma i merenje dužine i širine su rađene uz pomoć softvera Digimizer image analysis software 4.6.1.

Za analizu anatomske građe liske i merenja njenih kvantitativnih karakteristika, pravljani su poprečni preseki liske u zoni glavnog nerva na ¼ širine liske pomoću kriostata (Cryostat, Leica CM1850). Mikroskopska merenja su vršena pomoću svetlosnog mikroskopa (Zeiss Axio Imager A2). Merenjima su obuhvaćene sledeće karakteristike: debljine liske i asimilacionog tkiva, kao i površine glavnog nerva, provodnog snopića i ksilemskog i floemskog tkiva snopića. Sva merenja su vršena pri uvećanju od 400x. Za mikroskopska merenja korišćeno je 120 preparata (za svaki od 6 tretmana je uzeto po pet uzoraka - za svaki od 4 genotipa), a na svakom preparatu je izvršeno po pet merenja.

5.5. Određivanje fizioloških parametara različitih genotipova

U periodu od 4. jula do 7. jula 2016. godine izvršeno je merenje fizioloških parametara na četiri genotipa bele topole. Merenja su vršena na kontrolnim biljkama kao i na sledećim tretmanima: 0.6% IBA, 2% IBA i tretman ureom.

U cilju utvrđivanja uticaja biotičkih i abiotičkih činilaca na fiziološke procese biljaka određivani su sledeći parametri:

- intenzitet fotosinteze (A) izražen u $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- intenzitet transpiracije (E) izražen u $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- provodljivost stoma (gs) izražena u $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- intercelularna koncentracija CO₂ (Ci) izražena u μmol^{-1}
- efikasnost iskorišćavanja vode (WUE) izražena u $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1} \cdot \text{H}_2\text{O}$

Intenzitet fotosinteze, intenzitet transpiracije, provodljivost stoma i intercelularna CO₂ koncentracija su određeni pomoću LC pro+ Portable Photosynthesis System-a, proizvođača ADC BioScientific Ltd (Slika 3.10.). Efikasnost iskorišćavanja vode (WUE) predstavlja odnos intenziteta fotosinteze ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) i intenziteta transpiracije ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$): $\text{WUE} = \text{A}/\text{E}$

Efikasnost iskorišćavanja vode (WUE) je izuzetno indikativan parametar za proučavanje fizioloških adaptivnih mehanizama biljaka koje opstaju u uslovima suše kako bi se saznalo više o fiziologiji i adaptacijama tih biljaka (Tuba and Csintalan, 2002).

Prilikom merenja fotosintetička aktivna radijacija (FAR) je bila podešena na 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotona pomoću LCpro+ light unit. Protok vazduha iz okoline u lisnu komoru bio je na konstantnom nivou 100 $\mu\text{mol s}^{-1}$. Vrednosti temperature, vlažnosti i koncentracije CO₂ bili su na ambijentalnom nivou spoljašnje sredine na staništu. Merenja su urađena na uzorcima šest različitih stabala u tri nezavisna ponavljanja.

5.6. Određivanje proizvodnih karakteristika reznica različitih genotipova

U toku obe istraživačke godine vršeno je periodično prebrojavanje sadnica u cilju utvrđivanja procenta preživljavanja reznica, dok je u drugom delu vegetacionog perioda vršeno merenje visina kod svake ožiljenice u svrhu kasnijeg klasiranja. Visina je merena pomoću merne letve sa tačnošću merenja od 1 cm. Za merenje prečnika na kraju svakog oglada korišćen je digitalni nonijus sa tačnošću merenja od 0.1 mm.

Klasiranje se vršilo po Pravilniku o kvalitetu reproduktivnog materijala topola i vrba („Službeni glasnik RS“, broj 76 od 16. septembra 2009.) koji u članu 8. propisuje da je minimalna dužina nadzemnog dela sadnice topole starog jednu godinu:

- 1) 3 m za I klasu;
- 2) od 2.5 m do 3 m za II klasu;
- 3) od 1.8 m do 2.5 m za III klasu.

Sadnice topola čija je dužina nadzemnog dela starog jednu godinu manja od 1.8 m ne može da se koristi za pošumljavanje i smatra se škartom.

U toku 2017 godine, izuzev napred navedenih parametara (visina i prečnik ožiljenica, procenat preživljavanja reznica) vršeno je merenje sledećih parametara, u cilju procene primenjenih tretmana na ožiljavanje reznica: broj listova (LN); broj korenova u bazi ožiljenice (RN0); broj korenova 0-5 cm od baze (RN05); broj korenova 5-10 cm od baze (RN510); broj korenova od 10 cm od baze do vrha reznice (RN1020). Iz napred navedenih parametara izvedeni su sledeći parametri: broj korenova 5 cm od baze (RN5=RN0+RN05) i ukupan broj korenova (TRN=RN5+RN510+RN1020). Parametri koji opisuju udeo broja korenova u odnosu na ukupan broj korenova su izračunati po sledećim formulama:

$$RN0p=(RN0/TRN)*100\%$$

$$RN05p=(RN05/TRN)*100\%$$

$$RN5p=(RN5/TRN)*100\%$$

$$RN510p=(RN510/TRN)*100\%$$

$$RN1020p=(RN1020/TRN)*100\%$$

Za razliku od morfofizioloških merenja kada su uzimani uzorci koji sa četiri različite kombinacije i to: kontrolna grupa i tretmani 0.6% IBA, 2% IBA i tretman 2% UREA, za određivanje proizvodnih karakteristika reznica u analizu su uvršteni i tretmani: 0.6% IBA+ 2% UREA, 2% IBA+ 2% UREA.

5.7. Metode statističke analize

Analiza varijanse (Two Way ANOVA) je urađena sa ciljem utvrđivanja uticaja različitih tretmana na analizirane genotipove topola, a razlike između dobijenih vrednosti posmatranih parametara su poređene Fisherovim post-hoc testom za nivo značajnosti $p < 0.05$. Na grafikonima, prikazane su srednje vrednosti \pm standardna greška (eng. standard error). Srednje vrednosti koje se statistički ne razlikuju značajno za posmatrani parametar označene su istim slovom na grafikonima i u tabelama. Vrednosti za broj listova i broj korenova su standardizovane u skladu sa kvadratno-korenskom transformacijom, dok su podaci o udelu broja korenova u ukupnom broju korenova standardizovani u skladu sa arcsin transformacijom. Ove standardizacije su urađene kako bi se postigla normalna distribucija istraživanih parametara

Pearson-ov koeficijent korelacije je korišćen za poređenje međusobne zavisnosti različitih parametara u okviru svakog analiziranog genotipa.

Analizom glavnih komponenti (eng. PCA) utvrđena je opšta struktura varijabilnosti genotipova, kao i doprinos pojedinačnih tretmana varijabilnosti i diferencijaciji analiziranih genotipova.

ANOVA i Fisher-ov test su urađeni u softveru Microsoft Excel i DSAASTAT (ver. 1.101). Testovi korelacije su urađeni u softveru Statistica ver. 13.5 (Tibco software). ZA PCA analizu je korišćen softver RStudio Ver. 1.1.463 uz primenu paketa factoextra (<http://www.sthda.com/english/rpkgs/factoextra>) i psych (Revelle, 2020).

6. REZULTATI I DISKUSIJA

6.1. Uslovi staništa

6.1.1. Klima

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije započela su 2016. godine kada je osnovan ogled i trajala su dve godine do kraja 2017. godine. Zbog toga su podaci za klimu preuzeti za navedeni period od dve godine. Navedeni klimatski podaci dostupni su na sajtu Republičkog hidrometeorološkog zavoda u okviru Meteoroloških godišnjaka, a odnose se na meteorološku stanicu Rimski Šančevi koja je u neposrednoj blizini lokaliteta gde je postavljen ogled. Na osnovu dostupnih podataka za istraživane godine (2016. i 2017. godinu) kao i za petnaestogodišnji period (1990-2004. godine) urađeni su grafikoni za srednje mesečne temperature vazduha, srednje mesečne padavine, srednju relativnu vlažnost vazduha i vetar.

(http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski%20godisnjak%201%20-%20klimatoloski%20podaci%20-%202016.pdf

http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski%20godisnjak%201%20-%20klimatoloski%20podaci%20-%202017.pdf).

Vojvodina kao deo Panonske nizije ima umereno kontinentalnu klimu sa karakteristikama semiaridne klime što je u skladu sa geografskim položajem i reljefom ovog područja.

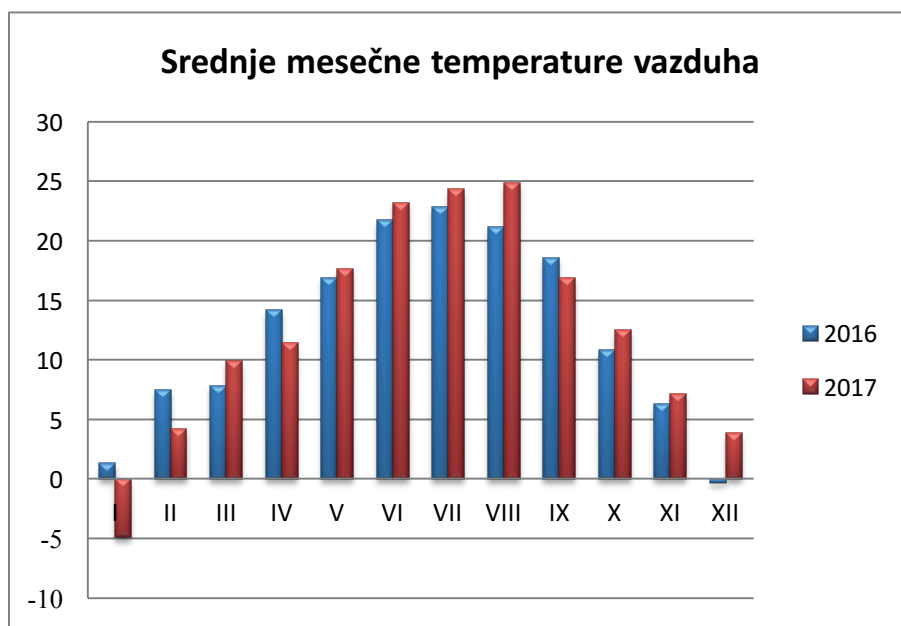
6.1.1.1. Temperatura vazduha

Temperatura vazduha je uslovljena mnogobrojnim hidrometeorološkim pojavama i zavisi pre svega od sunčeve radijacije i toplotnog bilansa. Prosečna godišnja temperatura vazduha 2016. godine iznosila je 12.38°C dok je 2017. godine bila nešto viša i to 12.56°C. Tokom istraživanog perioda najviša srednja mesečna temperatura zabeležena je u avgustu 2017. godine i iznosila je 24.8°C, a najniža iste godine u januaru – 4.9°C (Tabela 3.).

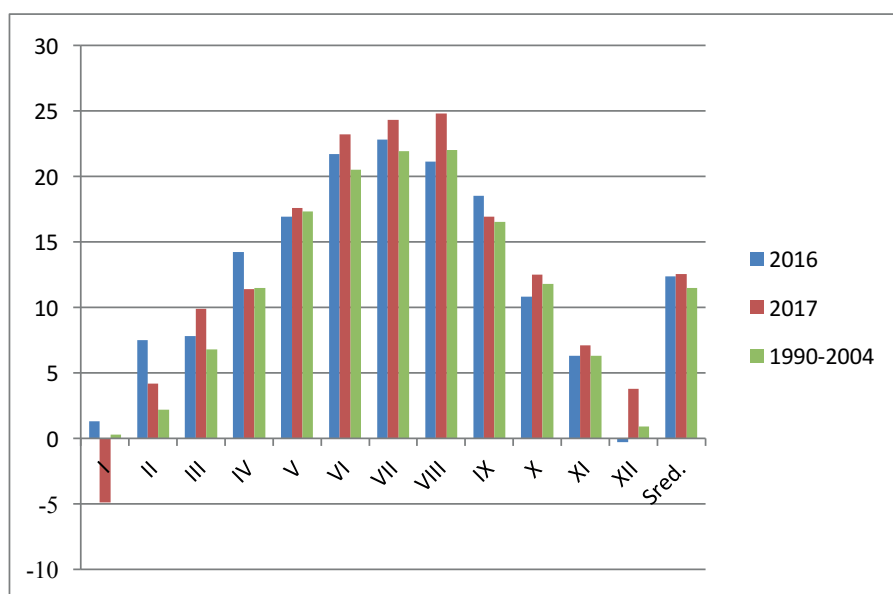
Ukoliko se posmatra period od 15 godina (1990-2004) uočava se da su zabeležene srednje mesečne temperature 2017. godine bile iznad petnaestogodišnjeg proseka u svim mesecima izuzev u januaru (Tabela 3, Slika 7).

Tabela 3. Srednje mesečne temperature vazduha (C°)

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Sred. |
|------------------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| 2016 | 1.3 | 7.5 | 7.8 | 14.2 | 16.9 | 21.7 | 22.8 | 21.1 | 18.5 | 10.8 | 6.3 | -0.3 | 12.38 |
| 2017 | -4.9 | 4.2 | 9.9 | 11.4 | 17.6 | 23.2 | 24.3 | 24.8 | 16.9 | 12.5 | 7.1 | 3.8 | 12.56 |
| 1990-2004 | 0.3 | 2.2 | 6.8 | 11.5 | 17.3 | 20.5 | 21.9 | 22 | 16.5 | 11.8 | 6.3 | 0.9 | 11.5 |



Slika 7. Srednje mesečne temperature vazduha (C°)



Slika 8. Srednje mesečne temperature vazduha (C°) u poređenju sa petnaestogodišnjim prosekom

6.1.1.2. Količina padavina

Prosečna godišnja količina padavina 2016. godine iznosila je 68.32 mm/m² dok je 2017. godine bila znatno niža i iznosila je 42.75 mm/m². Tokom istraživanog perioda najviša srednja mesečna količina padavina je zabeležena u junu 2016. godine i to čak 143.2 mm/m² dok je istovremeno u istom mesecu sledeće godine količina padavina bila više nego dva puta manja od prethodne godine i iznosila je 65.7 mm/m² (Tabela 4).

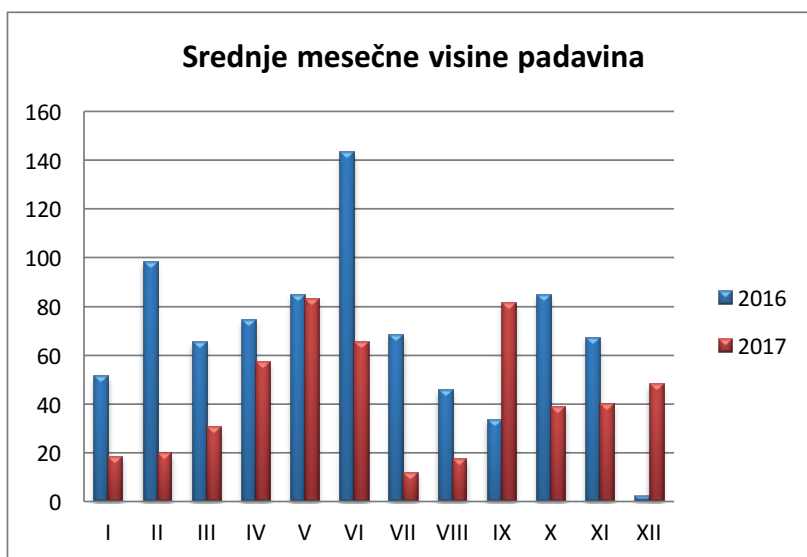
Stojiljković i Nešković-Zdravić (2004) iznose da je na području Vojvodine izražen negativan trend visine padavina u zimskom, a pozitivan u letnjem i jesenjem periodu. Prema istim autorima

primarni maksimum padavina u Vojvodini je u junu, a sekundarni u decembru, dok je primarni minimum u februaru-martu, a sekundarni u septembru-oktobru.

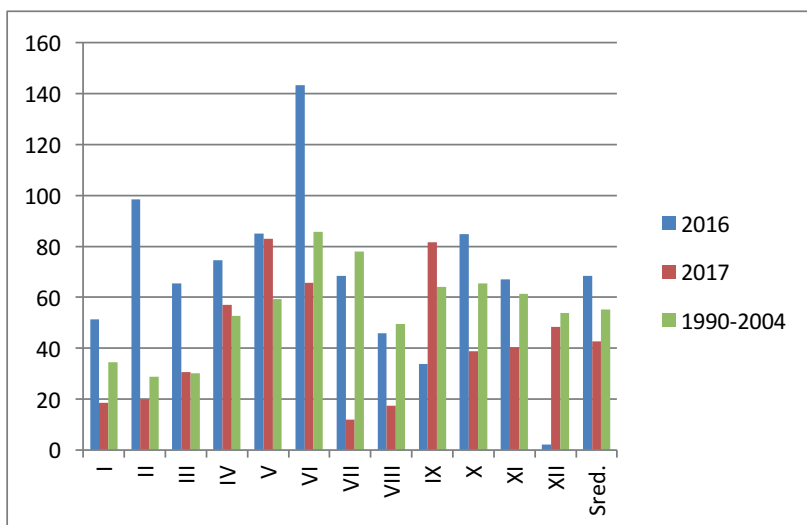
Srednje mesečne visine padavina 2016. godine bile su znatno iznad petnaestogodišnjeg proseka, a ukoliko se posmatra samo vegetacioni period ta razlika je još izraženija. Tako su u vegetacionom periodu od 1990-2004. godine srednje mesečne visine padavina bile 59.9 mm, a u istom periodu 2016. godine iznosile su 73.7 mm, dok je 2017. godina u vegetacionom periodu bila znatno sušnija sa 49.6 mm padavina (Slika 9, 10).

Tabela 4. Srednje mesečne visine padavina (mm)

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Sred. |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2016 | 51.3 | 98.4 | 65.5 | 74.5 | 85 | 143.2 | 68.4 | 45.8 | 33.7 | 84.8 | 67.1 | 2.2 | 68.32 |
| 2017 | 18.5 | 20 | 30.5 | 57 | 82.9 | 65.7 | 12 | 17.4 | 81.5 | 38.9 | 40.3 | 48.3 | 42.75 |
| 1990-2004 | 34.4 | 28.7 | 30.1 | 52.6 | 59.3 | 85.8 | 78 | 49.5 | 64.1 | 65.5 | 61.4 | 53.9 | 55.27 |



Slika 9. Srednje mesečne visine padavina (mm)



Slika 10. Srednje mesečne visine padavina (mm) u poređenju sa petnaestogodišnjim prosekom

6.1.1.3. Vlažnost vazduha

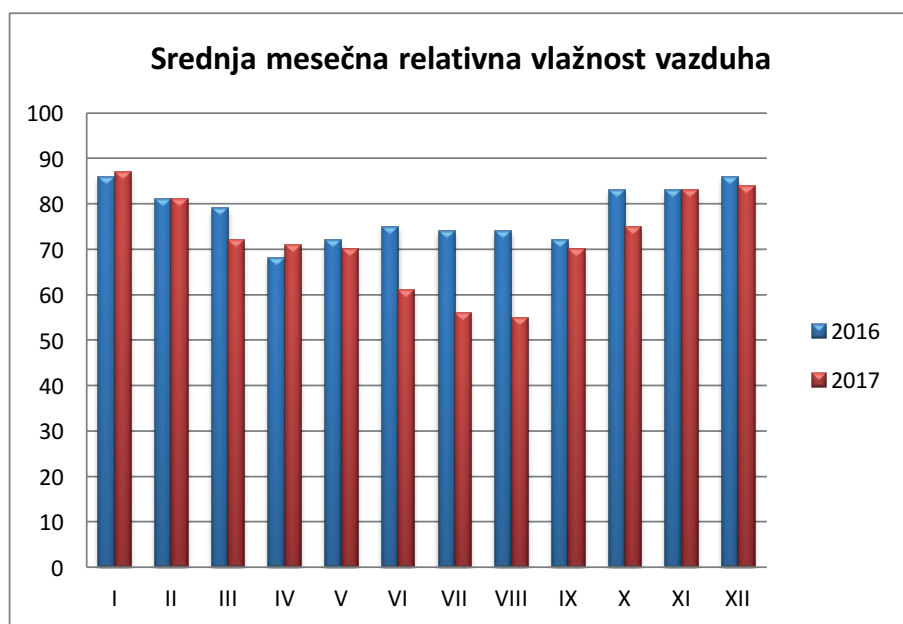
Vlažnost vazduha je u direktnoj vezi sa temperaturom i padavinama i predstavlja procenat zasićenosti vazduha vodenom parom.

Tokom istraživanog perioda 2016. godina je imala veću relativnu vlažnost tokom godine (77.75%) nego 2017. godina (72%). Povećana vlažnost vazduha 2016. godine je bila izražena i tokom vegetacionog perioda. Kao što je i očekivano vlažnost vazduha je tokom obe godine bila najveća tokom zimskih meseci.

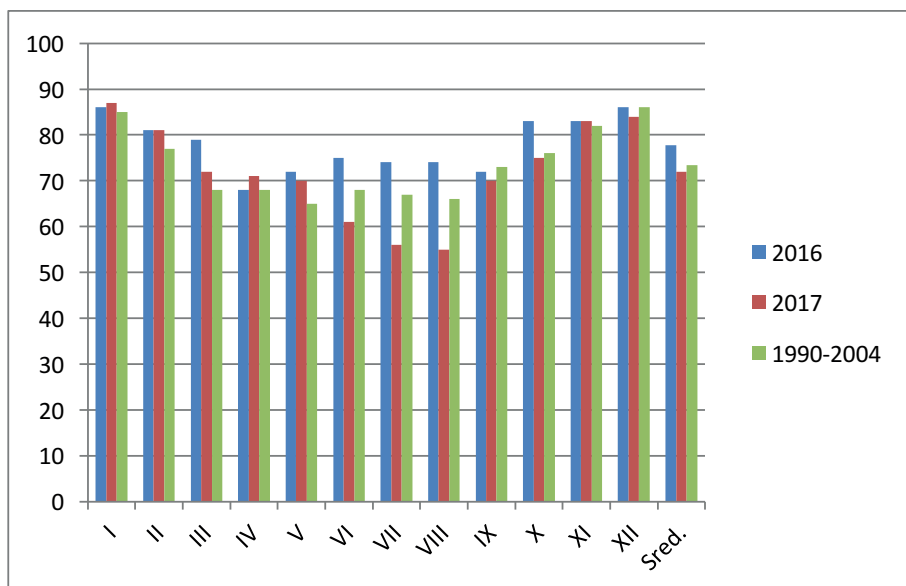
Ako se posmatra petnaestogodišnji period 2016. godina je bila znatno vlažnija ne samo u odnosu na sledeću 2017. godinu nego i u odnosu na prikazani petnaestogodišnji period. Ova povećana vlažnost vazduha tokom 2016. godine je posebno bila izražena tokom vegetacionog perioda (Tabela 5, Slika 11, 12).

Tabela 5. Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha (%)

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Sred. |
|------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-------|
| 2016 | 86 | 81 | 79 | 68 | 72 | 75 | 74 | 74 | 72 | 83 | 83 | 86 | 77.75 |
| 2017 | 87 | 81 | 72 | 71 | 70 | 61 | 56 | 55 | 70 | 75 | 83 | 84 | 72 |
| 1990-2004 | 85 | 77 | 68 | 68 | 65 | 68 | 67 | 66 | 73 | 76 | 82 | 86 | 73.4 |



Slika 11. Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha (%)



Slika 12. Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha (%) u poređenju sa petnaestogodišnjim prosekom

6.1.1.4. Vetar

Vetar je klimatski element od koga često zavise i ostali klimatski elementi kao što su temperatura, padavine, vlažnost, oblačnost. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda koji se odnose na 2016. godinu (nedostaju podaci za 2017.) na istraživanom području vetar je najčešće duvao sa zapada i severozapada (Tabela 6). Pošto vetrovi iz ovog pravca obično donose padavine i osveženje 2016. godina je i bila znatno vlažnija i hladnija.

Tabela 6. Relativna čestina vetra po pravcima i srednja brzina u m/s 2016. godine

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Čestina (%) | 58 | 54 | 169 | 188 | 87 | 160 | 230 | 121 |
| Brzina (M/S) | 3.2 | 2.3 | 3 | 3.3 | 1.8 | 2.1 | 2.8 | 3.3 |

6.1.2. Karakteristike zemljišta

Ogled je postavljen na aluvijalnom zemljištu tipa fluvisol peskovito-ilovaste forme u rasadniku „Ratno ostrvo – Kać“, u okviru ŠG „Novi Sad“, ŠU „Kovilj“.

Ova forma fluvisola najčešće ima razvijen humusno akumulativni horizont debljine oko 20 cm. ispod koga je često prisutan sloj ilovastog peska (20-30 cm), što u sušnim godinama uzrokuje prekid kapilariteta. Zemljište ovog tipa je dobro drenirano, podzemna voda je na dubini od 2.5-3m. Udeo fiziološki aktivne vode koja je pristupačna za biljke je nizak i zavisi od teksturnog sastava. Kod peskovito ilovaste forme fluvisola prisutan je veći udeo praha i gline, što utiče na veću retenciju vlage i kapaciteta za vodu. Kapilarno penjanje je povoljnije, a vertikalna vodopropustljivost je manja (Ivanišević, 1993; Pekeč et al., 2012).

Prema sadržaju CaCO_3 na ispitanim parcelama sadržaj kalcijumkarbonata se kretao od 10.62 do 11.03% te se ovo zemljište može uvrstiti u grupu jako karbonatnog zemljišta.

Analize su pokazale da se prosečan sadržaj humusa u zavisnosti od dubine kreće od 1.78 do 1.12%, što ukazuje da je ispitano zemljište na osnovu klasifikacija zemljišta prema obezbeđenosti u humusu po Gračaninu (Škorić i Sertić, 1966) u kategoriji slabo humoznog zemljišta.

Prosečan sadržaj ukupnog azota iznosio je od 0,09% do 0.05% što ispitivano zemljište na osnovu klasifikacija zemljišta prema obezbeđenosti u ukupnom azotu (klasifikacija Wohtlmanna – JDPZ 1966) svrstava u grupu srednje obezbeđenog zemljišta azotom.

Na ispitanim parcelama uzorci zemljišta u zavisnosti od dubine imaju prosečan sadržaj lako pristupačnog fosfora od 10.79 do 3.44 mg/100 grama zemljišta, dok se prosečni sadržaj lako pristupačnog kalijuma kreće od 8.41 do 2.30 mg/100 grama zemljišta. Ovo ukazuje da se po sadržaju lako pristupačnog P i K (Manojlović et al., 1960, Manojlović et al., 1969) radi o siromašnoj klasi zemljišta. (Tabela 7.).

Tabela 7. Osnovna hemijska svojstva zemljišta na parcelama postavljenog ogleda

| Dubina (cm) | pH | | CaCO_3 % | Humus % | Ukupan N% | AL- P_2O_5 mg/100g | AL- K_2O mg/100g |
|-------------|-----------|------------------------|-------------------|---------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| | u 1 M KCl | u H_2O | | | | | |
| 0-30 | 7.28 | 7.72 | 10.62 | 1.78 | 0.09 | 10.79 | 8.41 |
| 30-60 | 7.29 | 7.83 | 11.44 | 1.25 | 0.06 | 8.31 | 7.43 |
| 60-90 | 7.31 | 8.04 | 11.03 | 1.12 | 0.05 | 3.44 | 2.30 |

6.2.1. Morfo-anatomske i fiziološke karakteristike genotipova bele topole

6.2.1.1. Analiza glavnih komponenti (PCA) morfo-anatomskih i fizioloških parametara

Analiza glavnih komponenti (PCA) je korišćena za utvrđivanje variabilnosti u morfo-anatomskim i fiziološkim parametrima, između različitih genotipova, kao i između primenjenih tretmana.

PCA analiza razdvajanja analiziranih genotipova na osnovu morfo-anatomskih i fizioloških parametara, je pokazala da je doprinos prve glavne komponente u ukupnoj varijabilnosti iznosio je 33.6%, dok je doprinos druge 18.3% (Slika 13). U prvoj dimenziji, najveći doprinos imaju anatomske parametri (površina floema, površina provodnog snopića i površina glavnog nerva), dok su u drugoj dimenziji najveći doprinos pokazali ukupna debljina lista, debljina asimilacionog tkiva i provodljivost stoma.

Visok stepen korelacije je utvrđen između površine lista, površine ksilema i floema, površine glavnog nerva i površine provodnog snopića. Takođe, sličnu korelaciju primećujemo i između ukupne debljine lista i debljine asimilacionog tkiva (Slika 13).

Ako posmatramo fiziološke parametre, efikasnost korišćenja vode i intenzitet fotosinteze su visoko korelisani, kao i intercelularna koncentracija CO₂ i stomaterna provodljivost (Slika 14). Genotip L80 pokazuje najveću varijabilnost u ispitivanim parametrima. PCA nije pokazala jasno razdvajanje genotipova na osnovu morfo-anatomskih i fizioloških parametara (Slika 14). S druge strane, ako posmatramo razdvajanje na osnovu primenjenih tretmana, možemo uočiti jasne razlike između kontrole i tretmana ureom, u poređenju sa tretmanima IBA (Slika 14). Tretman 0.6% IBA pokazuje najveći stepen varijabilnosti, dok je najmanja varijabilnost zabeležena kod tretmana 2% IBA. Na osnovu ovoga uočava se da primenjeni tretmani imaju značajan uticaj na morfo-anatomske i fiziološke parametre analiziranih genotipova bele topole.

6.2.2. Morfo-anatomske karakteristike lista analiziranih genotipova bele topole

6.2.2.1. Dužina i širina lista

Oblik i veličina liske zavise od biljne vrste, ali oni kod iste vrste mogu biti znatno izmenjeni pod uticajem faktora spoljašnje sredine. Kod vrste *Populus alba* lisna ploča nije celovita već je plićim ili dubljim bočnim usecima podeljena na režnjeve, što joj daje karakterističan oblik. Liska ove vrste se odlikuje malim dimenzijama u poređenju sa nekim drugim vrstama topola. Prosečna dužina liski za analizirane genotipove iznosi 83.56 mm, a širina 72.84 mm.

Čortan (2015) navodi da je kod analiziranih populacija crne topole na području Vojvodine prosečna dužina liski 90.06 mm, a širina 70.36 mm. Redukcija liske koja se postiže njenim manjim dimenzijama i režnjevitosti je u vezi sa smanjenjem transpiracione površine u cilju ograničavanja transpiracije, kao adaptacija na sušna i topla staništa (Stevanović i Janković, 2001). U pogledu dužine i širine liske, kao i površine liske utvrđena su intergenotipska variranja. Po najvećim vrednostima dužine i širine liske i površine izdvaja se genotip 58/57, a manje i međusobno slične vrednosti dužine i širine liske odlikuju ostale genotipove (Tabela 8.)

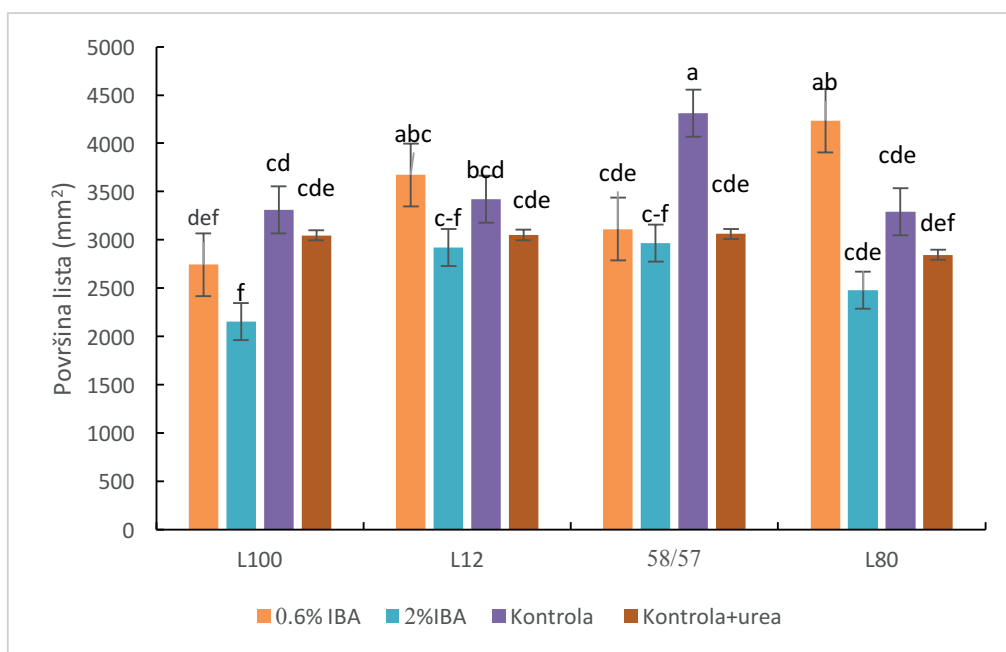
Tabela 8. Širina i dužina liske kod analiziranih genotipova bele topole

| | L100 | L80 | L12 | 58/57 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Širina (mm) | 71.88 | 68.98 | 70 | 80.48 |
| Dužina (mm) | 81.3 | 82.14 | 83.22 | 87.58 |

6.2.2.2. Površina lista

Površina lista se kod analiziranih genotipova kretala u rasponu 2152-3309 mm² kod genotipa L100, 2919-3673 mm² kod L12, 2964-4302 mm² kod 58/57 i 2477-4234 mm² kod L80. U kontekstu intergenotipskih razlika, utvrđeno je da se jedino genotip 58/57 značajno razlikuje od ostalih, i ima najveću lisnu površinu. Najmanju prosečnu lisnu površinu ima genotip L80, ali se on značajno ne razlikuje od genotipova L100 i L12.

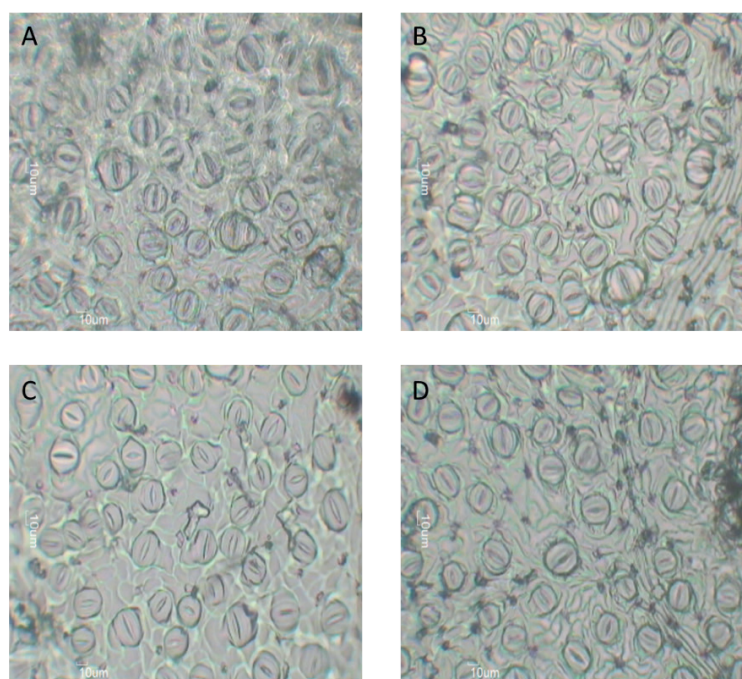
U pogledu uticaja tretmana na površinu lista bele topole, uočeno je da tretman 2% IBA pokazuje statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolu, kod svih genotipova izuzev L80. Na Slici 13 se jasno uočava da su listovi kod biljaka tretiranih 2% IBA manje površine u odnosu na kontrolne biljke. Takođe, može se uočiti da su svi tretmani (0.6% IBA, 2% IBA i urea) imali značajan uticaj na površinu lista kod genotipa 58/57 (Slika 15). Kod ovog genotipa, kontrolne biljke su imale najveću površinu lista u odnosu na tretirane jedinke.



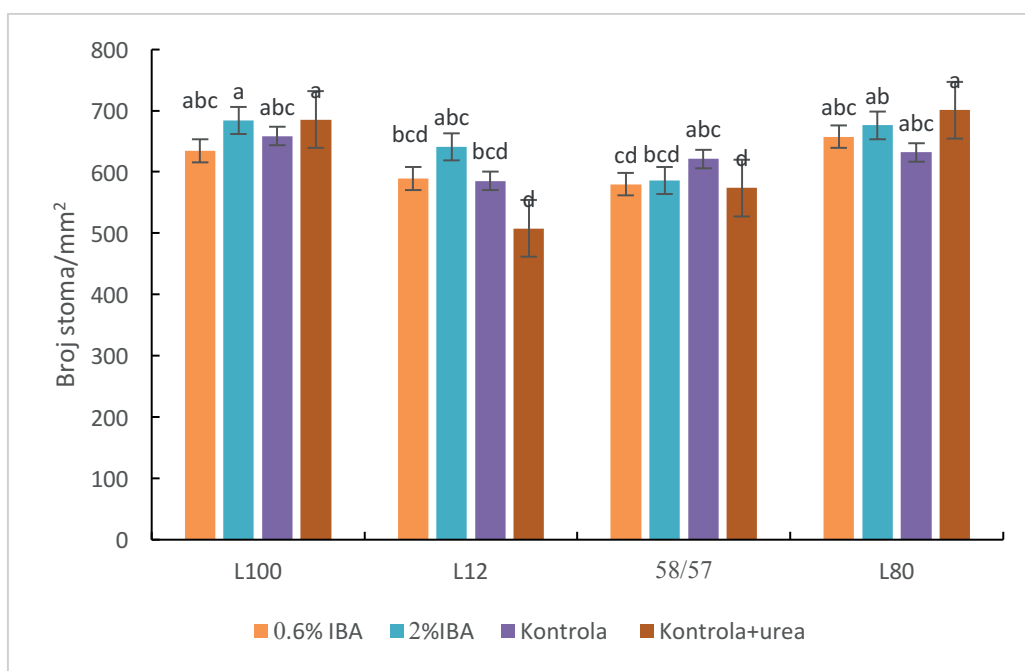
Slika 15. Uticaj primenjenih tretmana na površinu lista kod analiziranih genotipova bele topole.

6.2.2.3. Karakteristike stominog aparata

Kod vrste *Populus alba* stome su prisutne samo na abaksijalnoj strani lista (Slika 16). Kod analiziranih genotipova bele topole, utvrđeno je da se broj stoma po mm² lista kretao od 378-780. Kada su u pitanju analizirani tretmani na različitim genotipovima bele topole, prosečan broj stoma po jedinici površine nalazi se u intervalu od 634-685 stoma/mm² (L100), 507-640 stoma/mm² (L12), 573-621 stoma/mm² (58/57) i 631-700 stoma/mm² (L80) (Slika 17).



Slika 16. Mikrofotografije abaksijalne strane lista kod analiziranih genotipova bele topole. A- L80; B- L100; C- 58/57; D- L12



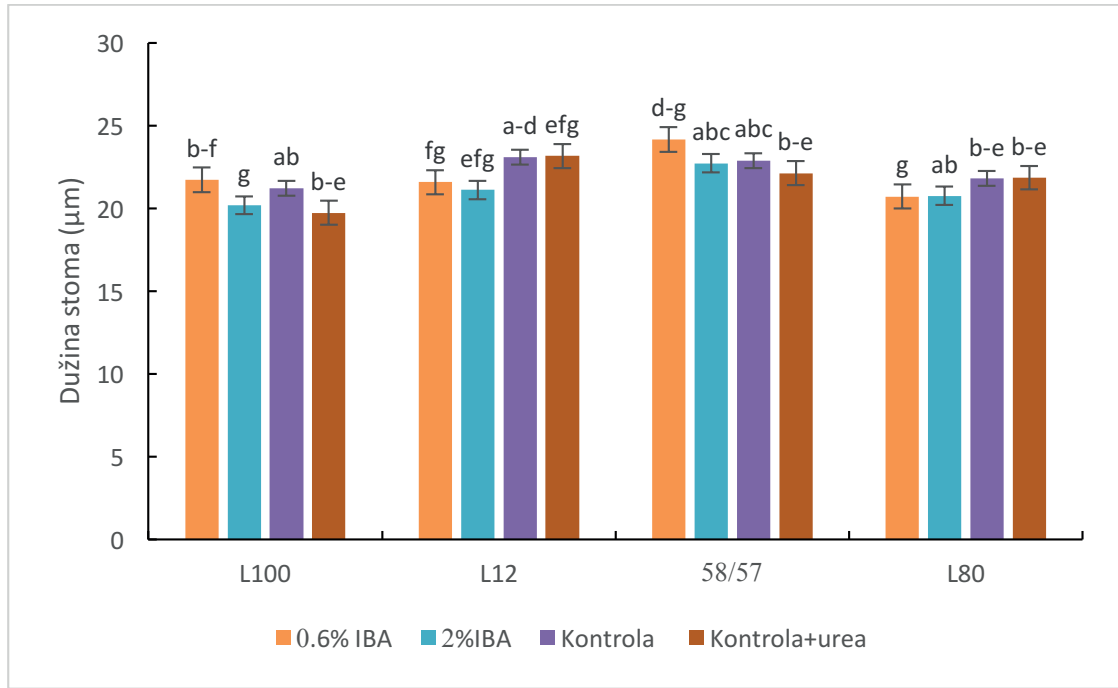
Slika 17. Uticaj primenjenih tretmana na broj stoma po jedinici površine lista kod analiziranih genotipova bele topole

U okviru svih ispitivanih genotipova nije zabeležen statistički značajan uticaj ispitivanih tretmana na broj stoma, međutim može se primetiti blago smanjenje broja stoma kod tretmana ureom u okviru genotipova L12 i 58/57 (Slika 17).

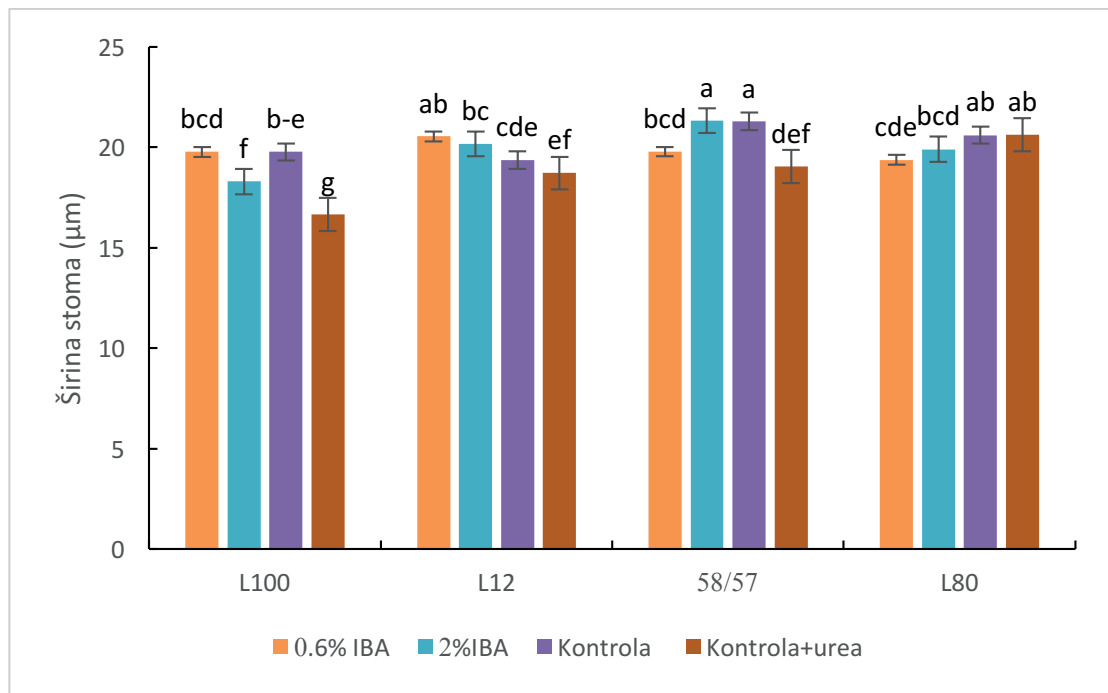
Kod ispitivanih genotipova vrste *Populus alba* prosečna dužina stoma u okviru genotipa 58/57 se kreće od 22.13 do 24.16 μm , kod genotipa L12 od 21.12 do 23.17 μm , genotipa L80 od 20.72 do 21.8 μm i u okviru genotipa L100 od 19.73 do 21,73 μm (Slika 18). Što se tiče širine stoma, one se kreću u intervalima od 19.03 μm do 21,28 μm u okviru genotipa 58/57, od 18.7 do 20.53 μm u okviru genotipa L12, od 19.36 do 20,32 μm kod genotipa L80 i od 16.65 do 19.77 μm u okviru genotipa L100 (Slika 19).

Kod kontrolnih biljaka, nije postojala statistički značajna razlika u dužini stoma između genotipova, dok se u širini stoma, genotipovi L12 i 58/57 međusobno ne razlikuju, ali pokazuju statistički značajne razlike u odnosu na preostala dva genotipa.

Tretman 0.6% IBA je značajno uticao kako na dužinu, tako i na širinu stoma kod genotipova L80, 58/57 i L12, dok je 2% IBA pokazala značajan uticaj na širinu stoma kod L12 i L100 genotipa, i na dužinu kod 58/57 i L12 genotipa. Tretman ureom, je imao uticaj na dužinu stoma samo kod genotipa L12, a na širinu stoma kod genotipa L12 i L80 (Slika 18 i 19).



Slika 18. Uticaj primenjenih tretmana na dužinu stoma u okviru analiziranih genotipova bele topole



Slika 19. Uticaj primenjenih tretmana na širinu stoma u okviru analiziranih genotipova bele topole

Osobine stomatalnog aparata ispoljavaju široku interspecijsku i intraspecijsku varijabilnost u okviru roda *Populus* (Ceulemans et al. 1995; Al Afas et al. 2006; Pearce et al. 2006; Dillen et al. 2008).

Broj i veličina stoma su kontrolisani genetičkim faktorima (Ticha, 1982; Dunlap i Stettler, 2001; Casson i Grey, 2008). Sa druge strane broj stoma i veličina stominih ćelija mogu biti izmenjeni pod uticajem brojnih faktora spoljašnje sredine kao što su suša, svetlost, koncentracija atmosferskog CO₂ itd. (Ticha, 1982; Asamaa et al., 2001; Bosabalidis i Kofidis (2002); Ferris et al., 2002). U našem ispitivanju intergenotipske razlike u pogledu broja stoma/mm² liske nisu se pokazale statistički značajnim. Kod istog genotipa variranja broja stoma/mm² nisu ukazala na postojanje trenda u promeni broja stoma, što je najverovatnije posledica toga da ova osobina zavisi prvenstveno od genotipa.

Veličina i broj stoma varira i zavisi ne samo od biljnog taksona, već i od starosti lista, veličine liske, ali uopšteno uzevši stome su sitnije ukoliko je njihov broj veći i obrnuto (Krstić et al., 2011).

Za razliku od vrste *Populus alba* kod vrste *Populus nigra* stome su prisutne i na adaksijalnom i na abaksijalnom epidermisu. Njihov broj je uglavnom znatno veći na abaksijalnom epidermisu u odnosu na adaksijalni (Orlović, 1993; Čortan, 2015). U odnosu na ispitivanu belu topolu kod koje su stome prisutne samo na abaksijalnom epidermisu, broj stoma kod crne topole je znatno manji. Tako Petrović (1997) navodi da je kod vrste *Populus nigra* najveći broj stoma na abaksijalnom epidermisu lista gde je zabeleženo 215 stoma/mm². Orlović (1992) kod iste vrste na adaksijalnom epidermisu beleži 69 i 79 stoma/mm², a na abaksijalnom 184 i 175 stoma/mm². Čortan et al. (2017) kod ispitivanih populacija crne topole navode na adaksijalnom epidermisu 43.64-48.1 stoma/mm², a na abaksijalnom 154.22-171.79 stoma/mm². Slično je i kod vrste *Populus deltoides* gde Nikolić et al. (2017) na abaksijalnom epidermisu lista ove vrste navode u proseku 178 stoma/mm².

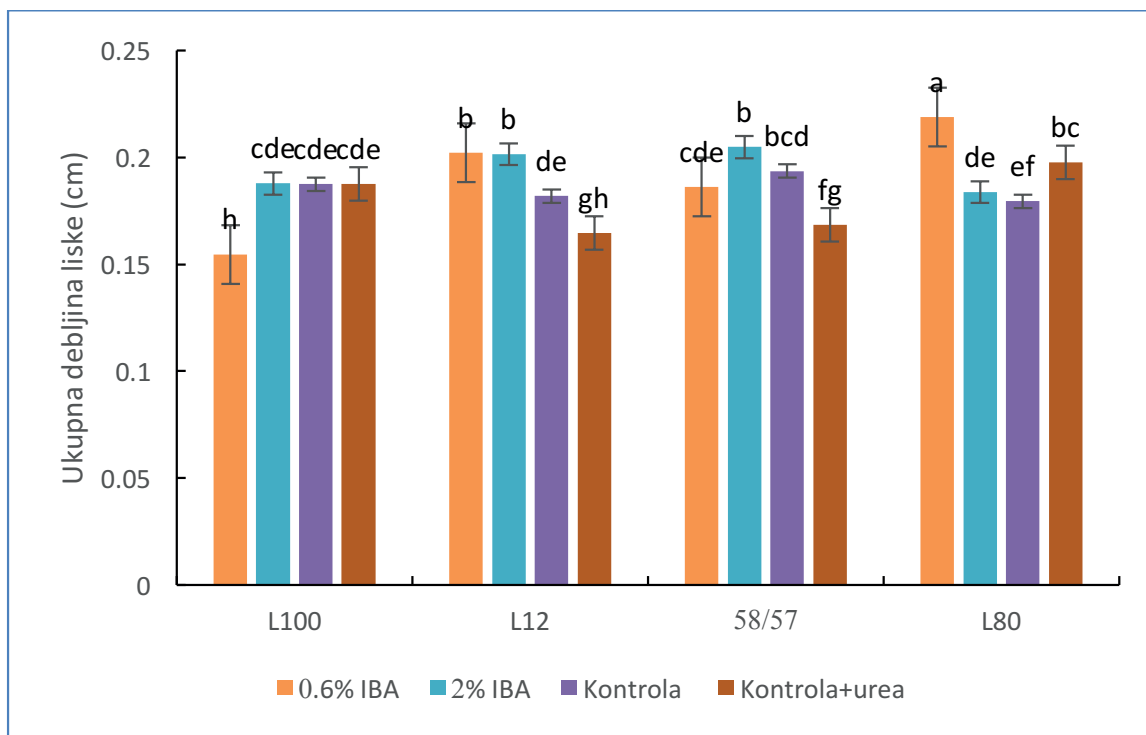
Znatno veći broj stoma po mm² liske *Populus alba* u odnosu na druge vrste topola može se dovesti u vezu sa kseromorfnom građom liske koja podrazumeva veći broj stoma i njihove manje dimenzije (Kuzminsky i Sabatti, 1994; Taylor et al., 2003). Chen et al. (2008), istražujući stome kod *Populus alba* konstatuju u proseku 443 stome/mm² na abaksijalnom epidermisu lista. Slično je utvrđeno kod Abruzzese et al. (2009) gde su vrednosti u broju stoma kod listova *Populus alba* oko 600 stoma/mm² što je u skladu sa rezultatima ovog rada, gde je kod analiziranih genotipova bele topole lista konstatovano od 378 do 780 stoma po mm².

Generalno, broj i dimenzije stoma su u negativnoj međuzavisnosti, veći broj stoma korespondira sa njihovim manjim dimenzijama i obrnuto. Brojna istraživanja ukazuju da se sa povećanjem gustine stoma smanjuju njihove dimenzije kao adaptacija na vodni deficit (Cutler et al., 1977; Spence et al., 1986; Martinez et al., 2007; Zhenzhu i Guangsheng, 2008).

6.2.2.4. Debljina liske

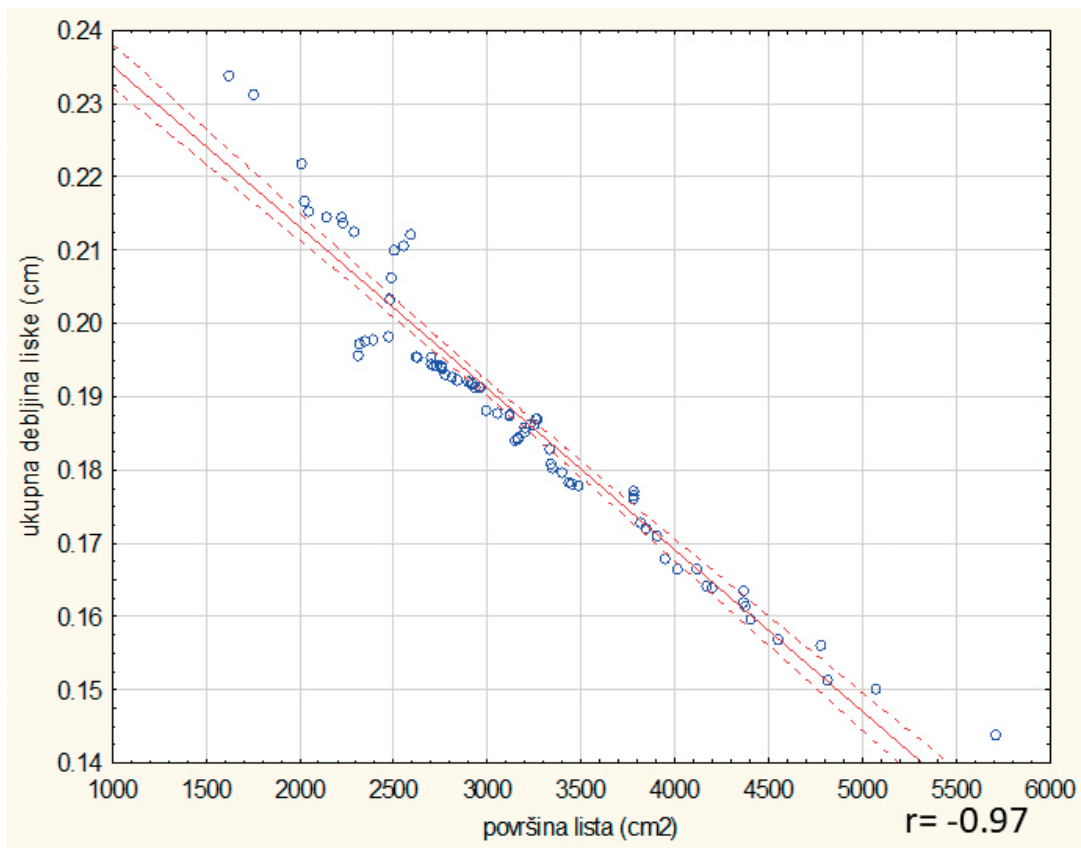
Rezultati ovog istraživanja ukazuju da u pogledu debljine liske ne postoje statistički značajne razlike između kontrola ispitivanih genotipova izuzev genotipova L80 i 58/57. Liska ima najveće vrednosti debljine kod genotipova L100 i 58/57, dok su manje vrednosti zabeležene kod genotipova L12 i L80.

Variranja vrednosti debljine liske pod uticajem tretmana ukazuju da je njihov najveći uticaj na ovaj parametar zabeležen u okviru genotipa L12. Naime, svi tretmani su statistički značajno uticali na debljinu liske ovog genotipa u odnosu na kontrolu, i to oba tretmana indol-buternom kiselinom su dovela do povećanja debljine liske, dok je tretman ureom doveo do smanjenja (Slika 20). Urea, je takođe doprinela značajnom smanjenju debljine liske kod genotipa 58/57 i značajnom povećanju kod genotipa L80, dok ovaj tretman nije imao značajan uticaj na debljinu liske kod genotipa L100. Tretman 0.6% IBA je doprineo smanjenju debljine liske kod genotipa L100 i značajnom povećanju ovog parametra kod genotipova L12 i 58/57, dok nije imao uticaja kod genotipa L80 (Slika 20).



Slika 20. Uticaj primenjenih tretmana na ukupnu debljinu liske kod analiziranih genotipova bele topole.

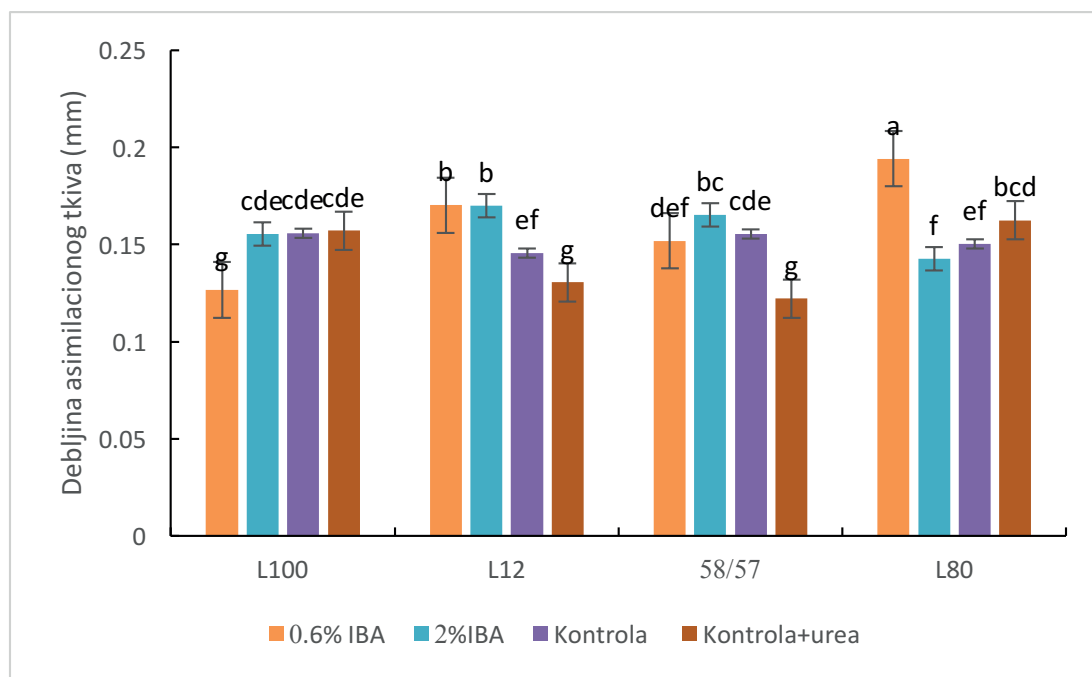
Pearson-ov koeficijent korelacije između lisne površine i debljine liske kod ispitivanih genotipova iznosi -0.97, statistički je značajan i ukazuje na negativnu korelaciju između ova dva parametra (Slika 21). Ovo se može objasniti činjenicom da genotipovi male lisne površine imaju veću debljinu liske kao kompenzaciju za smanjenu površinu lista.



Slika 21. Pearson-ova korelacija između površine liske i ukupne debljine liske. r-Perason-ov koeficijent korelacije

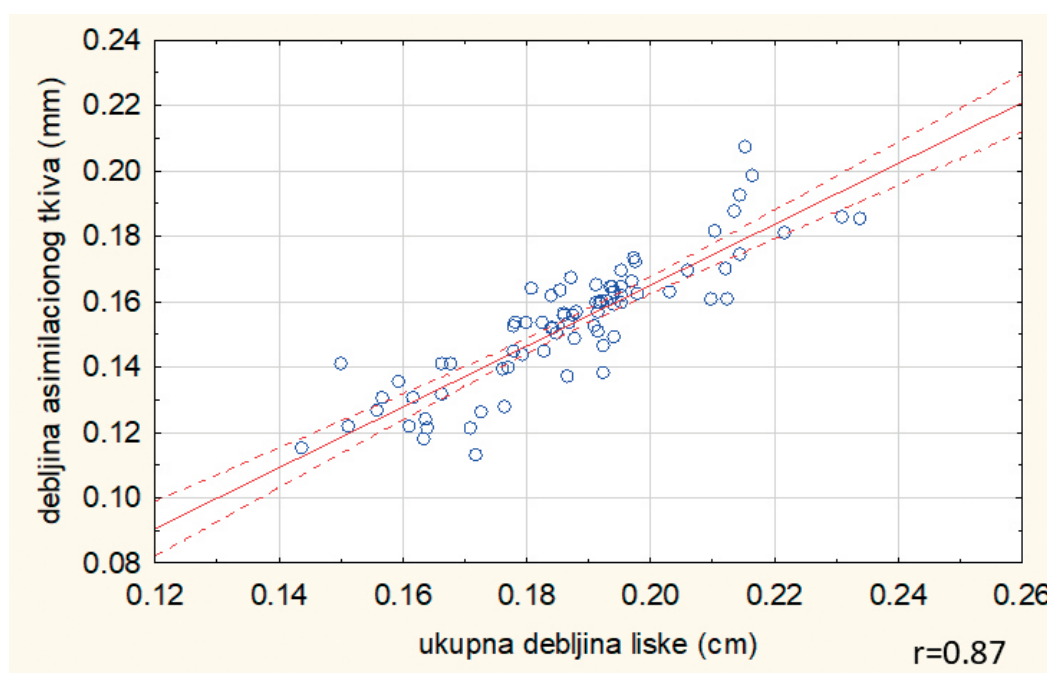
6.2.2.5. Debljina asimilacionog tkiva

U pogledu debljine asimilacionog tkiva, među kontrolama analiziranih genotipova ne postoji statistički značajna razlika (Slika 22). Tretman 0.6% IBA je pokazao statistički značajan uticaj na debljinu asimilacionog tkiva. Kod genotipa L100 došlo je do smanjenja debljine asimilacionog tkiva u odnosu na kontrolu, kod genotipova L12 i L80 debljina asimilacionog tkiva je povećana u odnosu na kontrolu, dok ovaj tretman nije imao uticaja na asimilaciono tkivo kod genotipa 58/57. Tretman 2% IBA je značajno povećao debljinu asimilacionog tkiva kod genotipa L100, dok na ostale genotipove nije imao uticaja. Tretman ureom, je imao značajan uticaj na genotipove L12, 58/57 kao i L80 (Slika 22).



Slika 22. Uticaj primenjenih tretmana na debljinu asimilacionog tkiva kod analiziranih genotipova bele topole

S obzirom da veličina lisne površine značajno utiče na fotosintetički kapacitet, kao i na produktivnost biljke, upućuje i na značaj uloge debljine tj. volumena asimilacionog tkiva u fotosintetičkoj produktivnosti (Ceulemans i Saugier, 1991). Pošto epidermis ima mali udeo u debljini liske, to je debljina asimilacionog tkiva u saglasnosti sa debljinom liske. Na to ukazuje i značajna pozitivna korelacija ($r=0.87$, $p<0.05$) između debljine liske i debljine asimilacionog tkiva kod ispitivanih genotipova (Slika 23).



Slika 23. Pearson-ova korelacija između ukupne debljine liske i debljine asimilacionog tkiva analiziranih genotipova bele topole. r-Perason-ov koeficijent korelacije

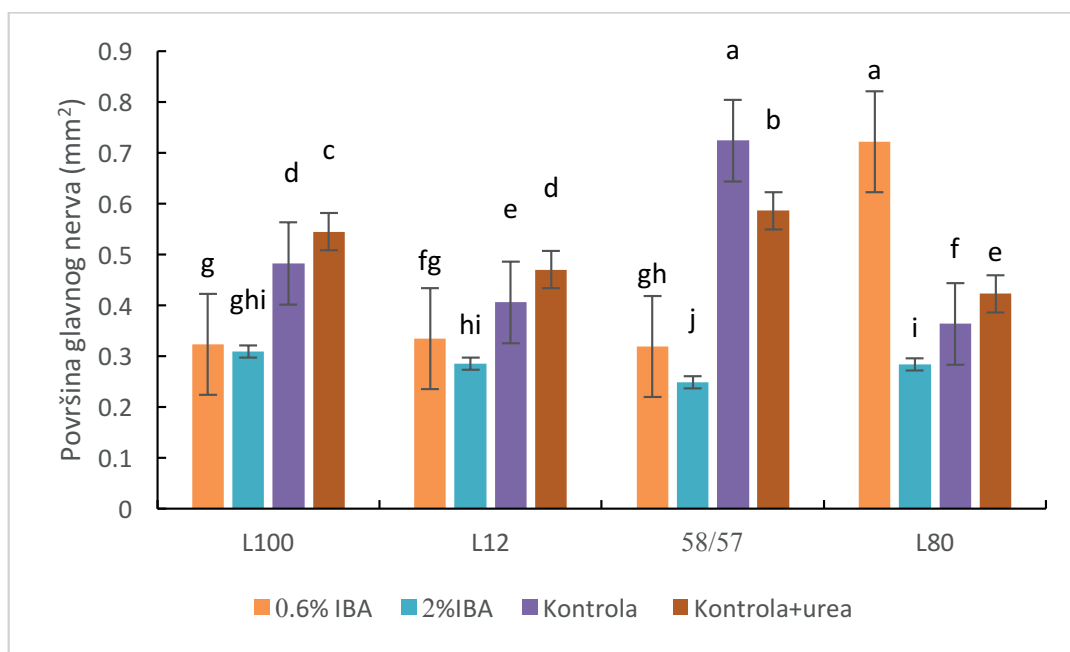
Kod ispitivanih genotipova palisadno tkivo je veoma razvijeno, dvoslojno i ima značajan udeo u debljini liske u odnosu na slabije razvijeno sunderasto tkivo. Pošto je asimilaciono tkivo najinteresantnije sa produkcionog aspekta, debljina liske i debljina asimilacionog tkiva nesumnjivo utiču i na fotosintetske osobine i produkciju biomase (Orlović, 1993).

U razmatranju uloge fotosintetskog tkiva treba uzeti u obzir pored njegove debljine i odnosa palisadno/sunderasto tkivo i njegovu strukturnu organizaciju (broj i veličina ćelija, broj slojeva, raspored ćelija). Orlović et al., (1994) su utvrdili da su genotipovi crnih topola koji su imali manje dimenzije ćelija asimilacionog tkiva bili produktivniji. Promenom debljine fotosintetskog tkiva odnosno njegove unutrašnje organizacije menja se ne samo veličina ukupne unutrašnje fotosintetske površine već i intercelularne mreže što svakako utiče i na fotosintetski kapacitet.

6.2.2.6. Karakteristike glavnog nerva i provodnog tkiva

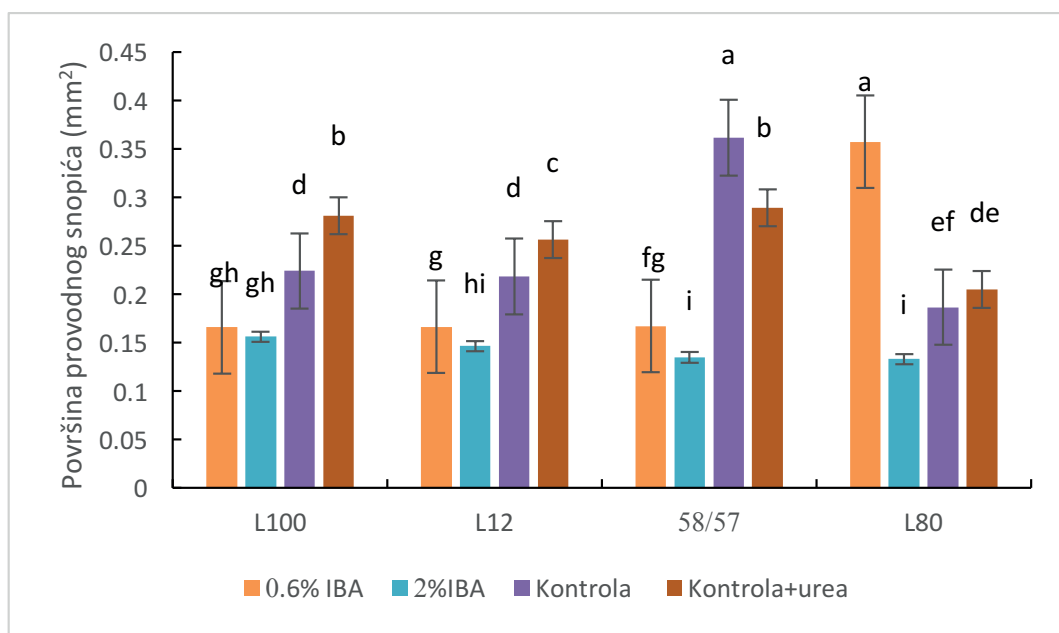
Analiza varijanse (ANOVA) je pokazala značajne varijacije u pogledu površine glavnog nerva kako u okviru genotipova, tako i u okviru tretmana. Svi genotipovi bele topole su se međusobno statistički značajno razlikovali u pogledu površine glavnog nerva, pri čemu je najveća površina zabeležena kod kontrole genotipa L58/87, dok je genotip L80 imao najmanji provodni snopić (Slika 24).

Tretman 0.6% IBA je statistički značajno uticao na smanjenje površine glavnog nerva u odnosu na kontrolne biljke kod svih genotipova, izuzev L80 (Slika 24). Takođe, tretman 2% IBA je značajno uticao na ovaj parametar kod svih genotipova, i to na taj način što je došlo do značajnog smanjenja površine provodnog snopića kod tretiranih biljaka u odnosu na kontrole. Nasuprot tome, tretman ureom je doprineo statistički značajnom povećanju površine glavnog nerva u odnosu na kontrolu kod genotipova L100, L12 i L80, dok je kod genotipa 58/57 došlo do suprotnog efekta (Slika 24).



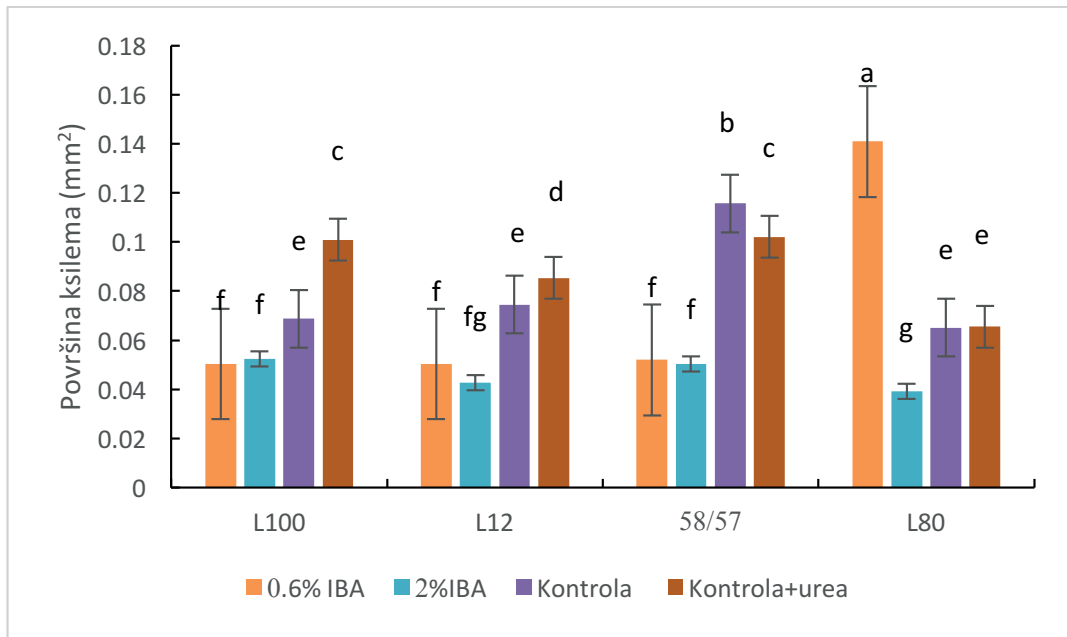
Slika 24. Uticaj primenjenih tretmana na površinu glavnog nerva kod analiziranih genotipova bele topole

Površina provodnog snopića je u direktnoj vezi sa površinom glavnog nerva. Kod analiziranih genotipova, slično kao kod površine glavnog nerva, vrednosti ovog parametra su se statistički značajno razlikovale između svih kontrola (Slika 25). U pogledu uticaja tretmana, imamo takođe sličnu situaciju kao kod površine glavnog nerva. Tretmani indol-buternom kiselinom, su doveli do značajnog smanjenja površine provodnog snopića, kod svih genotipova izuzev tretmana 0.6% IBA koji je uzrokovao povećanje vrednosti ovog parametra kod genotipa L80. Međutim, kod ovog genotipa je veća koncentracija IBA ipak dovela do značajnog smanjenja površine provodnog snopića (Slika 25). Tretman ureom je kod genotipova L100 i L12 doveo do povećanja ovog parametra u odnosu na kontrolu, sa izuzetkom genotipa L80 gde to povećanje nije statistički značajno. Kod genotipa 58/57 došlo je do značajnog smanjenja ovog parametra (Slika 25).



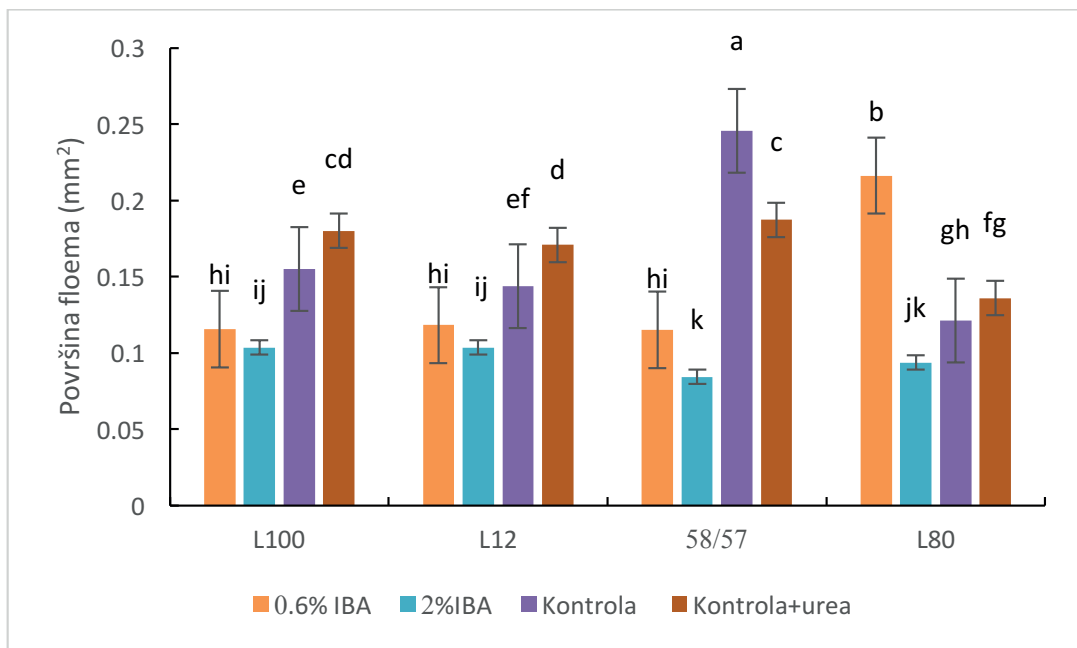
Slika 25. Uticaj primenjenih tretmana na površinu provodnog snopića kod analiziranih genotipova bele topole

U pogledu površine ksilema, jedini genotip koji se statistički značajno razlikovao u vrednosti ovog parametra je 58/57 i odlikovao se najvećom površinom ksilema. Svi ostali genotipovi su imali značajno manju površinu ksilema sa malim intergenotipskim varijacijama (Slika 26). Tretmani IBA-om, su u svim slučajevima doveli do značajnog smanjenja površine ksilema u odnosu na kontrolne biljke izuzev tretman 0.6% IBA koji je uzrokovao povećanje vrednosti ovog parametra kod genotipa L80. Tretman ureom, je kod svih genotipova doveo do značajnog povećanja površine ksilema, izuzev genotipa L80, gde ovaj tretman nije imao uticaja, dok je kod genotipa 58/57 došlo do značajnijeg smanjenja ovog parametra. (Slika 24)



Slika 26. Uticaj primenjenih tretmana na površinu ksilema kod analiziranih genotipova bele topole

Površina floema pokazuje sličan trend kao i površina ksilema. Postoje intergenotipske varijacije, pri čemu se jedino genotipovi L100 i L12 ne razlikuju značajno. Tretman indol-buternom kiselinom je doveo do značajnog smanjenja površine floema, kod svih genotipova, izuzev genotipa L80, gde je tretman 0.6% IBA uzrokovao povećanje površine floema (Slika 27). Tretman ureom je kod svih genotipova doveo do značajnog povećanja površine floema, sa izuzetkom genotipa 58/57, gde je došlo do smanjanja vrednosti ovog parametra (Slika 27).

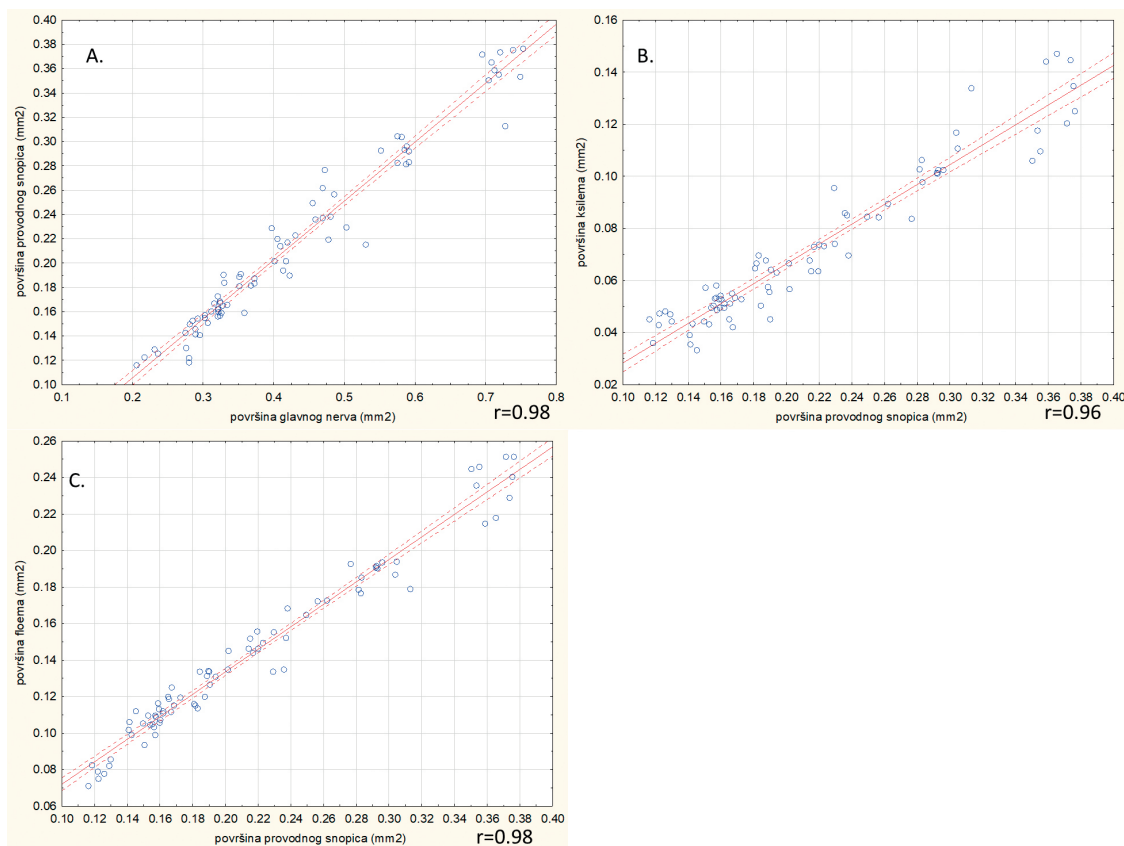


Slika 27. Uticaj primenjenih tretmana na površinu floema kod analiziranih genotipova bele topole

Generalno govoreći o karakteristikama glavnog nerva, kao i provodnih elemenata u njemu, rezultati ovog istraživanja ukazuju na postojanje integenotipskih variranja u pogledu površine glavnog nerva, snopića glavnog nerva i njegovog ksilemskog i floemskog tkiva. Slično ovim rezultatima pokazala su i istraživanja Pajević et al. (1999), gde autori ističu uticaj genotipa pšenice na volumen ksilemskih elemenata u provodnom snopiću.

Rezultati analize varijanse su ukazali da postoji jasan trend u uticaju primenjenih tretmana na ove parametre. Naime, IBA je u većini slučajeva uticala na smanjenje površine glavnog nerva, a samim tim i površine provodnog snopića i ksilema i floema. U svim ovim slučajevima, jedini izuzetak je genotip L80 kod koga manja koncentracija IBA dovodi do značajnog povećanja vrednosti svih ovih parametara, dok povećanje koncentracije IBA dovodi do suprotnog efekta. Slično tome, uočava se i jasan trend u okviru uticaja uree. Urea je u svim slučajevima dovela do povećanja vrednosti napred navedenih parametara. Ovo se može objasniti činjenicom da je urea primenjena folijarno, a uzevši u obzir njene efekte, može se uočiti i da je njena primena dovela do povećanja potrebe za sprovođenjem materija kroz list.

Provodno tkivo ima značajnu ulogu u transportu materija, vode i neorganskih supstanci ka asimilacionom tkivu i odvođenju fotosintata iz asimilacionog tkiva. Strukturna i funkcionalna organizacija vaskularnog tkiva je vrlo značajna sa aspekta transporta i distribucije asimilata i konačnog prinosa. U okviru genotipa, veća površina glavnog nerva je u korelaciji sa većom površinom provodnog snopića nerva i njegovog ksilemskog i floemskog dela i obrnuto (Slika 28).

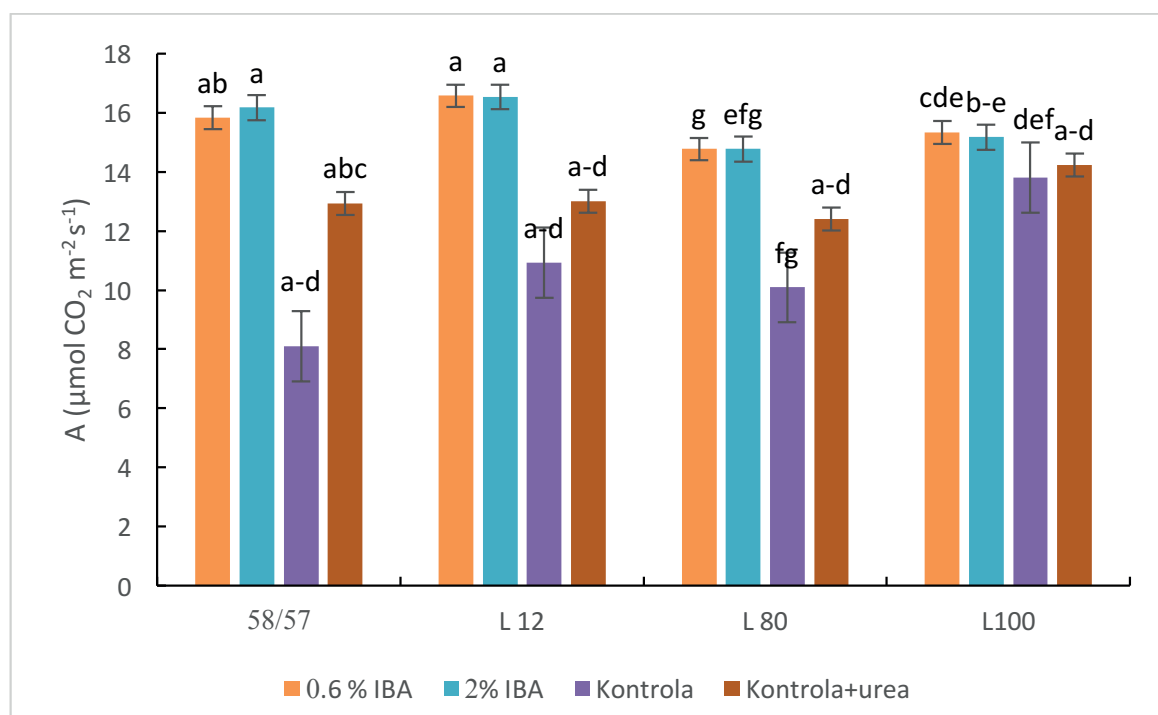


Slika 28. Pearson-ova korelacija između površine glavnog nerva i površine provodnog snopića (A.); površine provodnog snopića i površine ksilema (B); površine provodnog snopića i površine floema (C).
r-Pearson-ov koeficijent korelacije

6.3.1. Fiziološke osobine genotipova bele topole

6.3.1.1. Intezitet fotosinteze

Analizirajući uticaj uree na intenzitet fotosinteze, jasno je da je tretman ureom povećao srednju vrednost neto fotosinteze kod svakog genotipa u odnosu na kontrolne netretirane biljke (Slika 29). Ipak, uzimajući u obzir primenjeni Fisher-ov test i postojeća variranja u ponavljanjima, statistički značajne razlike između kontrole i tretmana ureom su utvrđene samo kod genotipa L80. Genotipovi su se i međusobno razlikovali, tako da je genotip L100 imao najveće vrednosti, dok su najmanje vrednosti inteziteta fotosinteze izmerene na listovima genotipa 58/57 (Slika 29).



Slika 29. Uticaj primenjenih tretmana na intenzitet fotosinteze (A) kod analiziranih genotipova bele topole

Sadržaj nutrijenata je od vitalnog značaja u ukorenjavanju, ali i u kasnijim fazama metabolizma drvenastih reznica. Naročito veliki značaj za pravilan razvoj reznica, počev od ožiljavanja i formiranja korenova, pa do kasnijih faza razvoja imaju N i P (Bellini et al., 2014). Ipak, efekat N na formiranje adventivnih korenova je još uvek nejasan. Tako je utvrđeno da kod *Pelargonium* spp. i *Euphorbia pulcherrima* Wild uticaj azota veoma zavisi od koncentracije koja se primenjuje u odnosu na dostupost ugljenika merenu kroz sadržaj šećera. Zavisno od ovih faktora, tretman azotom može da ima stimulatoran, indiferentan, ili čak inhibitoran efekat (Druege et al., 2004; Zerche and Druege 2009). Ovakve promene u intenzitetu fotosinteze ukazuju na blago stimulatoran efekat, ili indiferentan efekat. Značaj azota je izuzetan i u samom metabolizmu s obzirom na opštu ulogu azota u sintezi proteina, nukleinskih kiselina, hlorofila i niza drugih važnih organskih jedinjenja (Taiz i Zeiger 2006).

Ranije je utvrđeno da đubrenje azotom ima poželjan efekat na fotosintezu i opštu bioprodukciju topola (Luo i sar 2006; Li et al., 2012), ali je takođe utvrđeno da ovaj efekat veoma zavisi od vrste i genotipa i da su brzorastući genotipovi velike bioprodukcije osetljiviji na promene u koncentraciji dostupnog azota. Dobijeni rezultati u ovom istraživanju ukazuju da je primenjena urea imala poželjan efekat u momentu merenja fotosinteze početkom jula meseca.

Tretman IBA u dve koncentracije je takođe doveo do povećanja intenziteta fotosinteze u odnosu na pripadajuće kontrole (Slika 27). Međutim, ni kod jednog analiziranog genotipa nije bilo statistički značajnih razlika u srednjoj vrednosti intenziteta fotosinteze između tretmana IBA-om i pripadajuće kontrole. Ovakvi rezultati mogu da ukažu da tretman IBA potencijalno može da u manjoj meri poveća produktivnost genotipova bele topole. IBA je hormon koji se najčešće koristi u cilju stimulacije formiranja korenova na reznicama drvenastih vrsta, primenjeniji u odnosu na klasični auksin (IAA – indol sirćetnu kiselinu) i tradicionalno se smatra pogodnim alatom za tu vrstu stimulacije (Zhao et al., 2014). Auksin je glavni koordinator morfogeneze korena, ali je značajan i za funkcionisanje nadzemnog dela (Mironova et al., 2010). Ipak, precizan uticaj auksina (bilo da je primenjen kao IBA ili IAA) je teško predvidiv i veoma zavisi od koncentracije u kojoj se dozira, sobzirom na kompleksne fiziološke odgovore koje izaziva (Zhao et al., 2014). U tom smislu i dužina delovanja ili ponavljanje tretmana može da bude od presudnog uticaja, tako da povećane koncentracije ili duži period delovanja mogu da imaju i inhibitoran efekat. IBA definitivno ima dokazan stimulativan uticaj na formiranje primordijalnih korenova kod topola, ali kasniji uticaj na razviće korenova nije jasan (Harfouche et al., 2007). Efekat IBA veoma zavisi i od njene konverzije u IAA u ćelijama biljaka nakon usvajanja IBA (Rogg et al., 2001). Veličina ove konverzije nije jasno potvrđena u reznicama topola, jer je moguće da IBA ostvaruje svoj efekat tek nakon konverzije u IAA (Pacurar et al., 2014). Stoga, ova stimulacija intenziteta fotosinteze može da ukaže na inicijalno bolje ožiljavanje, čime bi biljke sa nešto vijabilnijim krenom mogle u optimalnim uslovima da imaju i veću bioproduktivnost. S obzirom da su parametri fotosinteze mereni rano u sezoni, dobijeni rezultati su indikativni za prvi deo vegetacione sezone i ranu vegetativnu fazu razvoja.

Sa aspekta fotosintetičke aktivnosti osobine stomatalnog aparata su od izuzetnog značaja imajući u vidu njegovu ulogu u snabdevanju asimilacionog tkiva neophodnim CO₂. Brzina usvajanja CO₂ je u direktnoj zavisnosti od stomaterne provodljivosti tj. otvorenosti stoma koja je određena kapacitetom mezofila lista da usvaja CO₂ (Wong et al., 1979; Taiz i Zeiger, 2006). Značajan uticaj na intezitet i produktivnost fotosinteze ima i ukupna fotosintetička površina koju čine unutrašnja fotosintetička površina (debljina, odnosno volumen asimilacionog tkiva) zajedno sa lisnom površinom. Fotosintetička varijabilnost može biti tesno povezana sa varijabilnošću anatomije lista kod različitih genotipova. Variranja u broju i veličini stoma, debljini asimilacionog tkiva, broju, veličini i rasporedu ovog tkiva mogu uticati i na fotosintetsku aktivnost.

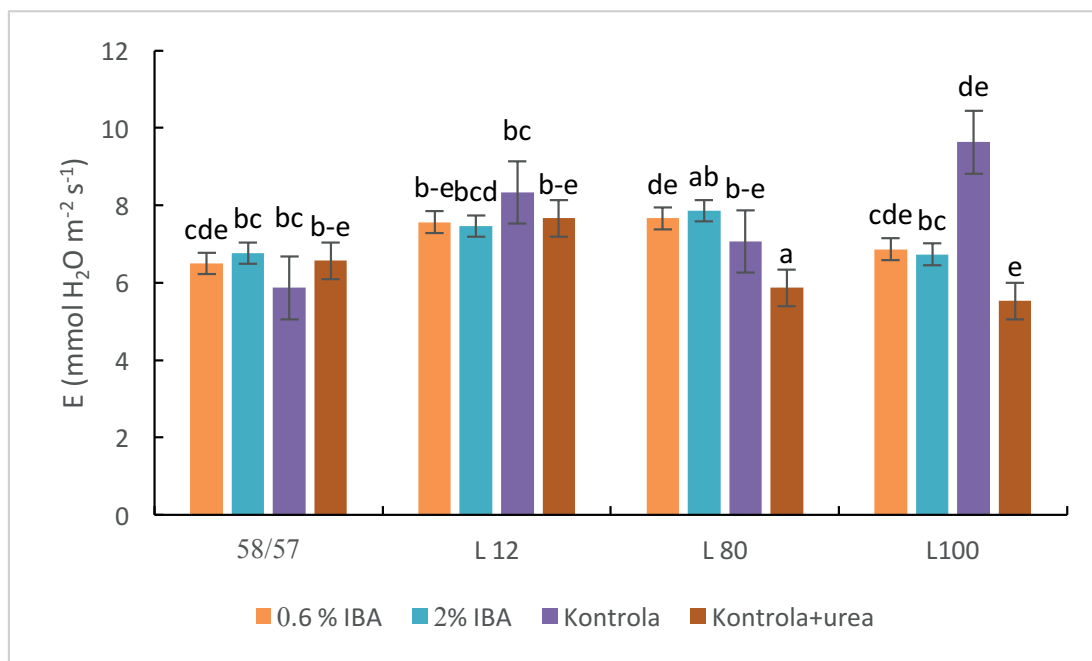
Intergenotipske razlike u pogledu inteziteta fotosinteze su se pokazale statistički značajnim, a najveće razlike su se pokazale između genotipa L100 kod kojeg su vrednosti za ovaj parameter najveće i genotipa 58/57 koji ima najmanje vrednosti inteziteta fotosinteze. Veliki broj, a male dimenzije stominih ćelija, karakteristika kseromorfnih listova, obezbeđuju intezivnu razmenu gasova dok su stome otvorene, kao i mogućnost brzog zatvaranja stoma ili održavanja slabe otvorenosti u nepovoljnim uslovima (Stevanović i Janković, 2001). Spence et al. (1986) ukazuju da male dimenzije stominih ćelija mogu uzrokovati da one ostanu otvorene do izvesnog stepena u uslovima suše, ukazujući na to da stome manjih dimenzija imaju veću stomatenu provodljivost (Zhenzhu i Gaungheng, 2008). Takođe je utvrđeno (Ceulemans et al., 1988) da kod vrste *Populus trichocarpa*, čije su stome samo na abaksijalnom epidermisu, one ostaju duže otvorene tokom dana, da skoro ne reaguju na opadanje potencijala vode u listovima, a da listovi traju i imaju značajnu stomatalnu aktivnost do kasne jeseni. Sa ovim osobinama stomatalnog aparata se može dovesti u vezu i najveći intezitet fotosinteze kod genotipa L100 koji ima najveći broj stoma po jedinici površine lista. Teško je sa potpunom sigurnošću definisati genotipsku specifičnost za fotosintetsku aktivnost pošto je ovaj proces uzrokovan mnogobrojnim faktorima. Austin (1993) navodi da se teškoće u standardizaciji statusa fotosintetskog organa mogu nalaziti u njegovoj starosti, vremenu merenja i mnogim abiotičkim faktorima, tako da se moguće razlike ne mogu pripisati isključivo genotipu.

6.3.1.2. Intenzitet transpiracije

U našim ispitivanjima ustanovljene su signifikantne intergenotipske razlike u intenzitetu transpiracije. Genotip L100 ima najveće vrednosti inteziteta transpiracije, dok je vrednost ovog parametra najmanja kod genotipa 58/57 (Slika 30). U pogledu inteziteta transpiracije najmanja intragenotipska variranja ovog parametra u odnosu na tretmane su zabeležene kod genotipa 58/57, a najveće kod genotipa L100.

Intenzitet transpiracije je značajno smanjen primenom uree kod genotipa L80. Kod ostalih genotipova, nije bilo statistički značajnih razlika u intenzitetu transpiracije između kontrolnih i biljaka tretiranih ureom. Kod genotipa 58/57 primećen je blago povećani intenzitet transpiracije kod jedinki tretiranih ureom, u odnosu na kontrolne biljke (Slika 30). Ovakvi rezultati ukazuju da potencijalno tretman ureom može da smanji potrošnju vode, što u ranim fazama ožiljavanja reznica može da bude značajno, sobzirom da su korenovi plitki i biljke veoma osetljive na nedostatak vode. Međutim, treba uzeti u obzir i činjenicu da nedostatak azota može stimulatивно da deluje na rast korena topola, koji se u zemljištu bogatom nutrijentima zadržava u zoni u kojoj su nutrijenti dostupni (Krstić et al., 2011; Luo et al., 2013).

Tretman IBA nije doveo do značajnih promena u intenzitetu transpiracije na ispitivanim genotipovima, izuzev kod genotipa L100 gde je došlo do značajnog smanjenja inteziteta transpiracije kod biljaka tretiranih 2% IBA u odnosu na kontrolu (Slika 30).



Slika 30. Uticaj primenjenih tretmana na intenzitet transpiracije kod analiziranih genotipova bele topole

Na brzinu i efikasnost odvijanja stomaterne transpiracije utiču otvorenost stoma, njihov oblik, veličina, gustina i raspored (Stevanović i Janković, 2001). Topole su izohidrične vrste jer u toku dana mogu da regulišu otvaranje stoma i da na taj način održavaju vodni režim lista uprkos promenama u životnoj sredini (Ceulemans et al., 2011). Značajnu ulogu u regulaciji stomaterne transpiracije kod vrste *Populus alba* ima prisustvo gustog indumentuma na abaksijalnoj strani liske čime se obezbeđuje visok nivo vodene pare na površini liske i značajno smanjuje efekat zračenja usled refleksije svetlosti čime se ograničava transpiracija. Usled postojanja tzv. rubnog efekta isparavanje vode kroz manje otvore može biti intenzivnije ukoliko ukupna površina isparavanja nije drastično smanjena (Krstić et al., 2011; Taiz i Zeiger, 2006). Ispitujući intenzitet transpiracije kanadske topole i bele topole (Đukić et al., 2014) ustanovljeno je da kanadska topola ima veće prosečne vrednosti intenziteta transpiracije ($0.73 \text{ g H}_2\text{O dm}^{-2}\text{h}^{-1}$) nego bela topola ($0.68 \text{ g H}_2\text{O dm}^{-2}\text{h}^{-1}$).

6.3.1.3. Efikasnost korišćenja vode (WUE)

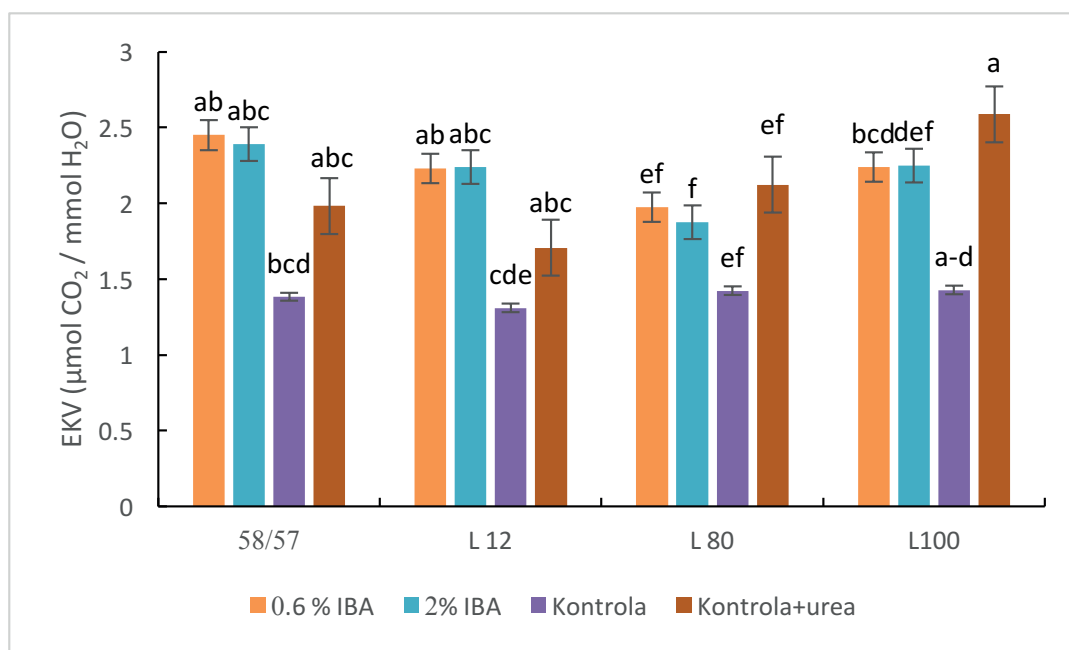
Rezultati ovog istraživanja su pokazali povećanje WUE pod uticajem primenjenog tretmana ureom u odnosu na kontrolu u okviru svakog genotipa, međutim ove razlike nisu bile statistički značajne (Slika 31). Uzimajući u obzir prethodno prikazane rezultate fotosinteze i transpiracije, jasno je da su se ove razlike javile u direktnoj korelaciji sa povećanom asimilacijom CO_2 . To ukazuje da je pri istom stepenu transporta vode kod genotipa 58/57, usvajanje CO_2 bilo efikasnije, a što može direktno biti uvezano i sa nutrijentnom vrednošću azota koji je važan za funkcionisanje enzima u procesu fotosinteze (Li et al., 2012).

Dobijeni podaci ukazuju da razlike između genotipova u korišćenju vode nisu značajne, izuzev kod genotipa L80. Ipak kod svih genotipova koncentracije IBA utiču na povećanu efikasnost korišćenja vode (Slika 31).

S obzirom da intenzitet transpiracije nije bio značajno modifikovan pod uticajem IBA tretmana, blago povećanje WUE parametra ukazuje na bolju asimilaciju CO₂ pod uticajem nepromenjenog vodnog transporta, što otvara mogućnost direktne stimulacije kompleksne metaboličke mreže fotosintetičkih reakcija.

Savremena proizvodnja organske materije koristi fiziološki aktivne materije koje u odgovarajućim uslovima pokazuju stimulatивно ili inhibitorno dejstvo na fiziološko biohemijske procese kod biljaka.

U agrošumarstvu naročito kod zasnivanja plantaža vrba, topola i drugih biljnih vrsta vrlo često se koriste hormoni za ožiljavanje reznica u prvom redu jer se pospešuje proces rizogeneze, što dovodi do bržeg razvića vegetativnih korenova i boljeg prijema reznica. IBA kao biljni hormon iz porodice auksina i sastojak mnogih preparata za ožiljavanje u tom smislu kroz proces stimulisanja ožiljavanja potencijalno bi mogao da ima i efekat na WUE parameter. Mironova et al. (2010) i Hoffman et al. (2016) u istraživanjima na vrsti *Populus deltoides* ukazuju da povećane koncentracije IBA (0.5; 1; 2 mg/L IBA) u rastvoru stimulišu ožiljavanje.



Slika 31. Uticaj primenjenih tretmana na efikasnost korišćenja vode (WUE) kod analiziranih genotipova bele topole

U literaturi postoji jako malo podataka o uticaju koncentracije IBA na efikasnost korišćenja vode. Ripullone et al. (2004) mereći efikasnost vode preko prinosa biomase i utroška vode kao i putem merenja odnosa intenzitet fotosinteze/intenzitet transpiracije dobili su slične rezultate kod euroameričke topole *Populus x euroamericana*.

Prema teoriji Farquhar i Sharkey (1982) stomatarni činioci ograničavaju proces fotosinteze kada stomaterna provodljivost i intercelularna koncentracija CO₂ opadnu. Ako je stomaterna provodljivost smanjena ona automatski utiče i na transpiraciju, tj. kontroliše gubitak vode pa se mora povećati unutrašnja efikasnost korišćenja vode (Yin et al., 2006).

Na efikasnost usvajanja vode ne utiče samo količina vode, već i drugi spoljašnji činioci kao što su ekstremne temperature, mraz, grad, sastav zemljišnog rastvora, pa i zdravstveno stanje useva (Rodić-Trifunović et al., 2014). Bele topole imaju evolutivno stečene fiziološke adaptacije na nešto aridnije uslove staništa, u poređenju sa drugim vrstama iz roda *Populus* što se pokazalo i u povećanom aklimatizacionom potencijalu na osmotski stress (Mao et al., 2008; Imada et al., 2009).

Izučavajući efekat tri koncentracije azota (niske, srednje visoke) Ripullone et al. (2004), sa ciljem da ustanove efekat azota na WUE i biomasu kod genotipa EU topole I-124, ispitivali su i efekat azota na WUE preko kontrole usvajanja CO₂ odnosno stomaterne provodljivosti. Njihov nalaz da azot menja biomasu i WUE može se praktično iskoristiti u regionima gde ovaj faktor limitira produktivnost fotosinteze biljaka. Dobijeni rezultati istih autora ukazuju da se sa povećanjem koncentracije azota povećava i produkcija biomase i WUE bez obzira na metod merenja. U ovim istraživanjima nije utvrđen uticaj azota na stomatarnu provodljivost i transpiraciju.

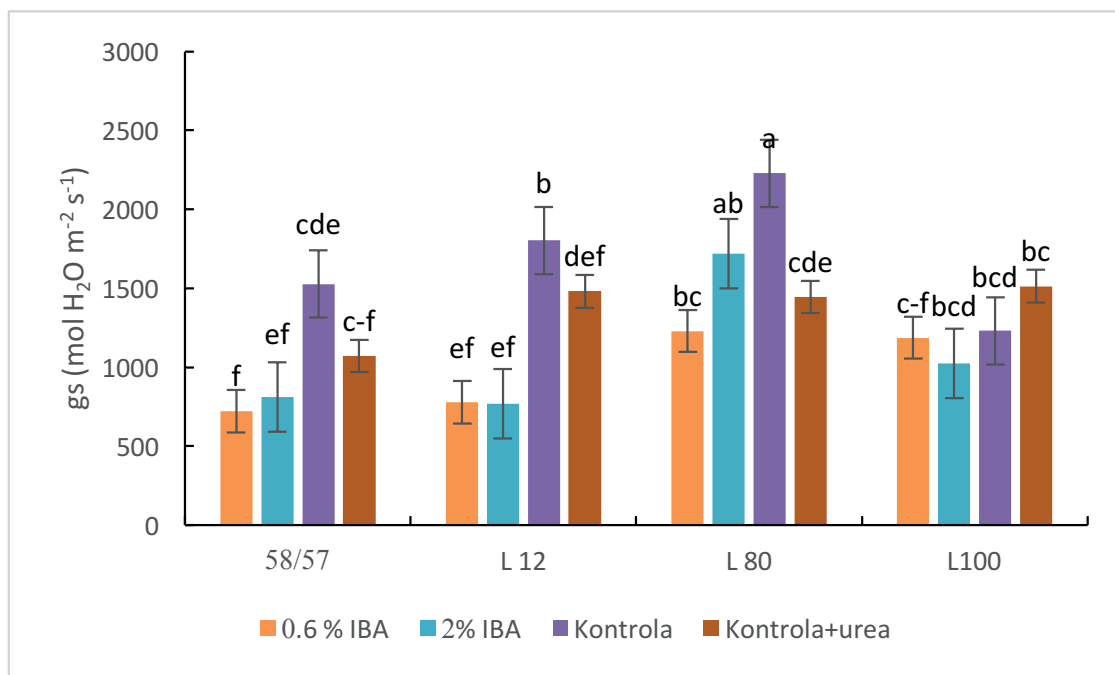
6.3.1.4. Stomaterna provodljivost

Stome zauzimaju centralno mesto u ciklusu transporta vode i razmene gasova CO₂ i O₂ regulišući stomatarnu provodljivost. Menjanjem veličine stominog otvora menja se i stomaterna provodljivost (Krstić et al. 2011). Otvorenost stoma zavisi od niza faktora i direktno utiče na proces fotosinteze, odnosno razmenu gasova između biljke i spoljašnje sredine jer može narušiti ulaz CO₂ i izlazak vode odnosno vodene pare iz stome (Wong et al., 1979, Hamlyn 1998; *Taiz & Zeiger, 2006*).

U odnosu na stomatarnu provodljivost ispoljile su se značajne intergenotipske razlike (Slika 32). Po najmanjoj provodljivosti stoma izdvaja se genotip L100, a po najvećoj genotip L80, dok se ostali genotipovi po provodljivosti stoma nalaze između navedenih.

Tretman ureom je značajno redukovao provodljivost stoma (gs), izuzev kod genotipa 58/57 gde te razlike nisu bile statistički značajne. Takođe, kod genotipa L100 došlo je do blagog povećanja provodljivosti stoma, odnosno vrednosti gs parametra kod biljaka tretiranih ureom, u odnosu na kontrolne biljke. Ovakav rezultat ukazuje na značaj genotipa u tretmanu, ali i na redukovanu potrošnju vode što u korelaciji sa već utvrđenom pozitivnom stimulacijom intenziteta fotosinteze može da bude poželjno u početnim fazama ožiljavanja.

Tretman 0.6% IBA je uticao na značajno smanjenje stomatarne provodljivosti kod genotipova 58/57, L12 i L80, dok nije imao uticaj na ovaj parametar kod genotipa L100 (Slika 32). Povećanje koncentracije IBA dovelo je do povećanja provodljivosti stoma kod genotipova 58/57 i L80, dok je suprotan efekat zabeležen kod preostala dva genotipa.

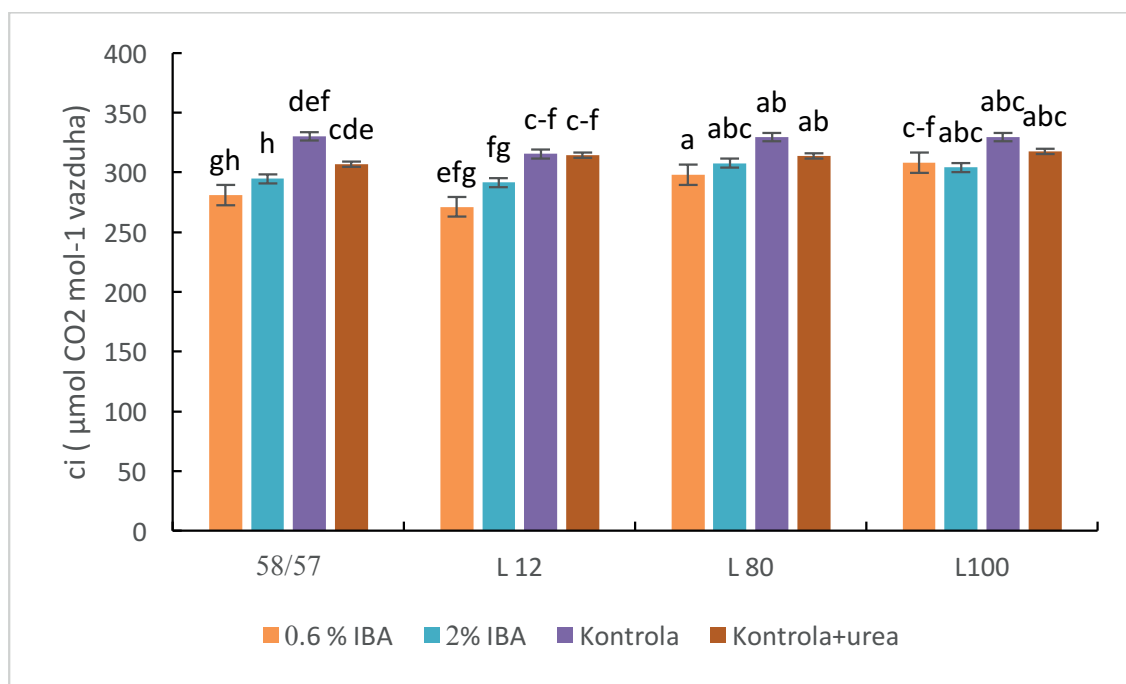


Slika 32. Uticaj primenjenih tretmana na provodljivost stoma (gs) kod analiziranih genotipova bele topole

Za efikasno funkcionisanje biljaka stomaterna provodljivost se mora prilagoditi na faktore spoljašnje sredine i fotosintetski metabolizam lista kao i na hidrauličke karakteristike zemljišta i biljke. Kako se ovi faktori menjaju, tako se i stome prilagođavaju ovim promenama (Farquhar 1973). Literaturni podaci ukazuju da je kod topola intenzitet fotosinteze u negativnoj korelaciji sa provodljivošću stoma (Guo et al., 2010; Caroline et al., 2010). Abbruzzese et al., (2009) su utvrdili signifikantnu pozitivnu korelaciju između stomaterne provodljivosti i površine stoma, ali ne i dužine stominih ćelija kod nekih genotipova *Populus alba*. Pozitivnu korelaciju između gustine stoma i stomaterne provodljivosti su konstatovali i Zhenzhu i Guangsheng (2008).

6.3.1.5. Intercelularna koncentracija CO₂

Dobijeni rezultati pokazuju da nema značajne razlike između genotipova kod kontrolnih biljaka, a da koncentracije IBA minimalno smanjuju intercelularnu koncentraciju CO₂ kod svih ispitivanih genotipova topole (Slika 31), što takođe ukazuje na stimulisanu asimilaciju ugljenika. Ipak, ove promene u odnosu na kontrolu bile su značajne jedino kod genotipa 58/57 (Slika 33). Ovakvi rezultati ukazuju na značaj doziranja nivoa koncentracije primenjenog IBA tretmana.



Slika 33. Uticaj primenjenih tretmana na intercelularnu koncentraciju CO₂ kod analiziranih genotipova bele topole

Odgovor stoma na koncentraciju CO₂ kako izvan, tako i unutar stoma je izuzetno važan za razumevanje razmene gasova izmedju biljke i atmosfere. Uprkos mnogobrojnim eksperimentima o odgovorima stoma na koncentraciju CO₂ i dalje postoje teškoće u razumevanju ovog procesa jer na njega utiču i mnogobrojni drugi faktori, kao i pitanja da li stome na različitim površinama lista odgovaraju slično na razmenu gasova i kako utiče brojnost stoma i genotip na ovaj proces (Jones, 1998).

Kod kopnenih biljaka listovi su u direktnom kontaktu sa atmosferom. Čelije mezofila tokom fotosintetske asimilacije troše CO₂, pa je samim tim i koncentracija CO₂ u međucelijskom prostorima niža nego u vazduhu izvan lista (Tominaga et al., 2018). Pokazano je da hormon ABA koji kao prenosilac signala ima važnu ulogu u otvaranju i zatvaranju stoma, kod nekih biljaka kontroliše osim stepena zatvorenosti stoma i koncentraciju ugljendioksida u intercelularnom prostoru (Boyer, 2015).

U ranijim istraživanjima već je potvrđeno da je neophodno izniveisati optimalnu koncentraciju IBA kako bi se isprovocirao stimulativan efekat. U suprotnom, IBA i drugi auksinski preparati mogu čak imati i inhibitoran efekat na process formiranja korenova, ali i na druge fiziološke procese (Pacurar et al., 2014, Gonin et al., 2019). Ipak, dobijeni rezultati parametara fotosinteze i vodnog režima ukazuju na umereno stimulatoran efekat aplikacije IBA, a naročito uree, koji je utvrđen sredinom vegetacione sezone, u julu 2016. godine.

6.4. Prijem reznica i preživljavanje ožiljenica

Rasadnička proizvodnja, kao prva faza u proizvodnji drvne mase topola, treba da obezbedi sadni materijal odgovarajućih karakteristika sa ciljem maksimalnog prijema i preživljavanja ožiljenica nakon sadnje, ali i uspešnog daljeg razvoja novoosnovanih zasada topola.

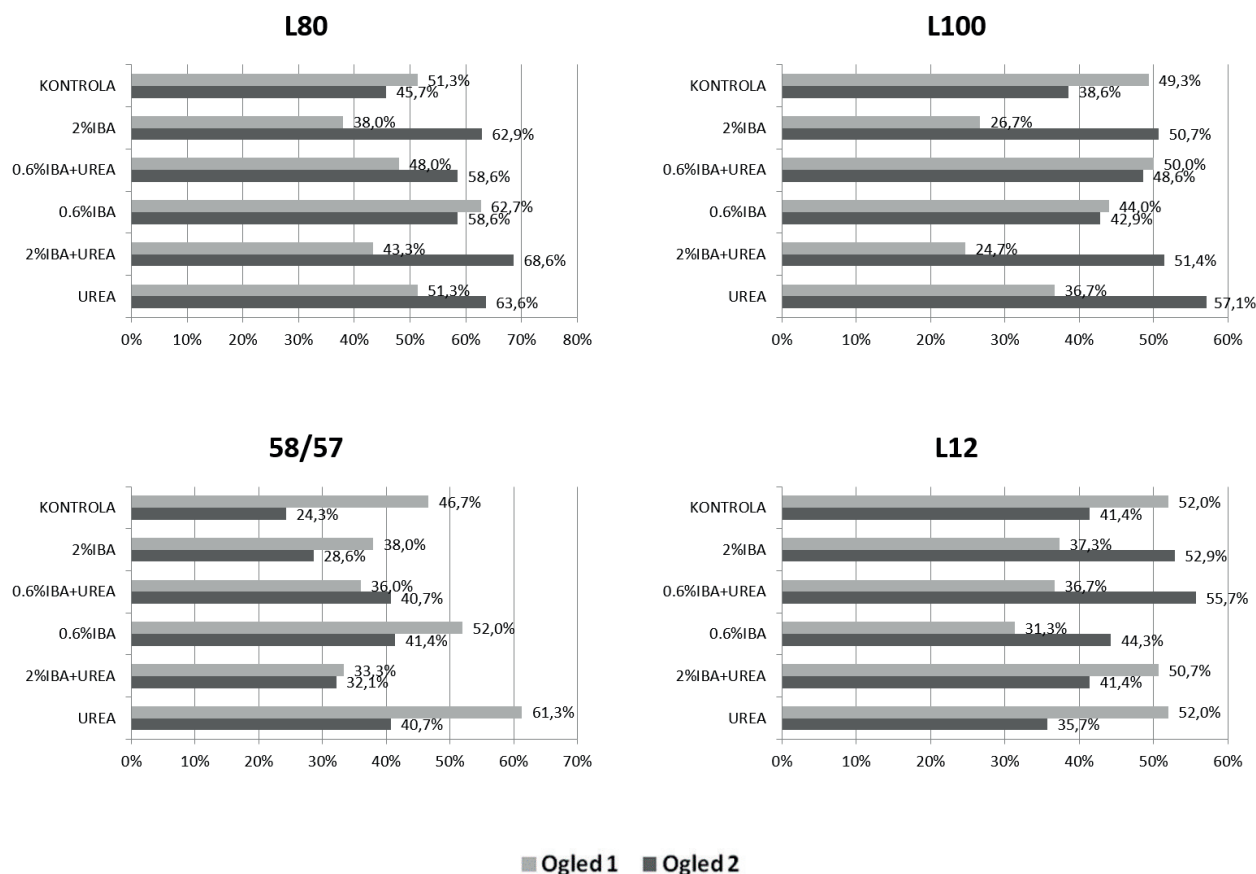
Glavna prednost većine vrsta topola je uspešno i relativno lako ukorenjivanje reznica. Bela topola se veoma retko koristila za sadnju u priobalnim područjima, već su se zbog relativno jednostavnog vegetativnog razmnožavanja, brzog rasta mnogo češće koristile njoj srodne topole i vrbe.

Međutim, potreba za većom količinom sadnog materijala vrste *Populus alba*, koja je prema REFORGEN bazi (2003) ugrožena u čitavoj Evropi, nametnula je potrebu daljih istraživanja. Radi procene uspešnosti postavljenog eksperimenta posmatrano je nekoliko ključnih karakteristika: procenat preživljavanja pobodenih reznica na kraju vegetacionog perioda, visina sadnica i njihovo klasiranje, debljinski i visinski prirast i formiranje korenovog sistema.

6.4.1. Preživljavanje ožiljenica

Dobijeni rezultati su pokazali da je 2016. godine procenat preživljavanja kod svih genotipova u okviru kontrolne grupe biljaka bio znatno bolji nego 2017. godine, kao i kod tretmana sa 0,6 % IBA, osim kod genotipa L12 gde je veći procenat preživljavanja postignut 2017. godine (Slika 34). Kod ostalih tretmana, u velikom broju je bolje preživljavanje postignuto 2017, pri čemu se izdvaja genotip L80 gde ti procenti idu i do 68,6 kod tretmana sa 2% IBA + urea. Slabiji procenat ožiljavanja u 2016. godini mogao bi se objasniti količinom padavina u aprilu od 74,5 mm koji je verovatno bio preobiman za kserofilnu vrstu kakva je bela topola. Kombinacija hladnog zemljišta posle zime i velike količine vode je verovatno doprineo većem propadanju reznica dok su još bile u zemlji.

Tokom vegetacionog perioda 2016. godine ključni klimatski parametri za dalji razvoj sadnica su bili izrazito povoljni. Srednja mesečna visina padavina za 2016. godinu iznosila je 73.7 mm i bila je značajno iznad proseka koji je izmeren za petnaestogodišnji period i koji je iznosio 59.9 mm. Nasuprot tome, 2017. godinu odlikuje umerena količina padavina u periodu ožiljavanja koja procenat preživljavanja podiže čak na 72,3 % u maju mesecu (Slika 34). Ekstremne temperature (u junu, julu i avgustu) i suša (jul-avgust) redukuju taj broj na kraju vegetacionog perioda na 54,7 %. Posebno se to odrazilo na visinski prirast sadnica.



Slika 34. Procenat preživljavanja ožiljenica na kraju vegetacionog perioda 2016 (Ogled 1) i 2017 (Ogled 2) godine

U prvoj godini istraživanja najveći procenat preživljavanja ožiljenica u kontrolnoj grupi postigao je genotip L12 (52%). Najmanji procenat preživljavanja u okviru kontrolne grupe je zabeležen kod genotipa 58/57 (46.7%). U slučaju genotipa L80 procenat preživljavanja je značajno povećan tretmanom 0.6% IBA (62.7%) te ovaj tretman ima najbolji rezultat preživljavanja u odnosu na kombinaciju svih genotipova i tretmana. Međutim, u slučaju genotipa L100 u kombinaciji sa tretmanom 2%IBA+urea se procenat preživljavanja dodatno značajno snižava (24.7%).

U drugoj eksperimentalnoj godini u okviru kontrolne grupe najveći procenat preživljavanja imao je genotip L80 (45,7%) dok je namanji procenat preživljavanja dostigao 58/57 (24,3%) (Slika 34). Najveći zabeležen procenat preživljavanja u svim kombinacijama genotipova i tretmana zabeležen je kod L80 u kombinaciji sa 2%IBA+urea (68,6%). Ovaj genotip u kombinaciji sa većinom tretmana (2%IBA, 2%IBA+urea, 0.6%IBA+urea, urea) ima značajnije preživljavanje u drugoj eksperimentalnoj godini. Ovako dobri rezultati za genotip L80 i loši za genotip 58/57 se mogu objasniti relativno ranim rokom sadnje reznica (sredina i druga polovina marta), koji je odgovarao genotipu L80 s obzirom da on ima raniju fenologiju od genotipova L100 i 58/57 (Slika 35). Zbog toga bi problemu rokova sadnje reznica u narednim istraživanjima prijema reznica belih topola trebalo posvetiti više pažnje (Kovačević et al., 2018).

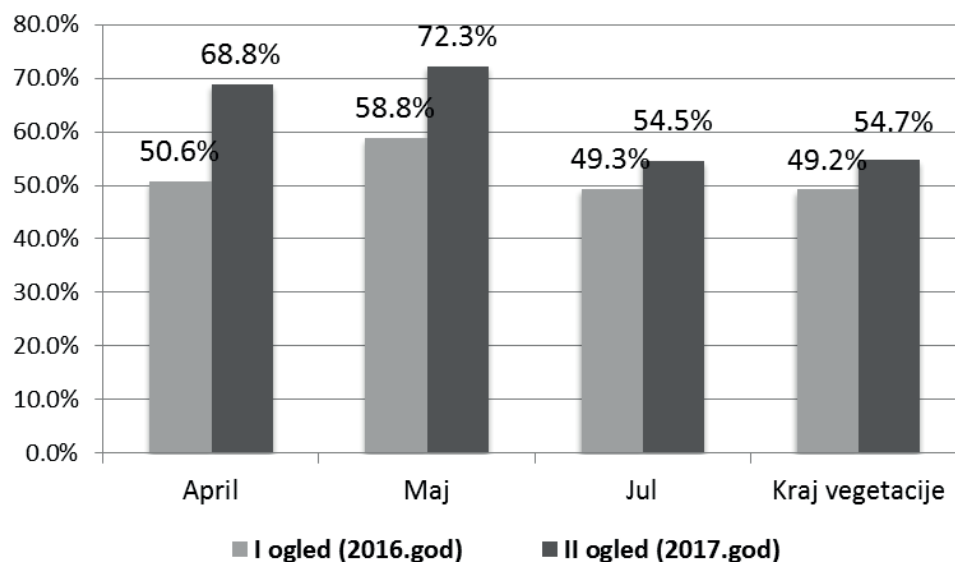


Slika 35. Fenologija ispitivanih genotipova bele topole (foto: Branislav Kovačević)

Kada se posmatra dinamički prikaz sumarnog udela reznica sa vitalnim izbojkom po mesecima, uporedo u oglecima postavljenim 2016. i 2017. godine (Slika 36) uočava se i da je nakon porasta udela i maksimuma postignutog u mesecu maju, u narednim merenjima došlo do propadanja vitalnih ožiljenica. Konačan udeo ožiljenica sa vitalnim izbojkom postignut je u mesecu julu i nije se značajno menjao do kraja vegetacionog perioda.

Rezultati analize varijanse ponovljenih merenja potvrdili su da su razlike u variranju udela vitalnih ožiljenica tokom vegetacionog perioda statistički značajne. Rezultati oba ogleđa ukazuju na sličnu dinamiku ovog svojstva tokom vegetacionog perioda, s tim da je udeo preživelih ožiljenica

u ogledu postavljenom 2017. godine za oko 15% viši što ukazuje na značaj faktora godine (Slika 36). Do sličnih rezultata je došao i Rebić (2016) koji navodi da je faktor godine veoma važan za preživljavanje ožiljenica euroameričke topole odnosno da na srednje visine i prečnike euroameričke topole u pojedinim godinama klimatski uslovi imaju znatno veći uticaj od gustine sadnje i proizvodnog potencijala.

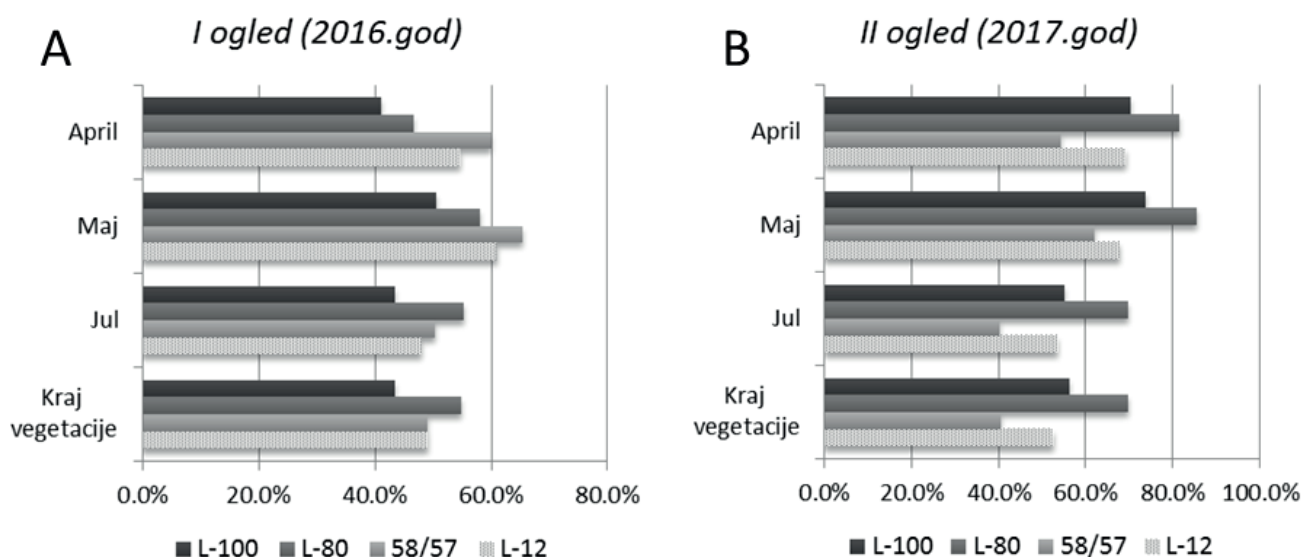


Slika 36. Udeo reznica sa vitalnim izbojkom prema rokovima merenja za oglede postavljene 2016. i 2017. godine

Dobijeni rezultati ukazuju da su za preživljavanje reznica bele topole ključna prva tri meseca nakon sadnje, što je u skladu sa rezultatima koje su za genotipove crne topole dobili Kovačević et al. (2009), a za genotipove bele topole Kovačević et al. (2014).

Ako se sumarno posmatra udeo reznica sa vitalnim izbojkom po ispitivanim genotipovima (Slika 37) za obe istraživane godine, na kraju vegetacije najveći broj vitalnih ožiljenica dobijen je kod genotipa L80. Uočava se da genotip L12 u II ogledu dostiže vrhunac vitalnih ožiljenica mesec dana ranije od ostalih (u mesecu aprilu), nakon čega je broj vitalnih ožiljenica počeo da opada. Kod svih drugih genotipova vrhunac je postignut u mesecu maju. Dobijeni rezultati u skladu su sa rezultatima koje su za genotipove bele topole L12 i 58/57 dobili Kovačević et al. (2014).

Udeo vitalnih ožiljenica na vrhuncu (u julu) i na kraju vegetacionog perioda takođe ukazuje na jasne razlike između godina. Preživljavanje reznica u 2016. godini je bilo lošije nego u 2017. godini, pri čemu su i razlike među genotipovima u 2017. godini bile značajne. Značaj faktora godine je možda i najevidentniji kod ovog parametra. Ovolike razlike između godina ukazuju na značajan prostor u poboljšanju i optimizaciji rasadničke tehnologije bele topole, gde se pre svega misli na obezbedjeno zalivanje, ocedito zemljište i redovne mere nege. U slučaju ovog svojstva, razlike između godina bi možda mogle da se objasne i rokom sadnje.



Slika 37. Udeo reznica sa vitalnim izbojkom prema rokovima merenja i genotipu u ogleđu postavljenom 2016 (A) i 2017 (B) godine

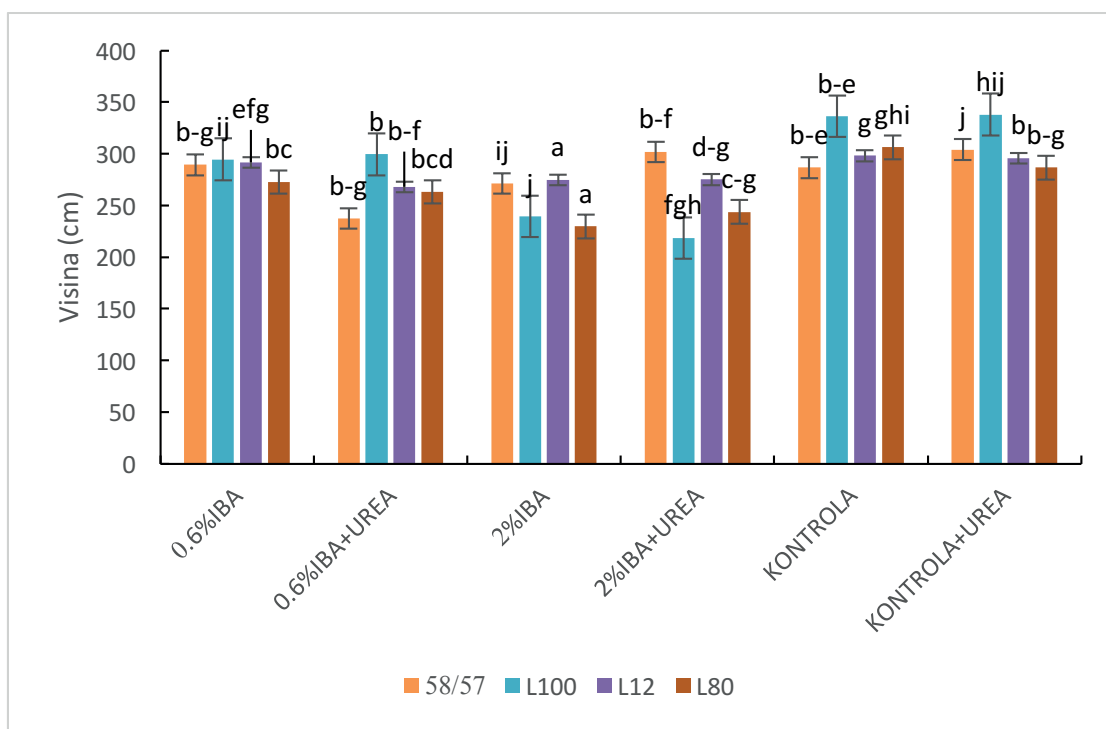
Preživljavanje sadnica, odnosno udeo pobodenih sadnica koje su opstale do kraja vegetacionog perioda, je najvažniji aspekt kod proizvodnje reproduktivnog materijala s obzirom da otuda direktno proističe količina sadnog materijala potrebnog za pošumljavanje. Dosadašnja istraživanja pokazala su da vrste iz sekcije *Populus* (*Leuce* Dubi), uključujući belu topolu, imaju problem sa ožiljavanjem i preživljavanjem reznica, što predstavlja značajan problem u njihovom vegetativnom razmnožavanju, sadnji i proizvodnji ciljanih genotipova (Abdeldayem et al., 2000; Wright, 1976). Ovi problemi mogu biti prevaziđeni odabirom genotipova koji se lakše ukorenjuju, ali uz obaveznu optimizaciju i unapređenje tehnologije gajenja (Kovačević i sar., 2002; 2008).

6.4.2. Visinski i debljinski prirast sadnica

6.4.2.1. Srednje visine sadnica

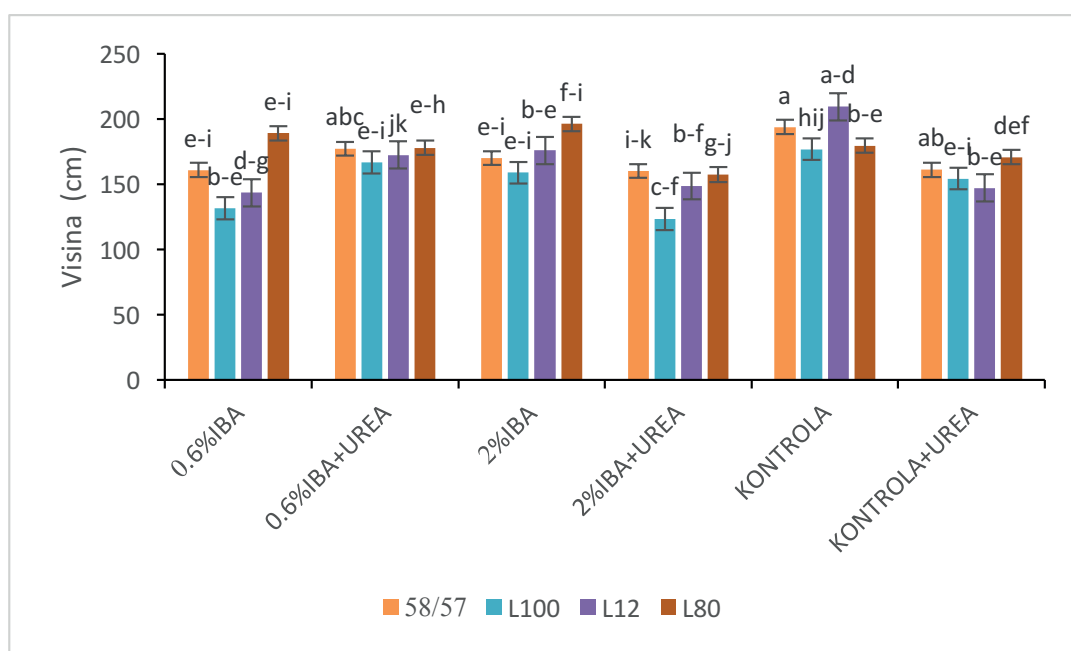
Jedna od osnovnih pretpostavki za uspešno osnivanje i visoku proizvodnost zasada topola je kvalitet upotrebljenog sadnog materijala (Žufa, 1961, Bura, 1968, Herpka i Marković, 1974). U vezi sa tim, sadni materijal koji se upotrebljava za osnivanje zasada treba da ima određene dimenzije. U praksi su se do sada, kao merilo kvaliteta topola, koristile visine sadnica kao i prečnici sadnica na određenoj visini (1.0 m; 1.3 m).

Prosečanvisinski prirast analiziranih genotipova u kontrolnoj grupi 2016. godine (ogleđ I) se kreće u rasponu od 286.6 cm kod genotipa 58/57 do 336.4 cm kod genotipa L100 (Slika 38). U kontrolnoj grupi nije bilo statističke značajne razlike u visini ožiljenica između genotipova 58/57 i L100, kao ni između L12 i L80.



Slika 38. Uticaj primenjenih tretmana na visinu ožiljenica kod analiziranih genotipova bele topole u ogledu iz 2016 godine

Visinski prirast analiziranih genotipova u kontrolnoj grupi ogleda iz 2017. godine se kreće u rasponu 123.4 cm kod genotipa L100 do 209.32 cm kod genotipa L12 (Slika 39). U kontrolnoj grupi, statistički značajne razlike u visini su se ispoljile jedino između genotipova L80 i L100, kao i između L80 i 58/57.



Slika 39. Uticaj primenjenih tretmana na visinu ožiljenica kod analiziranih genotipova u ogledu iz 2017 godine

Poređenjem visinskog prirasta po genotipovima u okviru različitih tretmana uočava se veća produktivnost u prvoj eksperimentalnoj godini. Razlike u visinskom prirastu prvog i drugog ogleđa kontrolnih grupa u slučaju pojedinih genotipova su veće od 100 cm. Međutim, primenom određenih tretmana te razlike su intenzivnije i dostižu čak 200 cm. Dobijeni rezultati se kao i u slučaju preživljavanja oslanjaju na klimatske prilike u posmatranom periodu.

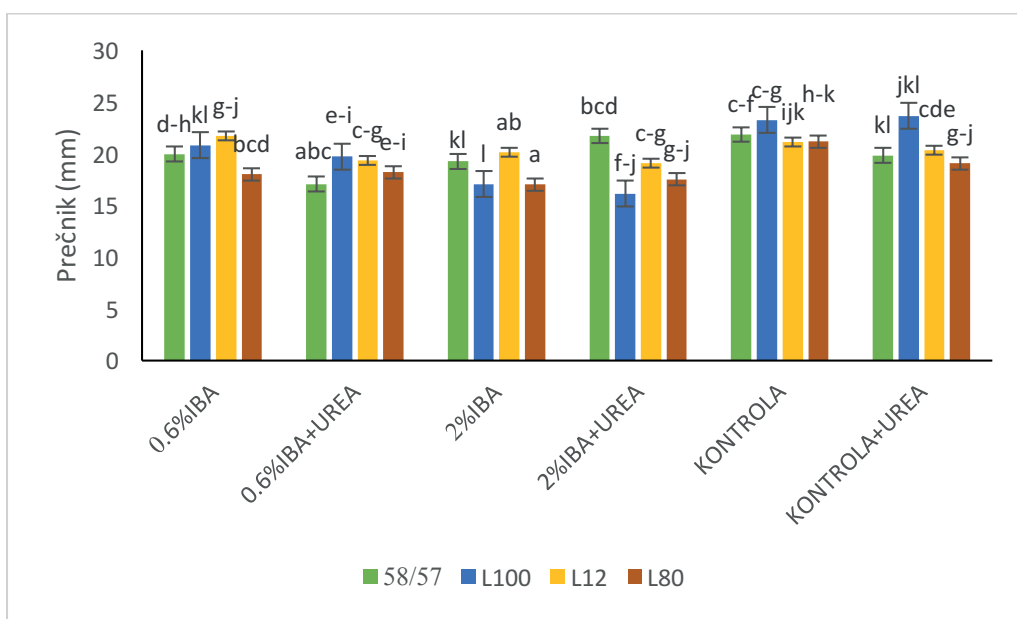
Rezultati analize varijanse u ogleđu iz 2016 godine su pokazali da je tretman ureom imao značajan uticaj na visinu ožiljenica kod tri genotipa (58/57, L100, L12). Kod genotipova 58/57 i L100 je ovaj tretman uticao na povećanje visine ožiljenica, dok je kod genotipa L12 došlo do neznatnog smanjenja u visini (Slika 35). Tretman 0.6% IBA je uticao na smanjenje prosečne visine ožiljenica kod genotipova L100 i L80, dok je tretman 2% IBA doveo do značajnog smanjenja visine kod svih analiziranih genotipova u odnosu na kontrolne biljke. Kombinovani tretman 0.6% IBA i urea, je doveo do značajnih smanjenja visine ožiljenica kod genotipova L80 i L12, dok je tretman 2% IBA i urea, delovao samo na genotip L100.

Kod drugog ogleđa postavljenog 2017. godine, biljke tretirane samo ureom su imale manje visine ožiljenica u odnosu na kontrolni grupu kod svih genotipova (Slika 36) ali je ta razlika bila statistički značajna samo kod genotipa L12. Tretman 0.6% IBA je imao statistički značajan uticaj na smanjenje visine samo kod genotipova L100 i 58/57, dok je tretman 2% IBA doveo do značajnog povećanja visine kod genotipa L80. Kombinovani tretmani, su pokazali sličan uticaj na visinu ožiljenica kao i u ogleđu iz 2016 godine (Slika 39).

6.4.2.2. Prečnik sadnica

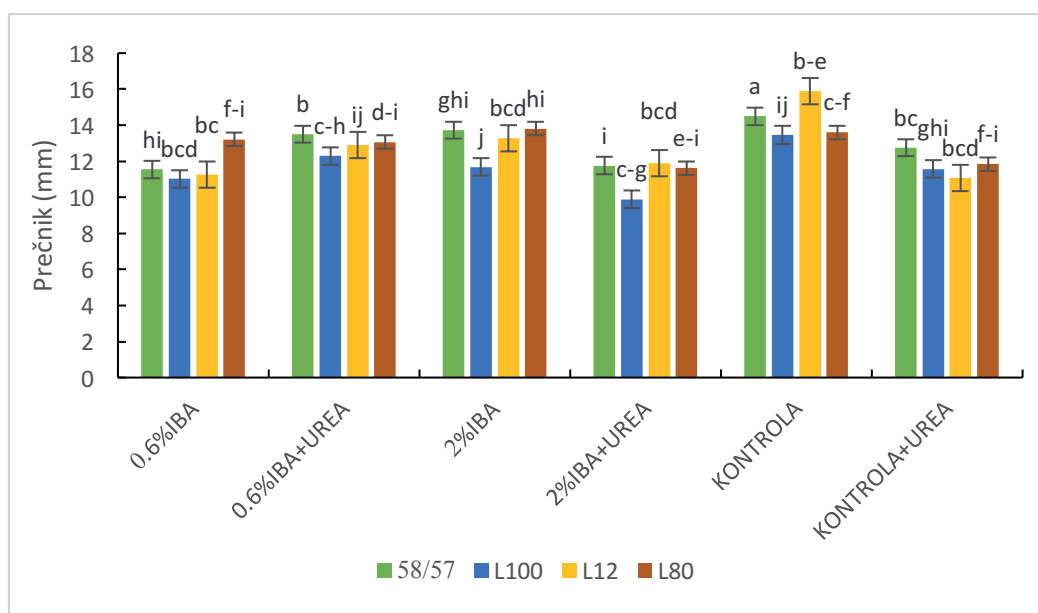
Ako uporedimo izmerene uzorke za debljinski prirast u 1. ogleđu, u kontrolnoj grupi, najbolji rezultat dobijen je kod genotipa L100 (23.24 mm). Kod ovog genotipa tretman ureom je uticao na značajno povećanje prečnika, dok su tretmani IBA-om doveli do značajnog smanjenja prečnika stabla (Slika 40). Kod kombinovanih tretmana, primećuje se smanjenje u prečniku genotipa L100, ali ta smanjenja nisu bila značajna u odnosu na kontrolne biljke.

Genotip 58/57 u kontrolnoj grupi ima nešto manji prečnik stabla u odnosu na genotip L100 (Slika 40). Tretmani ureom, kao i tretmani 2% IBA i 0.6% IBA su doveli do značajnog smanjenja prečnika kod ovog genotipa, dok je kombinovani tretman (2% IBA i urea, doveo do povećanja prečnika, ali bez statističke značajnosti (Slika 40). Genotipovi L12 i L80 u kontrolnoj grupi imaju približne vrednosti prečnika. Tretman ureom je doveo do smanjenja prečnika kod oba ova genotipa (statistički značajno samo kod genotipa L12). Oba kombinovana tretmana i tretman 0.6% IBA i urea su imali značajan uticaj na prečnik stabla kod genotipa L12, dok su kod genotipa L80 značajan uticaj ispoljili samo tretmani indolbuternom kisleinom (Slika 40).



Slika 40. Uticaj primenjenih tretmana na prečnik sadnica kod analiziranih genotipova bele topole u ogledu iz 2016 godine

U ogledu II postavljenom 2017 godine najvećom srednjom vrednošću prečnika kod kontrolnih biljaka se odlikuje genotip L12 (15.89 mm). U ovom eksperimentu, svi tretmani su imali uticaj na smanjenje prosečnih vrednosti prečnika kod svih analiziranih genotipova (Slika 41). Kod genotipa 58/57, svi tretmani su značajno uticali na smanjenje prečnika stabla. Slična je situacija i kod genotipa L100 kod koga samo tretman ureom nije imao značajan uticaj (Slika 41). S druge strane, kod genotipa L12, samo je tretman 0.6% IBA i urea imao značajan uticaj na prečnik, dok je sličan uticaj na genotip L80 imao samo tretman 2% IBA (Slika 41).



Slika 41. Uticaj primenjenih tretmana na prečnik sadnica kod analiziranih genotipova bele topole u ogledu iz 2017 godine.

Korišćenje prečnika sadnica, iako ranije upotrebljavano u klasiranju sadnica genotipa I-214, nije prihvatljivo kao jedinstveni kriterijum jer različiti genotipovi za iste visine imaju značajno različite prečnike (Andrašev et al., 2002).

6.4.3. Ožiljavanje reznica

Glavni problem u rasadničkoj proizvodnji bele topole jeste poteškoća ukorenjivanja reznica. Na osnovu ANOVA analize (Tabela 9), utvrđeno je da nema statistički značajnog efekta primene tehnološkog tretmana na bilo koju od ispitivanih karakteristika (broj listova i broj korenova). Međutim, genotip je imao statistički značajan uticaj na broj listova (LN), broj korenova na bazičnom rezu (R0) i njegovom udelu u ukupnom broju korenova (R0p), ukupnom broju korenova (TRN) i procentu preživelih ukorenjenih reznica u vreme merenja (SURV07).

Tabela 9. F-test za Two Way ANOVA merenih i izvedenih karakteristika ukorenjenih reznica različitih genotipova i tretmana bele topole

| Osobina ^{a)} | F-test za genotip (A) | | F-test za primenjeni tretman (B) | | F-test za interakcije A × B | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|----|-----------------------------|----|
| | F | ns ^{b)} / * | F | ns | F | ns |
| SH | 2.287 | ns ^{b)} | 0.391 | ns | 0.751 | ns |
| LN | 2.987 | * | 0.571 | ns | 0.697 | ns |
| R0 | 3.806 | * | 1.083 | ns | 1.507 | ns |
| R05 | 2.312 | ns | 1.577 | ns | 1.342 | ns |
| RN5 | 2.728 | ns | 1.276 | ns | 1.595 | ns |
| R510 | 0.894 | ns | 0.396 | ns | 1.038 | ns |
| R1020 | 0.847 | ns | 1.515 | ns | 0.447 | ns |
| TRN | 3.038 | * | 1.543 | ns | 1.679 | ns |
| R0p | 9.539 | ** | 0.936 | ns | 0.904 | ns |
| R05p | 2.414 | ns | 1.922 | ns | 0.526 | ns |
| R5p | 2.218 | ns | 1.171 | ns | 0.909 | ns |
| R510p | 2.035 | ns | 1.888 | ns | 1.265 | ns |
| R1020p | 0.769 | ns | 1.738 | ns | 0.565 | ns |
| SURV07 | 16.924 | ** | 1.111 | ns | 0.540 | ns |

^{a)} oznake osobina: SH - visina sadnice; LN - broj listova; RN0 - broj korenova u bazi ožiljenice; RN05 - broj korenova 0-5 cm od baze ožiljenice; RN510 - broj korenova 5-10 cm od baze ožiljenice; RN1020 - broj korenova između 10 cm od baze ožiljenice; SURV07 - procenat preživelih reznica u vreme merenja, RN5 - broj korenova na 5 cm od baze ožiljenice (RN5 = RN0 + RN05); TRN - ukupan broj korenova, odnos broja korenova na određenim udaljenostima od baze ožiljenice u odnosu na ukupan broj korenova bili su sledeći: RN0p - (RN0 / TRN) * 100%; RN05p - (RN05 / TRN) * 100%; RN5p - (RN5 / TRN) * 100%; RN510p - (RN510 / TRN) * 100%; RN1020p - (RN1020 / TRN) * 100% SURV07 – procenat preživelih ukorenjenih sadnica u momentu merenja

^{b)} Statistička značajnost F-testa: ns-bez statističke značajnosti; *p < 0.05; **p < 0.0

Rezultati analize sposobnosti ožiljavanja bele topole potvrđuju važnost genotipa za proces ukorenjivanja. Različiti autori navode da specifičnost vrste, kao i specifičnost odabranog genotipa, igra značajnu ulogu u sposobnosti topole za formiranje korena u procesu vegetativnog razmnožavanja (Zhang et al., 2009; Pacurar et al., 2014; Nonić et al., 2019; Sun et al., 2019). Interakcije između tretmana i odabranih genotipova nisu pokazale statističku značajnost ni za jedan od merenih parametara. Međutim, utvrđene su značajne razlike u reakciji nekih genotipova prema LSD testu, što sugeriše da bi interakcije genotipa i stanišnih uslova trebalo da budu dalje analizirane u pogledu

uspešnosti ukorenjivanja reznica topole (Zhao et al., 2014). Kovačević i sar. (2010), su analizirali četiri genotipa bele topole (koja su u dva termina pripremana za sadnju sredinom februara i sredinom marta, a zasadeni su krajem aprila) i utvrdili da je značajan uticaj genotipa za karaktere RN1020 i TRN, takođe da je vreme pripreme reznica i sadnje uticalo na karaktere R0, R510p i R1020p. Isti autori navode i da je interakcija genotipa i termina pripreme sadnica značajno uticala na R1020 i R1020p. Merenja su vršena početkom juna.

Rezultati post-hoc testa na nivou primenjenih tretmana i genotipova kod analiziranih osobina ukorenjenih reznica bele topole, takođe ukazuju da nije bilo značajnih uticaja tretmana, odnosno genotipova na ispitivane karakteristike (Tabela 10).

Tabela 10. Rezultati Fisher-ovog post-hoc testa koji prikazuju uticaj primenjenih tretmana i genotipova na razvoj analiziranih osobina ukorenjenih reznica bele topole

| Osobina ^{b)} | Tretman | | | | | | Genotip | | | |
|-----------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | 06i ^{a)} | 06iu | 2i | 2iu | c | cu | L-100 | L-12 | 58/57 | L-80 |
| SH | 32.74 | 35.56 | 34.85 | 34.14 | 32.72 | 31.88 | 29.95 | 33.60 | 36.74 | 34.28 |
| | a | a | a | a | a | a | b | ab | a | ab |
| LN | 20.05 | 21.37 | 20.16 | 20.76 | 21.27 | 19.19 | 18.56 | 21.19 | 22.19 | 20.02 |
| | a | a | a | a | a | a | b | a | a | ab |
| R0 | 5.42 | 5.65 | 7.00 | 6.97 | 5.04 | 5.15 | 4.29 | 5.52 | 6.31 | 7.38 |
| | a | a | a | a | a | a | b | ab | a | a |
| R05 | 2.89 | 2.40 | 2.73 | 2.78 | 1.72 | 2.33 | 2.09 | 3.13 | 2.47 | 2.22 |
| | a | ab | a | a | b | ab | b | a | ab | b |
| RN5 | 8.36 | 8.13 | 9.78 | 9.81 | 6.79 | 7.53 | 6.41 | 8.63 | 8.87 | 9.65 |
| | a | a | a | a | a | a | b | ab | a | a |
| R510 | 1.46 | 1.33 | 1.26 | 1.62 | 1.41 | 1.40 | 1.24 | 1.35 | 1.55 | 1.51 |
| | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| R1020 | 0.87 | 0.64 | 1.34 | 1.30 | 0.94 | 1.02 | 0.97 | 0.81 | 1.05 | 1.20 |
| | ab | b | a | a | ab | ab | a | a | a | a |
| TRN | 10.73 | 10.15 | 12.54 | 12.89 | 9.39 | 10.12 | 8.79 | 11.01 | 11.57 | 12.43 |
| | ab | ab | ab | a | b | ab | b | ab | a | a |
| R0p | 42.11 | 53.15 | 49.86 | 47.29 | 48.13 | 46.36 | 38.31 | 42.14 | 50.62 | 59.96 |
| | b | a | ab | ab | ab | ab | c | bc | b | a |
| R05p | 31.93 | 26.30 | 27.15 | 22.00 | 17.42 | 22.24 | 27.60 | 29.31 | 21.78 | 19.60 |
| | a | ab | ab | ab | b | ab | ab | a | ab | b |
| R5p | 75.81 | 80.81 | 78.39 | 71.41 | 70.49 | 70.75 | 68.39 | 74.57 | 75.07 | 80.53 |
| | a | a | a | a | a | a | b | ab | ab | a |
| R510p | 16.50 | 12.97 | 10.22 | 16.80 | 18.93 | 14.51 | 18.11 | 14.93 | 15.04 | 11.60 |
| | a | ab | b | a | a | ab | a | ab | ab | b |
| R1020p | 6.36 | 4.81 | 10.41 | 10.87 | 8.51 | 13.60 | 11.36 | 8.54 | 8.61 | 7.07 |
| | ab | b | ab | ab | ab | a | a | a | a | a |
| SURV07 | 53.92 | 59.71 | 57.11 | 58.71 | 51.89 | 49.82 | 55.14 | 54.98 | 39.94 | 70.06 |
| | a | a | a | a | a | a | b | b | c | a |

^{a)} Oznake tehnoloških tretmana: 06i – tretman 0.6% IBA, 06iu – tretman sa 0.6% IBA+UREA, 2i – tretman sa 2% IBA, 2iu – tretman sa 2% IBA+UREA, c – kontrolna grupa, cu – tretman UREA

^{b)} oznake osobina: SH - visina sadnice; LN - broj listova; RN0 - broj korenova u bazi ožiljenice; RN05 - broj korenova 0-5 cm od baze ožiljenice; RN510 - broj korenova 5-10 cm od baze ožiljenice; RN1020 - broj korenova između 10 cm od baze ožiljenice; SURV07 - procenat preživelih reznica u vreme merenja, RN5 - broj korenova na 5 cm od baze ožiljenice (RN5 = RN0 + RN05); TRN - ukupan broj korenova, odnos broja korenova na određenim udaljenostima od baze ožiljenice u odnosu na ukupan broj korenova bili su sledeći: RN0p - (RN0 / TRN) * 100%; RN05p - (RN05 / TRN) * 100%; RN5p - (RN5 / TRN) * 100%; RN510p - (RN510 / TRN) * 100%; RN1020p - (RN1020 / TRN) * 100% SURV07 – procenat preživelih ukorenjenih sadnica u momentu merenja

^{c)} Vrednosti parametara sa istim slovom pripadaju istoj-homologoj grupi prema LSD testu na nivou za p = 0.05

S druge strane LSD test je pokazao da na nivou interakcije primenjenih tretmana i genotipova postoje značajne razlike. Za osobine RN5, TRN, R0p, R510p i SURV07, formirano je pet ili više homogenih interakcijskih grupa (Tabela 11).

Tabela 11. Rezultati LSD testa na nivou interakcije tehnološki tretman × genotip za mere i izvedene osobine ukorenjenih reznica bele topole

| Osobina ^{b)} | Tretman | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2iu ^{a)} | | | | c | | | | cu | | | |
| | Genotip | | | | | | | | | | | |
| | L-100 | L-12 | 58/57 | L-80 | L-100 | L-12 | 58/57 | L-80 | L-100 | L-12 | 58/57 | L-80 |
| SH | 30.53 | 39.13 | 36.44 | 32.11 | 30.31 | 29.12 | 40.89 | 30.56 | 28.01 | 30.69 | 34.98 | 33.85 |
| | ab ^{c)} | a | a | ab | ab | ab | a | ab | ab | ab | a | ab |
| LN | 19.21 | 24.06 | 21.34 | 19.65 | 19.84 | 19.50 | 25.46 | 20.53 | 16.71 | 20.37 | 21.15 | 18.67 |
| | abcd | ab | abc | abcd | abcd | abcd | a | abc | cd | abcd | abc | bcd |
| R0 | 4.63 | 8.87 | 6.90 | 8.43 | 5.22 | 5.01 | 3.77 | 6.31 | 2.72 | 6.30 | 4.77 | 7.32 |
| | bcd | ab | abc | ab | bcd | bcd | bcd | bc | cd | bc | bcd | ab |
| R05 | 2.01 | 6.35 | 2.33 | 2.11 | 1.42 | 2.84 | 1.07 | 1.70 | 2.26 | 3.24 | 1.92 | 1.99 |
| | bcd | a | bcd | bcd | cd | bcd | d | bcd | bcd | bc | bcd | bcd |
| RN5 | 6.64 | 15.22 | 9.25 | 10.57 | 6.62 | 7.70 | 5.02 | 8.02 | 5.00 | 9.57 | 6.69 | 9.30 |
| | cde | ab | abcd | abcd | cde | bcde | de | bcde | de | abcd | cde | abcd |
| R510 | 1.23 | 1.62 | 2.17 | 1.51 | 1.79 | 1.61 | 0.98 | 1.31 | 0.95 | 1.48 | 1.60 | 1.59 |
| | abc | abc | a | abc | abc | abc | c | abc | c | abc | abc | abc |
| R1020 | 1.33 | 0.79 | 1.77 | 1.20 | 0.78 | 1.16 | 0.87 | 0.97 | 1.36 | 0.63 | 1.09 | 1.04 |
| | ab | ab | a | ab | ab | ab | ab | ab | ab | ab | ab | ab |
| TRN | 9.28 | 17.72 | 13.28 | 13.40 | 9.37 | 11.20 | 6.92 | 10.33 | 7.63 | 11.82 | 9.41 | 11.93 |
| | cdef | ab | abcd | abcd | cdef | a-e | ef | bcde | def | a-e | cdef | abcde |
| R0p | 37.95 | 42.25 | 45.01 | 62.27 | 43.80 | 32.01 | 53.98 | 63.00 | 29.33 | 45.72 | 50.77 | 60.17 |
| | cdef | a-f | a-f | a | a-f | def | abc | a | ef | a-f | abcd | ab |
| R05p | 21.35 | 41.39 | 16.67 | 16.87 | 18.51 | 19.64 | 13.65 | 18.14 | 27.48 | 26.14 | 18.65 | 17.33 |
| | abc | a | bc | bc | abc | abc | c | abc | abc | abc | abc | bc |
| R5p | 60.20 | 83.94 | 62.48 | 80.94 | 63.66 | 60.76 | 74.17 | 81.85 | 61.03 | 73.31 | 69.83 | 78.08 |
| | d | abcd | bcd | abcd | bcd | cd | abcd | abcd | cd | abcd | abcd | abcd |
| R510p | 23.58 | 10.90 | 21.21 | 11.04 | 26.22 | 23.67 | 15.41 | 11.87 | 14.36 | 15.30 | 18.17 | 10.64 |
| | abcd | bcdef | a-e | b-f | a | abc | a-f | bcdef | a-f | a-f | a-f | cdef |
| R1020p | 15.42 | 4.64 | 15.48 | 7.61 | 9.39 | 11.10 | 9.98 | 4.40 | 23.11 | 10.74 | 11.50 | 10.45 |
| | ab | b | ab | ab | ab | ab | Ab | b | a | ab | ab | ab |
| SURV07 | 60.07 | 57.66 | 37.47 | 77.81 | 53.65 | 48.31 | 38.87 | 66.50 | 53.41 | 46.50 | 36.43 | 62.96 |
| | a-f | a-h | hi | a | c-i | d-i | ghi | a-f | c-i | fghi | hi | a-f |

| Osobina ^{b)} | Tretman | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 06i ^{a)} | | | | 06iu | | | | 2i | | | |
| | Genotip | | | | | | | | | | | |
| | L-100 | L-12 | 58/57 | L-80 | L-100 | L-12 | 58/57 | L-80 | L-100 | L-12 | 58/57 | L-80 |
| SH | 21.17 | 33.89 | 35.69 | 40.21 | 37.14 | 35.86 | 35.72 | 33.50 | 32.52 | 34.74 | 36.72 | 35.44 |
| | b ^{c)} | ab | a | a | a | a | a | ab | ab | a | a | a |
| LN | 14.64 | 21.93 | 22.71 | 21.48 | 21.98 | 21.56 | 22.18 | 19.82 | 19.42 | 20.77 | 20.46 | 20.01 |
| | d | abc | abc | abc | abc | abc | abc | abcd | abcd | abc | abcd | abcd |
| R0 | 1.65 | 6.00 | 6.84 | 8.36 | 6.73 | 4.39 | 4.79 | 6.88 | 5.73 | 4.10 | 12.12 | 7.08 |
| | d | bc | abc | ab | abc | bcd | bcd | abc | bc | bcd | a | ab |
| R05 | 1.66 | 3.44 | 3.24 | 3.36 | 2.90 | 1.84 | 2.88 | 2.04 | 2.41 | 2.62 | 3.71 | 2.26 |
| | bcd | ab | bc | bc | bcd | bcd | bcd | bcd | bcd | bcd | ab | bcd |
| RN5 | 3.31 | 9.47 | 10.11 | 11.90 | 9.64 | 6.28 | 7.81 | 8.97 | 8.13 | 6.65 | 16.01 | 9.37 |
| | e | abcd | abcd | abc | abcd | cde | bcde | abcd | bcde | cde | a | abcd |
| R510 | 1.00 | 0.98 | 2.12 | 1.83 | 1.46 | 1.52 | 1.26 | 1.10 | 1.06 | 1.03 | 1.26 | 1.73 |
| | c | C | ab | abc | abc | abc | abc | abc | bc | c | abc | abc |
| R1020 | 0.53 | 0.57 | 0.93 | 1.56 | 0.54 | 0.53 | 0.66 | 0.84 | 1.39 | 1.27 | 1.06 | 1.66 |
| | b | ab | ab | ab | ab | b | ab | ab | ab | ab | ab | ab |
| TRN | 4.86 | 10.99 | 13.25 | 15.32 | 11.71 | 8.36 | 9.74 | 10.92 | 10.72 | 8.97 | 18.33 | 13.01 |
| | f | bcde | abcd | abc | abcde | def | cdef | bcde | bcde | cdef | a | abcd |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R0p | 25.83 | 46.57 | 42.52 | 54.49 | 54.71 | 46.67 | 48.52 | 62.57 | 39.49 | 39.99 | 62.79 | 57.15 |
| | f | a-f | a-f | abc | abc | abcde | abcde | a | bcdef | bcdef | a | abc |
| R05p | 40.96 | 37.42 | 24.86 | 25.33 | 27.95 | 23.07 | 34.12 | 20.68 | 30.96 | 33.85 | 24.84 | 19.67 |
| | a | ab | abc | abc | abc | abc | ab | abc | abc | ab | abc | abc |
| R5p | 68.05 | 84.51 | 67.92 | 81.12 | 83.35 | 70.91 | 84.10 | 83.86 | 72.03 | 74.77 | 88.19 | 77.04 |
| | abcd | ab | abcd | abcd | abcd | abcd | abc | abcd | abcd | abcd | a | abcd |
| R510p | 24.68 | 10.41 | 20.92 | 11.75 | 10.65 | 21.52 | 10.79 | 10.13 | 11.87 | 8.92 | 6.49 | 14.40 |
| | ab | cdef | abcde | bcdef | cdef | abcde | cdef | def | bcdef | ef | f | a-f |
| R1020p | 5.13 | 4.88 | 9.08 | 6.73 | 5.16 | 5.29 | 3.12 | 5.93 | 14.37 | 15.71 | 5.28 | 7.96 |
| | b | b | ab | ab | b | b | b | b | ab | ab | b | ab |
| SURV07 | 47.50 | 50.84 | 47.46 | 69.40 | 56.77 | 67.41 | 45.72 | 68.36 | 59.35 | 59.65 | 33.99 | 74.62 |
| | efghi | c-i | efghi | abc | b-h | abcde | fghi | abcd | a-g | a-g | i | ab |

a) Oznake tehnoloških tretmana: 06i – tretman 0.6% IBA, 06iu – tretman sa 0.6% IBA+UREA, 2i – tretman sa 2% IBA, 2iu – tretman sa 2% IBA+UREA, c – kontrolna grupa, cu – tretman UREA

b) oznake osobina: SH - visina sadnice; LN - broj listova; RN0 - broj korenova u bazi ožiljenice; RN05 - broj korenova 0-5 cm od baze ožiljenice; RN510 - broj korenova 5-10 cm od baze ožiljenice; RN1020 - broj korenova između 10 cm od baze ožiljenice; SURV07 - procenat preživelih reznica u vreme merenja, RN5 - broj korenova na 5 cm od baze ožiljenice (RN5 = RN0 + RN05); TRN - ukupan broj korenova, odnos broja korenova na određenim udaljenostima od baze ožiljenice u odnosu na ukupan broj korenova bili su sledeći: RN0p - (RN0 / TRN) * 100%; RN05p - (RN05 / TRN) * 100%; RN5p - (RN5 / TRN) * 100%; RN510p - (RN510 / TRN) * 100%; RN1020p - (RN1020 / TRN) * 100% SURV07 – procenat preživelih ukorenjenih sadnica u momentu merenja

c) Vrednosti parametara sa istim slovom pripadaju istoj homologoj grupi prema LSD testu za nivo p = 0.05

Prema rezultatima LSD testa, primećene su statistički značajne razlike između nekih tehnoloških tretmana za karaktere R05, R1020, TRN, R0p, R05p, R510p i R1020p. Najveći R05 i R05p su zabeleženi kod tretmana 06i, dok je najmanja vrednost zabeležena kod kontrole. Najveća vrednost R510p je zabeležena kod kontrole, dok je najniža bila u okviru tretmana 2i. Najviša vrednost R1020p registrovana je u tretmanu sa ureom, a najniža u okviru tretmana 06iu. Ovi rezultati ukazuju na to da aplikacija IBA stimulira ukorenjivanje u bazalnom delu reznice, bez značajnih efekata na srednji i gornji deo reznica.

Eggens et al. (1972) analiziraju promene fizioloških karakteristika reznica *Populus alba* var. *bolleana* u toku stadijuma mirovanja i navode da primena IBA ugovnom ima stimulatívni efekat, naročito ako se ovaj tretman primeni u rano proleće. Međutim, pomenuti autori su uočili pojavu nekroze i propadanja reznica koje su tretirane IBA-om u kasnijem periodu (april). Neki autori (Kovačević et al., 2014) su utvrdili pozitivan uticaj na ukorenjivanje reznica vrste *Populus deltoides* nakon folijarne primene CoCl_2 , koji inhibira akumulaciju etilena indukovanu viškom IAA. Isti autori su takođe utvrdili pozitívni efekat na ukorenjivanje reznica genotipa bele topole 58/57 nakon dodavanja CoCl_2 , ali i IBA u praškastoj formulaciji.

Dobijeni rezultati u ovoj disertaciji potvrđuju stimulatívni uticaj primene IBA u bazalnom delu reznica. IBA je hormon koji se najčešće koristi za stimulisanje formiranja korena kod različitih vrsta tvrdog drveta, a smatra se da je pouzdanije sredstvo za ovaj postupak od IAA, (Zhao et al., 2014). Auksin je glavni koordinator morfogeneze korena (Mironova et al, 2010). Međutim, efikasnost auksina, IAA ili IBA tretmana zavisi od primenjene koncentracije (Zhao, 2014), a moguće je i da velike koncentracije egzogenog auksina, uz produženo izlaganje istom, mogu imati inhibitorski efekat na rast adventivnih korenova. IBA se češće koristi za stimulatívnu razvoju adventivnih korenova od

IAA. Takođe, IBA može značajno da podstakne stvaranje i aktiviranje primordija korena u reznicama topole, ali njen kasniji uticaj na razvoj korena nije u potpunosti jasan (Harfouche et al., 2009). Efekat IBA takođe zavisi od njegove konverzije u IAA u biljnim ćelijama nakon same aplikacije (Rogg et al., 2001). Stopa i opseg konverzije IBA u IAA nije u potpunosti definisana za reznice topole, a postoji i verovatnoća da IBA ispoljava svoje efekte i nakon konverzije u IAA (Pacurar et al., 2014).

U ovom istraživanju nije utvrđen značajan efekat tretmana uree koji su dodati kombinaciji sa nekom od koncentracija IBA. Međutim, tretiranje samo ureom rezultiralo je najvećim R1020p od svih primenjenih tretmana, što ukazuje na činjenicu da urea ima pozitivne efekte na ukorenjivanje koje bi trebalo dalje proučavati. Raspoloživost mineralnih hranljivih sastojaka je od vitalnog značaja u procesu ukorenjivanja. Iako azot i fosfor jasno utiču na formiranje korena (Bellini et al., 2014), uticaj azota na formiranje adventivnih korenova ostaje nejasno. Na primer, kod *Pelargonium* spp. i *Euphorbia pulcherrima* Vild. ovaj efekat zavisi od koncentracije primenjenog azota, intenziteta svetlosti i od odnosa azota i ugljika ili šećera. U zavisnosti od ovih ostalih faktora, sadržaj N može imati stimulativan, neutralan ili čak inhibitorski efekat (Druege et al., 2004; Zerhe et al., 2009). U ovom istraživanju, LSD test ne pokazuje značajnu vezu između primenjenog tehnološkog tretmana i procenta preživelih ukorenjenih reznica (SURV07). Dakle, u ovim slučajevima primena uree kao izvora N verovatno nije uticala na proces ukorenjavanja.

Rezultati su pokazali da postoje značajne razlike između genotipova za većinu ispitivanih osobina. Za većinu osobina koje opisuju broj korena, genotip L100 postigao je najniže vrednosti, dok su L12 i L80 bili na nivou 58/57 ili uspešnije. S obzirom na broj korenova koji su formirani na određenoj udaljenosti od bazalnog kraja reznice i njihovog udela u ukupnom broju korenova, reznice genotipa L80 postigle su veće vrednosti R0p i RN5p od L100. Genotip L100, sa malim brojem korenova na samom rezu i malim brojem korenova ukupno, postigao je veće vrednosti R05p i R510p nego L-80. Niske vrednosti R0 i RN5, kao i TRN, verovatno su doprineli i ostalim niskim vrednostima merenih parametara kod ovog genotipa, a slično je zabeleženo i za genotipove crne topole (Kovačević et al., 2008; 2009). Genotip L100 je ipak pokazao veću stopu preživljavanja od genotipa 58/57.

Genotip 58/57 pokazao je loše preživljavanje reznica (oko 40% ukupno), iako je imao veći ukupni broj korenova u poređenju sa genotipom L100, koji je imao najmanji TRN u poređenju sa svim ostalim genotipovima. 58/57 je takođe pokazala veće vrednosti visine izdanaka (SH) i broja listova (LN), kao i broj korenova na bazalnom rezu (R0) i njihov udeo u ukupnom broju korenova (R0p). Pretpostavka je da su i druge osobine ovog genotipa, koje nisu analizirane u ovom istraživanju superiorne kod ovog genotipa u odnosu na druge.

Loši rezultati preživljavanja genotipa 58/57 u poređenju sa L12 i L80 su zabeleženi kod Kovačević i Igić (2018) nakon pripreme reznica i sadnje početkom aprila na parceli koja je bila eksponirana na istoku i severoistoku. Međutim, za ostale tretmane, uspešnost preživljavanja ovog genotipa bila je na nivou L12 i L80. Neki autori (Kovačević et al., 2014) smatraju da genotip 58/57 ima veću, iako ne statistički značajnu, sposobnost opstanka u odnosu na L12 u rasadnicima osnovanim

u aprilu. Genotip L12, koji je postigao najviše vrednosti za opstanak sadnica (SURV07), takođe je imao velike vrednosti za R05 i R05p - osobine koje definišu formacije korenova prethodno obrađenih primordija u primarnoj kori u donjim delovima reznica.

Prema Kovačeviću i saradnicima (2009) ukorenjivanje u srednjem i gornjem delu sadnica crne topole, mereno u maju i junu, pozitivno je korelisano sa opstankom sadnica, dok je ova korelacija slabije izražena za korenske parametre izmerene u julu. Isti autori su zaključili da stvaranje korena na samom bazalnom rezu („koren rane“) može biti pokazatelj nedovoljnog formiranja korenova. Kovačević (2003) beleži ranije pojavljivanje korenova na srednjem delu reznice nego u drugim delovima kod ispitivanih genotipova crne topole, što ukazuje na to da prisustvo korenova u srednjem delu sadnice omogućuje bolju stopu preživljavanja. Veliki ukupan broj korenova je povezan sa boljim ukorenjivanjem gornjeg dela reznica kod četiri analizirana genotipa bele topole (Kovačević et al., 2012).

U ovom istraživanju su utvrđene značajne razlike među genotipovima u pogledu broja korenova u donjem delu (R0, R05, RN5), ali ne u srednjem i gornjem delu reznice (R510 i R1020).

LSD test na nivou interakcije primenjenih tretmana ukazuje na to da je razlika među tretmanima retko bila statistički značajna. Većina homogenih grupa (5 i više) je pronađeno u slučaju RN5, TRN, R0p, R510p i SURV07. Najveće vrednosti za RN5, TRN i R0p, a najniže vrednosti za R510p i SURV07 zabeleženi su za genotip 58/57 tokom tretmana 2i. Najuspešniji opstanak je registrovan kod genotipa L80 tokom 2iu tretmana (stopa preživljavanja je 77.91%). U pogledu stope preživljavanja (SURV07) nije bilo značajne razlike između tretmana za bilo koji od ispitivanih genotipova, a retko ih je bilo i za druge analizirane parametre. Međutim, genotip L100 imao je više SH vrednosti, više listova i veće vrednosti za R0 i RN5 posle tretmana 0.6iu nego kod 0.6i tretmana (bez ureee), što ukazuje na pozitivnu reakciju ovog genotipa na tretman ureom. Genotip 58/57 imao je veće vrednosti za R510 i TRN u slučaju 0.6i i 2iu tretmana, nego u okviru kontrole. Kod genotipa L12, utvrđene su veće vrednosti za R05 u slučaju tretmana 2iu i veće vrednosti za RN5p nakon 06i tretmana u odnosu na kontrolu, dok su niže vrednosti za R510p dobijene posle 2i tretmana nego u kontrolnoj grupi sadnica. Ovi rezultati zajedno pokazuju da je L12 reagovao na IBA tretman, što je prouzrokovalo intenzivno formiranje korenova u donjem delu reznica.

Kovačević et al. (2012) su uočili razlike u reakciji genotipova L12 i 58/57 na IBA tretman, obzirom da je 58/57 postigla značajno bolje rezultate nakon tretmana sa 0,6% IBA u kombinaciji sa 100 mM CoCl₂, dok L12 pokazuje razlike koje nisu statistički značajne u smanjenju stope preživljavanja između ova dva tretmana.

Ovi primeri sugerišu da su za uspešnu stimulaciju rasta korena neophodna dalja istraživanja radi dizajniranja tehnologije prilagođene specifičnim zahtevima genotipova i optimizacije koncentracije IBA. U suprotnom, IBA ili druge egzogene aplikacije auksina mogu imati inhibitorski uticaj na formiranje korena (Pacurar et al., 2014; Gonin et al., 2019). Optimizacija celog procesa, uključujući koncentraciju aktivnih materija, tehnike nanošenja i momenat izlaganja tretmanu, predstavlja praktični izazov koji zavisi od daljeg rasvetljavanja funkcionalnih svojstava i signalnih puteva hormona i

njihovog delovanja. Uslovi sredine, poput količine svetlosti, temperature, vlage tla, dubine podzemne vode itd. u velikoj je korelaciji sa uspehom formiranja korena kod bele topole i uopšte kod sadnje reznica drvenastih vrsta (Imada et al, 2010; Zhao et al., 2014).

Prema Pearsonovim koeficijentima korelacije (Tabela 12), visina reznice i broj listova su visoko pozitivno korelisane osobine i uglavnom u umerenoj korelaciji sa ostalim ispitivanim karakteristikama. Međutim, sa izuzetkom R0p, pronađena je slaba korelacija između većine osobina koje opisuju udeo broja korenova na različitim delovima sadnica u odnosu na ukupan broj korenova. Pronađena je pozitivna, ali slaba korelacija između broja korenova kod srednjih (R510) i gornjih (R1020) delova reznice; dok je slaba ili nikakva značajna korelacija definisana između njih i osobina koje opisuju broj korena na donjim delovima reznice.

Tabela 12. Pearson-ova korelacija između analiziranih osobina reznica bele topole

| Osobine ^{a)} | SH | LN | R0 | R05 | RN5 | R510 | R1020 | TRN | R0p | R05p | RN5p | R510p | R1020p | SURV07 |
|-----------------------|----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------|--------|
| SH | - | | | | | | | | | | | | | |
| LN | 0.779 ** b) | - | | | | | | | | | | | | |
| R0 | 0.517 ** | 0.368 ** | - | | | | | | | | | | | |
| R05 | 0.351 ** | 0.424 ** | 0.461 ** | - | | | | | | | | | | |
| RN5 | 0.532 ** | 0.435 ** | 0.954 ** | 0.704 ** | - | | | | | | | | | |
| R510 | 0.404 ** | 0.250 * | 0.349 ** | 0.115 ** | 0.320 ** | - | | | | | | | | |
| R1020 | 0.276 * | 0.038 | 0.156 | -0.052 | 0.106 | 0.245 * | - | | | | | | | |
| TRN | 0.577 ** | 0.426 ** | 0.938 ** | 0.652 ** | 0.970 ** | 0.477 ** | 0.301 * | - | | | | | | |
| R0p | 0.362 ** | 0.345 ** | 0.749 ** | 0.063 ** | 0.620 ** | 0.062 ** | -0.076 ** | 0.546 ** | - | | | | | |
| R05p | -0.236 * | -0.062 | -0.253 * | 0.573 ** | -0.009 | -0.325 ** | -0.311 ** | -0.105 ** | -0.445 ** | - | | | | |
| R5p | 0.171 | 0.324 ** | 0.537 ** | 0.515 ** | 0.605 ** | -0.264 * | -0.378 ** | 0.438 ** | 0.680 ** | 0.329 ** | - | | | |
| R510p | -0.163 | -0.217 | -0.473 ** | -0.408 ** | -0.517 ** | 0.418 ** | 0.047 ** | -0.394 ** | -0.585 ** | -0.218 ** | -0.817 ** | - | | |
| R1020p | -0.011 | -0.241 * | -0.293 * | -0.379 ** | -0.364 ** | 0.044 | 0.641 ** | -0.209 ** | -0.451 ** | -0.348 ** | -0.764 ** | 0.278 * | - | |
| SURV07 | 0.073 | -0.013 | 0.124 | 0.103 | 0.136 | 0.053 | 0.011 | 0.127 | 0.166 | 0.045 | 0.169 | -0.135 | -0.084 | - |

^{a)} oznake osobina: SH - visina sadnice; LN - broj listova; RN0 - broj korenova u bazi ožiljenice; RN05 - broj korenova 0-5 cm od baze ožiljenice; RN510 - broj korenova 5-10 cm od baze ožiljenice; RN1020 - broj korenova između 10 cm od baze ožiljenice; SURV07 - procenat preživelih reznica u vreme merenja, RN5 - broj korenova na 5 cm od baze ožiljenice (RN5 = RN0 + RN05); TRN - ukupan broj korenova, odnos broja korenova na određenim udaljenostima od baze ožiljenice u odnosu na ukupan broj korenova bili su sledeći: RN0p - (RN0 / TRN) * 100%; RN05p - (RN05 / TRN) * 100%; RN5p - (RN5 / TRN) * 100%; RN510p - (RN510 / TRN) * 100%; RN1020p - (RN1020 / TRN) * 100% SURV07 – procenat preživelih ukorenjenih sadnica u momentu merenja

^{b)}Značajnost t-testa: *p < 0.05, **p<0.01

Analogne osobine koje opisuju udeo u ukupnom broju korenova su imale visoku negativnu korelaciju sa R0p i RN5 i nisku negativnu korelaciju sa R05p. Korelacija RN5 sa R0 je bila visoka i pozitivna, ali umerena sa R05, što sugerise na jak doprinos R0 varijaciji RN5. Ove dve osobine su takođe snažno pozitivno korelisane sa ukupnim brojem korenova (TRN), dok je korelacija TRN sa R05p i R1020p je bila slaba i nije statistički značajna.

Analizirane osobine su grupisane u pet grupa prema njihovom doprinosu rotiranih prvih pet glavnih komponenti (RC) (Tabela 13). Osobine koje su imale najveći doprinos, sa istim PC su pripale istoj grupi.

Tabela 13. Doprinos rotiranih glavnih komponenti

| Osobina ^{a)} | Rotirane glavne komponente | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | RC1 | RC4 | RC2 | RC3 | RC5 |
| SH | <u>0.772</u> | 0.062 | 0.118 | 0.053 | -0.384 |
| LN | <u>0.652</u> | -0.166 | 0.064 | 0.129 | -0.556 |
| R0 | <u>0.924</u> | -0.078 | -0.123 | -0.123 | 0.185 |
| R05 | 0.599 | -0.136 | -0.081 | <u>0.741</u> | 0.034 |
| RN5 | <u>0.931</u> | -0.112 | -0.126 | 0.155 | 0.159 |
| R510 | 0.433 | 0.087 | <u>0.822</u> | -0.127 | 0.075 |
| R1020 | 0.226 | <u>0.898</u> | 0.060 | -0.099 | 0.017 |
| TRN | <u>0.951</u> | 0.075 | 0.023 | 0.106 | 0.168 |
| R0p | <u>0.684</u> | -0.354 | -0.376 | -0.489 | 0.092 |
| R05p | -0.088 | -0.281 | -0.237 | <u>0.895</u> | 0.054 |
| R5p | 0.526 | -0.566 | <u>-0.577</u> | 0.196 | 0.086 |
| R510p | -0.467 | 0.121 | <u>0.820</u> | -0.131 | -0.073 |
| R1020p | -0.296 | <u>0.877</u> | 0.132 | -0.182 | -0.061 |
| SURV | 0.174 | -0.068 | 0.016 | 0.073 | <u>0.711</u> |
| Eigenvalues | 5.329 | 2.200 | 1.957 | 1.778 | 1.084 |
| Udeo u totalnoj varijansi | 0.381 | 0.157 | 0.140 | 0.127 | 0.077 |
| Kumulativni udeo totalne varijanse | 0.381 | 0.538 | 0.678 | 0.805 | 0.882 |

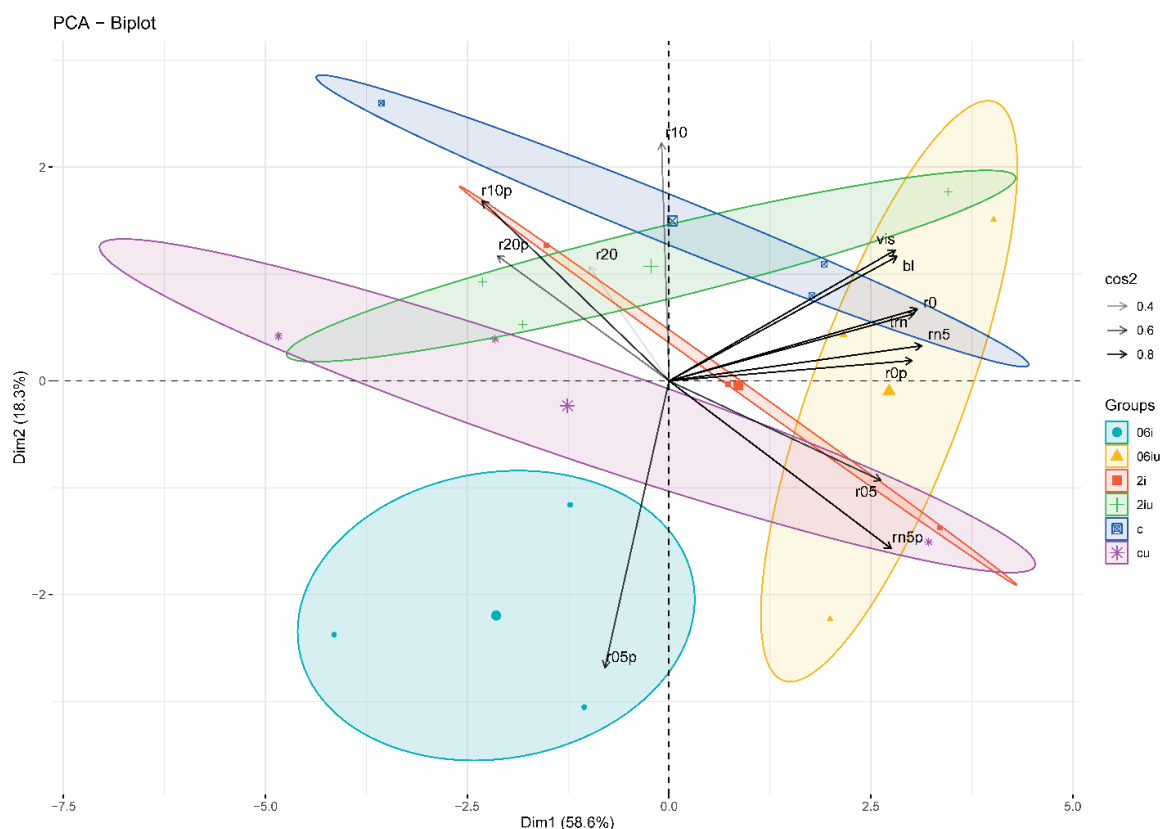
^{a)} oznake osobina: SH - visina sadnice; LN - broj listova; RN0 - broj korenova u bazi ožiljenice; RN05 - broj korenova 0-5 cm od baze ožiljenice; RN510 - broj korenova 5-10 cm od baze ožiljenice; RN1020 - broj korenova između 10 cm od baze ožiljenice; SURV07 - procenat preživelih reznica u vreme merenja, RN5 - broj korenova na 5 cm od baze ožiljenice (RN5 = RN0 + RN05); TRN - ukupan broj korenova, odnos broja korenova na određenim udaljenostima od baze ožiljenice u odnosu na ukupan broj korenova bili su sledeći: RN0p - $(RN0 / TRN) * 100\%$; RN05p - $(RN05 / TRN) * 100\%$; RN5p - $(RN5 / TRN) * 100\%$; RN510p - $(RN510 / TRN) * 100\%$; RN1020p - $(RN1020 / TRN) * 100\%$ SURV07 – procenat preživelih ukorenjenih sadnica u momentu merenja

Kovačević i saradnici (2011) su analizirali sposobnost različitih genotipova vrste *Populus deltoides* na formiranje karakteristika ranog ukorenjivanja i takođe su došli do sličnih rezultata.

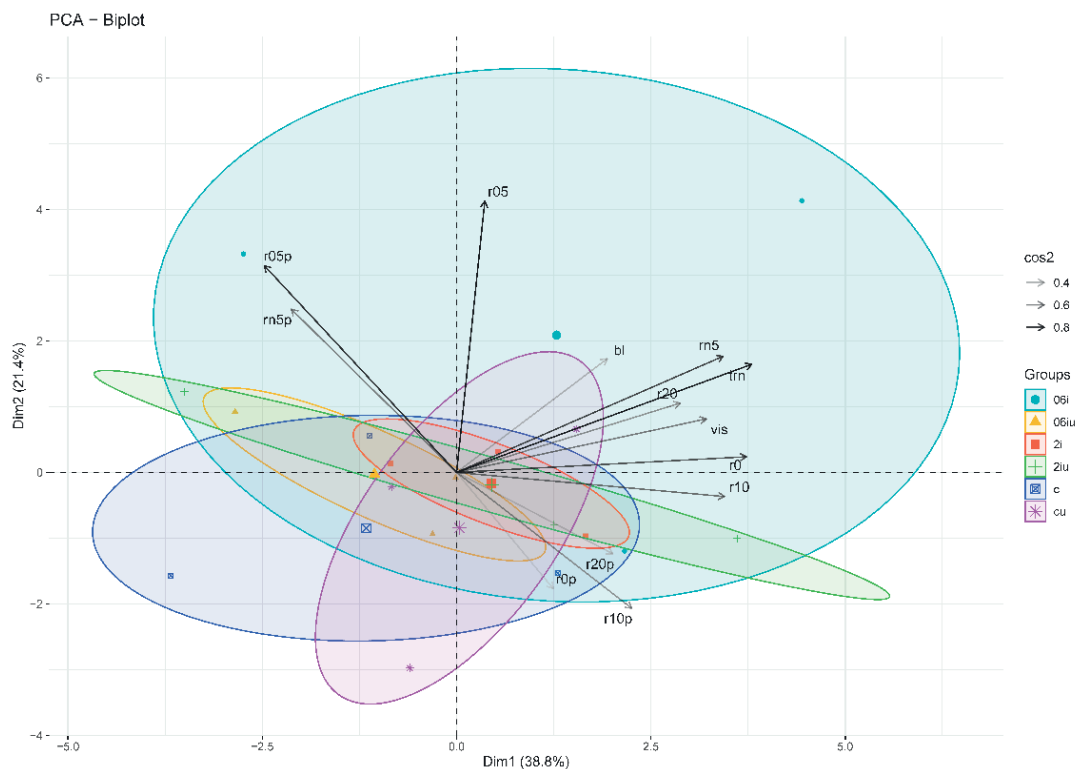
Prvu grupu (RC1) ovde čine karakteri SH, LN, R0, R05, TRN i R0p, što sugerise bliske relacije između ukupnog broja korenova i korenova u bazalnom delu reznice (Kovačević et al. 2011, Igić et al. 2020). Utvrđeno je da su na osnovu doprinosa prve dve odabrane PC, svi ispitivani parametri

grupisani u prvu grupu, osim R0 i R0p, koji su grupisani odvojeno od drugih u drugoj grupi. Druga grupa (RC4), u ovom istraživanju, uključuje karakteristike R1020 i R1020p, dok se treća grupa (RC2) sastoji od R510, R510p i RN5p. Osobina RN5p ima sličan doprinos kao prva i druga PC, što ukazuje na umereno, ali ne posebno bliske veze između ove dve grupe parametara. Četvrta grupa (RC3) obuhvata osobine R05 i R05p, a peta grupa (RC5) samo SURV07. Doprinosi ostalih osobina sa petom PC su bila slabi, osim kod SH i broja listova. Pošto su ovi doprinosi negativni, pretpostavlja se da su reznice bele topole sa velikim izdancima i velikim brojem listova mogle da se suoče sa poteškoćama u preživljavanju tokom ranih faza rasta i razvoja. Pearsonov korelacijski koeficijent nije potvrdio ovu vezu, verovatno zbog multikolinearnosti. Međutim, prema nekim autorima (Kovačević et al., 2008; 2009; Sellmer et al., 1989), visoki izdanci crnih topola i drugih genotipova *Populus*-a bili su pozitivno korelisani sa opstankom sadnica. Razlog za razlike između genotipova bele i crne topole može biti posledica poteškoća u ukorenjivanju reznica vrsta bele topole.

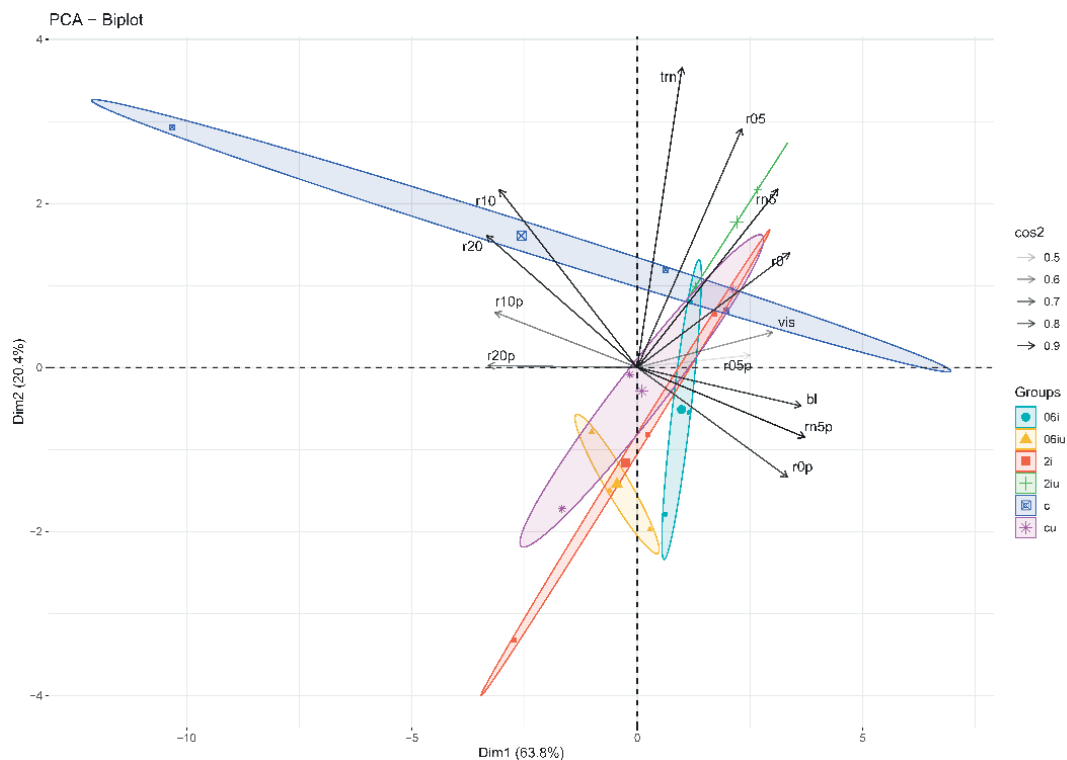
PCA analiza uticaja tretmana na ukupnu varijabilnost svakog pojedinačnog genotipa je ukazala da kod genotipa L100 dolazi do odvajanja tretmana 0.6% IBA u odnosu na ostale tretmane (Slika 42). Najveći doprinos u ovom izdvajanju je imao parametar rR05p. Ovakav rezultat se može objasniti pretpostavkom da je manja koncentracija IBA pozitivno uticala na formiranje korenova u bazi ožiljenice kod genotipa L100. Kod ostalih genotipova, nije primećen ovakav trend, već je PCA analiza ukazala na to da nema statistički značajnih razlika između tretmana (Slike 42-45)



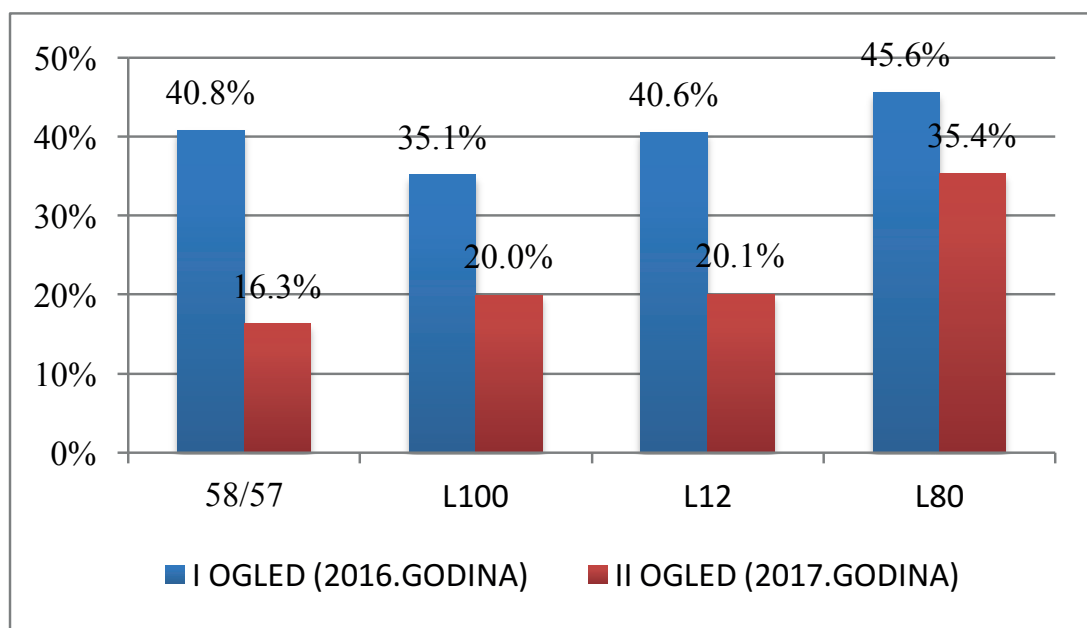
Slika 42. PCA biplot razdvajanja analiziranih tretmana kod genotipa L100, na osnovu parametara ožiljavanja reznica. (06i-tretman 0.6%IBA; 06iu-tretman 0.6% IBA + UREA; 2i – tretman 2% IBA; 2iu – tretman 2% IBA + UREA; c-kontrola; cu-tretman UREA)



Slika 43. PCA biplot razdvajanja analiziranih tretmana kod genotipa L80, na osnovu parametara ožiljavanja reznica. (06i-tretman 0.6%IBA; 06iu-tretman 0.6% IBA + UREA; 2i – tretman 2% IBA; 2iu – tretman 2% IBA + UREA; c-kontrola; cu-tretman UREA)



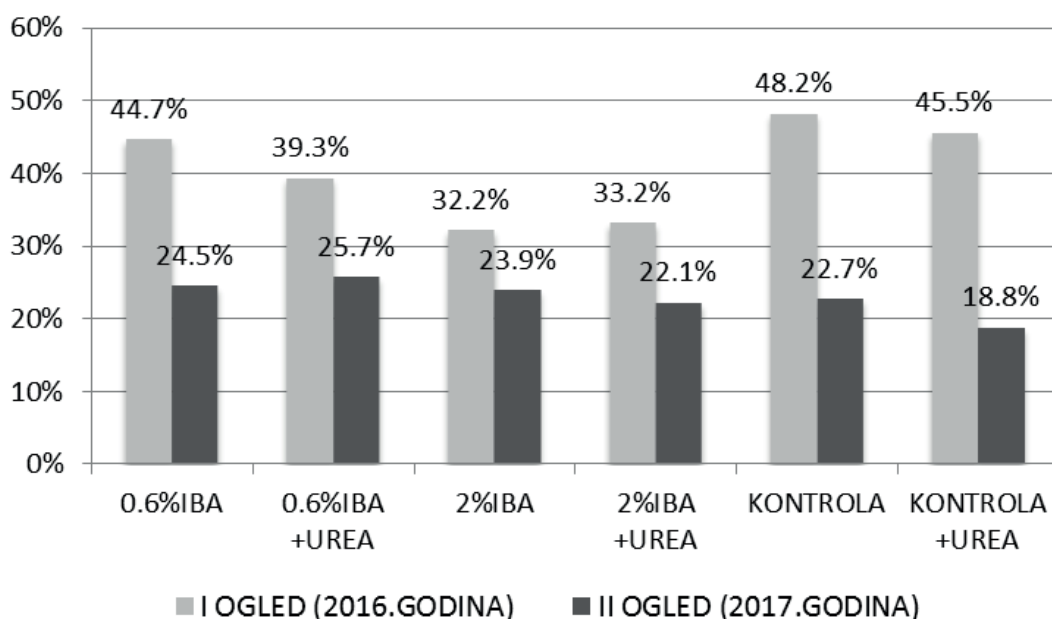
Slika 44. PCA biplot razdvajanja analiziranih tretmana kod genotipa L12, na osnovu parametara ožiljavanja reznica. (06i-tretman 0.6%IBA; 06iu-tretman 0.6% IBA + UREA; 2i – tretman 2% IBA; 2iu – tretman 2% IBA + UREA; c-kontrola; cu-tretman UREA)



Slika 46. Udeo vitalnih ožiljenica i viših od 180 cm na kraju vegetacionog perioda, po ispitivanim genotipovima

Dobijene vrednosti ukazuju na udeo reznica koje su dale sadnice koje mogu da se koriste za pošumljavanje, bez obzira na klasu, te mogu da ukažu na potreban broj reznica prilikom zasnivanja rasadničke proizvodnje u odnosu na potrebe u sadnom materijalu. U domenu udela sadnica sposobnih za sadnju (I, II i III klasa odnosno ožiljenice više od 1.8 m) dobijeni rezultati u prvoj eksperimentalnoj godini ukazuju da je procenat vitalnih ožiljenica bio skoro ujednačen kod svih ispitivanih genotipova. Najveće razlike u pogledu vitalnih ožiljenica su bile između genotipova L80 (45.6%) i L100 (35.1%). Genotipovi 58/57 i L12 su imali skoro istovetni udeo vitalnih ožiljenica (40.8% i 40.6%). U drugoj eksperimentalnoj godini ovi rezultati su mnogo niži, ali je genotip L80 i ove godine imao najveći udeo vitalnih ožiljenica 35.4% što je za 10% manje u odnosu na prvu eksperimentalnu godinu. Najveće smanjenje broja ožiljenica zabeleženo je kod genotipa 58/57 gde je samo 16.3% bilo sposobno za sadnju, dok su genotipovi L100 i L12 imali oko 20% ožiljenica viših od 180 cm. Dobijeni rezultati ukazuju na dominaciju genotipa L80, ali i jasno veće realizovane vrednosti u 2016. nego u 2017. godini (Slika 46). Naime, 2016. godine je ostvareno visoko učešće vitalnih ožiljenica viših od 1.8 m koje mogu da se smatraju sadnim materijalom, pri čemu razlike u ovom parametru nisu bile toliko značajne u 2016. kao u 2017-oj godini. Udeo sadnog materijala genotipa L80 u 2016. godini se nije značajno razlikovao u odnosu na 2017. godinu, dok je kod ostalih udeo u prvoj eksperimentalnoj godini bio za oko dva puta veći nego u drugoj.

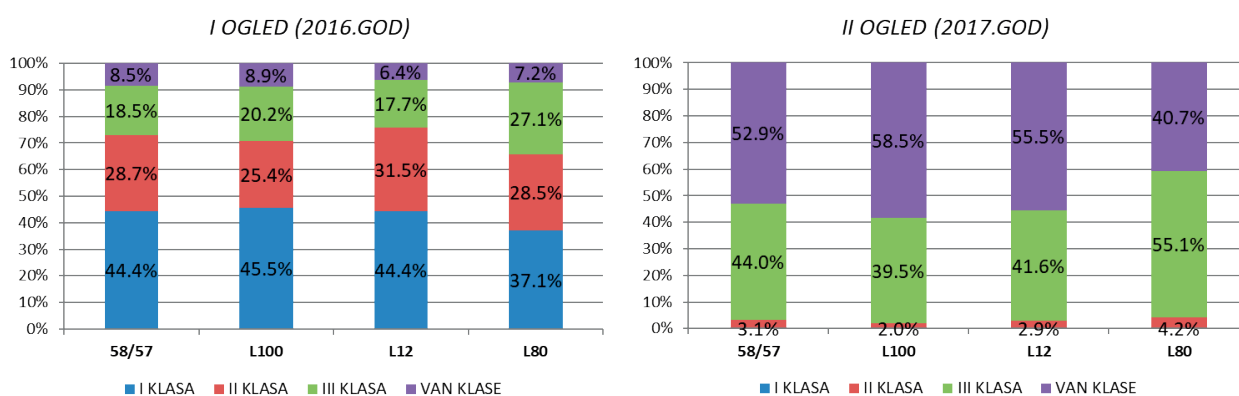
Udeo sadnica u broju posadenih reznica je generalno bio veći u 2016. godini nego u 2017. zahvaljujući boljem porastu, iako je 2016. godine bilo izrazito slabije preživljavanje ožiljenica. To je rezultat značajno veće visine ožiljenica ostvarene u 2016. i govori o značaju i preživljavanja i kasnijeg rasta ožiljenice na rezultate proizvodnje krajnjeg proizvoda tj. sadnice bele topole.



Slika 47. Udeo vitalnih ožiljenica i viših od 180cm na kraju vegetacionog perioda, po primenjenim tretmanima

Primena različitih tretmana pokazala je da je kod ožiljenica viših od 1.8 m uočen nepovoljan uticaj visoke koncentracije IBA (2%) u prvoj eksperimentalnoj godini. Tretmani sa nižom koncentracijom IBA (0,6 %) kao i tretmani ureom nisu doveli do značajnih razlika u odnosu na kontrolu.

U drugoj eksperimentalnoj godini primena različitih tretmana nije dovela do bitnih razlika u broju ožiljenica viših od 180 cm (Slika 47).



Slika 48. Udeo sadnica na kraju vegetacionog perioda po pravilniku o reproduktivnom materijalu topola i vrba u ukupnom broju preživelih sadnica, po genotipovima

Na osnovu analize udela sadnica po klasama na kraju vegetacionog perioda uočava se velika razlika između dve istraživačke godine. U prvoj eksperimentalnoj godini 37.1 do 45.5 % su bile sadnice I klase, od 25.4 do 35.5 % činile su sadnice II klase, a od 17.7 do 27.1 sadnice III klase. Škartne sadnice su imale udeo od 6.4 do 8.9 %. Ako se posmatra broj sadnica po klasama

u drugoj eksperimentalnoj godini dolazi do potpunog odsustva sadnica I klase. Sadnice II klase su zastupljene sa veoma niskim procentima i kreću se od 2.0 do 4.2 %. Najzastupljenija sadnice za sadnju pripadaju III klasi i kreću se u opsegu od 39.5 do 55.1 %. Veliko učešće sadnica koje se smatraju škartom može se objasniti deficitom vlage u vegetacionom periodu i njihov procenat varira od 40.7 do 58.5 % (Slika 48). Ukupni rezultati oba ogleda pokazuju dominaciju genotipa L80 u udelu sadnica sposobnih za sadnju.

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja četiri genotipa bele topole i to L100, L80, L12 i 58/57 može se zaključiti sledeće:

Na osnovu morfo-anatomske i fiziološke parametara nije zabeleženo jasno razdvajanje među ispitivanim genotipovima, ali su uočene jasne razlike u ovim parametrima između kontrole i tretmana ureom, u poređenju sa tretmanima IBA.

Po najvećim vrednostima dužine i širine kao i površine liske izdvaja se genotip 58/57, a manje i međusobno slične vrednosti dužine i širine liske odlikuju ostale genotipove.

U pogledu uticaja tretmana na površinu lista bele topole, tretman 2% IBA pokazuje statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolu, kod svih genotipova izuzev L80. Kod genotipa 58/57 svi tretmani (0.6% IBA, 2% IBA i urea) su imali značajan uticaj na površinu lista.

Ni kod jednog genotipa nije zabeležen statistički značajan uticaj ispitivanih tretmana na broj stoma.

Značajan uticaj na dimenzije stoma pokazali su tretmani sa 0.6% IBA i 2% IBA, dok je tretman ureom imao uticaja na dimenzije stoma samo kod genotipova L12 i L80.

U pogledu debljine liske razlikuju se samo genotipovi L80 i 58/57. Variranja vrednosti debljine liske pod uticajem tretmana zabeležen samo kod genotipa L12 kod koga su oba tretmana indol-buternom kiselinom dovela do povećanja debljine liske, dok je tretman ureom doveo do smanjenja.

U pogledu debljine asimilacionog tkiva, među kontrolama analiziranih genotipova ne postoji statistički značajna razlika. Tretmani IBA-om kao i tretman ureom su imali značajan uticaj na debljinu asimilacionog tkiva kod analiziranih genotipova.

Svi analizirani genotipovi bele topole su se međusobno statistički značajno razlikovali u pogledu površine glavnog nerva. Najveća površina glavnog nerva zabeležena je kod genotipa 58/57, a najmanja kod L80. Tretmani IBA-om su doveli do smanjenja površine glavnog nerva, dok je tretman ureom imao suprotan efekat.

U pogledu površine ksilema, jedini genotip koji se statistički značajno razlikovao u vrednosti ovog parametra je 58/57 i odlikovao se najvećom površinom ksilema. Tretmani IBA-om su u svim slučajevima doveli do smanjenja površine ksilema, izuzev kod genotipa L80. Tretman ureom je kod genotipova L100 i L12 doveo do značajnog povećanja površine ksilema, dok je kod genotipa 58/57 došlo do značajnog smanjenja ovog parametra.

Tretmani indol-buternom kiselinom su doveli do statistički značajnog smanjenja površine floema, kod svih genotipova, izuzev genotipa L80, gde je tretman 0.6% IBA uzrokovao povećanje površine. Tretman ureom je kod svih genotipova doveo do značajnog povećanja površine floema, sa izuzetkom genotipa 58/57, gde je došlo do smanjenja vrednosti ovog parametra.

IBA je u većini slučajeva uticala na smanjenje površine glavnog nerva, a samim tim i površine provodnog snopića i ksilema i floema. Urea je u svim slučajevima dovela do povećanja vrednosti ovih parametara.

Tretman ureom je povećao srednju vrednost neto fotosinteze kod svakog genotipa. Takođe, može se zaključiti da su urea kao i tretmani različitim koncentracijama indol - buterne kiseline imali pozitivan efekat na intenzitet fotosinteze.

Intergenotipske razlike u pogledu intenziteta fotosinteze su se pokazale statistički značajnim, a najveće razlike su se pokazale između genotipa L100 kod kojeg su vrednosti za ovaj parameter najveće i genotipa 58/57 koji ima najmanje vrednosti intenziteta fotosinteze.

Utvrđene su signifikantne intergenotipske razlike u intenzitetu transpiracije. Genotip L100 ima najveće vrednosti intenziteta transpiracije, dok je vrednost ovog parametra najmanja kod genotipa 58/57. Intenzitet transpiracije je značajno smanjen primenom uree kod genotipa L80. Kod ostalih genotipova, nije bilo statistički značajnih razlika u intenzitetu transpiracije između kontrolnih i biljaka tretiranih ureom. Tretman IBA nije doveo do značajnih promena u intenzitetu transpiracije na ispitivanim genotipovima, izuzev kod genotipa L100 gde je došlo do značajnog smanjenja intenziteta transpiracije kod biljaka tretiranih 2% IBA.

Rezultati ovog istraživanja su pokazali povećanje WUE pod uticajem primenjenog tretmana ureom u odnosu na kontrolu u okviru svakog genotipa. Takođe, tretmani IBA-om utiču na povećanu efikasnost korišćenja vode.

Najmanja stamaterna provodljivost zabeležena je kod genotip L100, a najveća kod genotipa L80. Tretman ureom je doveo do smanjenja provodljivosti stoma, izuzev kod genotipa L100. Tretman nižom koncentracijom IBA doveo je do redukcije stomaterene provodljivosti, dok je povećanje koncentracije IBA u odnosu na nižu koncentraciju indukovalo povećanje provodljivosti stoma.

U pogledu intercelularne koncentracije CO₂ genotipovi se međusobno ne razlikuju. Tretmani IBA-om su doveli do neznatnog smanjenja ovog parametra.

Dobijeni rezultati su pokazali da je 2016. godine procenat preživljavanja kod svih genotipova u okviru kontrolne grupe biljaka bio znatno bolji nego 2017. godine, kao i kod tretmana sa 0,6 % IBA, osim kod genotipa L12 gde je veći procenat preživljavanja postignut 2017. godine. Kod ostalih tretmana, u velikom broju je bolje preživljavanje postignuto 2017, pri čemu se izdvaja genotip L-80. Najverovatniji razlog ovome su klimatski uslovi.

U prvoj godini istraživanja najveći procenat preživljavanja sadnica u kontrolnoj grupi imao je genotip L12 (52%), a najmanji je zabeležen kod genotipa 58/57 (46.7%). U slučaju genotipa L80 procenat preživljavanja je značajno povećan tretmanom 0.6% IBA (62.7%) te ovaj tretman ima najbolji rezultat preživljavanja u odnosu na kombinaciju svih genotipova i tretmana. Povećanje koncentracije IBA je pokazalo negativno dejstvo na genotip L100 gde je procenat preživljavanja na kraju vegetacionog perioda iznosio 24,7 % .

Najveći zabeležen procenat preživljavanja u svim kombinacijama genotipova i tretmana u obe eksperimentalne godine zabeležen je kod genotipa L80 u kombinaciji 2%IBA+urea (68,6%) koji i u kombinaciji sa ostalim tretmanima (2%IBA, 2%IBA+urea, 0.6%IBA+urea, urea) ima visoke procenat preživljavanja.

Dinamički prikaz sumarnog udela reznica sa vitalnim izbojkom po mesecima, ukazuje da je nakon porasta udela i maksimuma postignutog u mesecu maju, u narednim merenjima došlo do propadanja vitalnih ožiljenica. Konačan udeo ožiljenica sa vitalnim izbojkom postignut je u mesecu julu i nije se značajno menjao do kraja vegetacionog perioda. Dobijeni rezultati ukazuju da su za

preživljavanje reznica bele topole ključna prva tri meseca nakon sadnje.

Na kraju vegetacije najveći broj vitalnih ožiljenica dobijen je kod genotipa L80. Uočava se da genotip L12 u II ogledu dostiže vrhunac vitalnih ožiljenica mesec dana ranije od ostalih (u mesecu aprilu) što je u skladu sa ranom fenologijom ovog genotipa.

Prosečan visinski prirast analiziranih genotipova u kontrolnoj grupi 2016. godine se kreće u rasponu od 286.6 cm kod genotipa 58/57 do 336.4 cm kod genotipa L100. Visinski prirast analiziranih genotipova u kontrolnoj grupi ogleada iz 2017. godine se kreće u rasponu 123.4 cm kod genotipa L100 do 209.32 cm kod genotipa L12. Razlike u visinskom prirastu prvog i drugog ogleada kontrolnih grupa u slučaju pojedinih genotipova veće su od 100 cm. Primenom određenih tretmana te razlike su intenzivnije i dostižu čak 200 cm.

Rezultati analize varijanse u ogledu iz 2016 godine su pokazali statistički značajan uticaj uree na visinu ožiljenica kod tri genotipa (58/57, L100, L12). Tretman 0.6% IBA je uticao na smanjenje prosečne visine ožiljenica kod genotipova L100 i L80, dok je tretman 2% IBA doveo do značajnog smanjenja visine kod svih analiziranih genotipova u odnosu na kontrolne biljke.

U ogledu iz 2017. godine, biljke tretirane samo ureom su imale manje visine ožiljenica u odnosu na kontrolnu grupu kod svih genotipova, ali je ta razlika bila statistički značajna samo kod genotipa L12. Tretman 0.6% IBA je imao značajan uticaj na smanjenje visine samo kod genotipova L100 i 58/57, dok je tretman 2% IBA doveo do značajnog povećanja visine kod genotipa L80.

Debljinski prirast u I. ogledu, u kontrolnoj grupi bio je najveći kod genotipa L100 (23.24 mm) kod koga je tretman ureom uticao na značajno povećanje prečnika, a tretmani IBA-om doveli su do značajnog smanjenja prečnika.

U ogledu II postavljenom 2017 godine najvećom srednjom vrednošću prečnika kod kontrolnih biljaka se odlikuje genotip L12 (15,89 mm). U ovom eksperimentu, svi tretmani su imali uticaj na smanjenje prosečnih vrednosti prečnika kod svih analiziranih genotipova.

Utvrđene su značajne razlike u ukorenjivanju i preživljavanju među sadnicama različitih genotipova bele topole dok su između tretmana, kao i interakcija tretmana i genotipa uočene manje razlike. Na osnovu ovoga se može zaključiti da IBA pozitivno utiče na formiranje korenova u donjim delovima reznica, dok folijarna primena uree nije imala značajan uticaj na ožiljavanje. Kod ispitivanih genotipova bele topole, postoji snažna veza između ožiljavanja u prvoj polovini vegetacionog perioda i visinskog prirasta. Nasuprot tome, veza između formiranja korenova i preživljavanja reznica nije uočena.

U prvoj eksperimentalnoj godini procenat sadnica sposobnih za sadnju bio je skoro ujednačen kod svih ispitivanih genotipova. Najveće razlike su bile između genotipova L80 (45.6%) i L100 (35.1%).

U drugoj eksperimentalnoj godini ovi rezultati su mnogo niži, ali je genotip L80 (35.4%) i ove godine imao najveći udeo vitalnih ožiljenica. Najveće smanjenje broja ožiljenica zabeleženo je kod genotipa 58/57. Dobijeni rezultati ukazuju na dominaciju genotipa L80, ali i jasno veće realizovane vrednosti u 2016. nego u 2017. godini.

Na osnovu klasiranja sadnica rezultati oba ogleada pokazuju dominaciju genotipa L80 u udelu sadnica sposobnih za sadnju.

8. LITERATURA

1. Aasamaa, K., Sõber, A., Rahi, M. (2001): Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. *Aust. J. Plant Physiol.* 28, 765–774.
2. Abbruzzese, G., Beritognolo, I., Muleo, R., Piazzai, M., Sabatti, M., Mugnozza, G.S. & Kuzminsky, E. (2009): Leaf morphological plasticity and stomatal conductance in three *Populus alba* L. genotypes subjected to salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 66: 381–388.
3. Abdeldayem M. (2000): Evaluation and genetic identification of some *Populus* species by using polyacrylamide gel electrophoresis separation of total soluble proteins. *In: Poplar and willow culture: meeting the needs of society and the environment. 21st session of the International Poplar Commission (IPC 2000), Isebrands J. G. & Richardson J Compilers. 2000;1.*
4. Al Afas, N., Marron, N., Ceulemans, R. (2007): Variability in *Populus* leaf anatomy and morphology in relation to canopy position, biomass production, and varietal taxon. *Ann. For. Sci.* 64:521-532
5. Algreen, M., Trapp, S., Rein, A. (2014): Phytoscreening and phytoextraction of heavy metals at Danish polluted sites using willow and poplar trees. *Environ Sci Pollut Res* 21(15): 8992–9001.
6. Andrašev, S., Rončević, S., Ivanišević, P. (2003): Proizvodnja repromaterijala selekcionisanih klonova crnih topola (sekcija Aigeiros DUBY) u zavisnosti od klona i razmaka sadnje u ožilištu. *Topola*, 171/172: 3-24.
7. Andrašev, S., Kovačević, B., Rončević, S., Pekeč, S., Tadin, Z. (2007): Proizvodnja sadnica euroameričkih topola (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) tipa 1/1 zavisno od rokova izrade i sadnje reznica. *Topola* 179/180:45-62.
8. Andrašev, S., Bobinac, M., Rončević, S., Vučković, M., Stajić, B., Janjatović, G., Obućina, Z. (2012): Učinci prorjeda u nasadu topole klona I-214 rijetke sadnje. *Šumarski list*, 1-2: 37-56. Zagreb.
9. Andrašev, S., Rončević, S., Ivanišević, P. (2002): Uticaj razmaka sadnje reznica na proizvodnju sadnica tipa 1/1 selekcionisanih klonova crnih topola sekcije Aigeiros (DUBY). *Topola*, No 167/168:17-40.
10. Angiosperm Phylogeny Group, The (2003): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141, 399–436.
11. Austin, R.B. (1993): Crop photosynthesis: Can we improve on nature? *In: D.R. Buxton et al. (eds.), International Crop Science I. Crop Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, pp.697-701.*
12. Bajkán Sz. (2011): A D1 protein mutáció hatása a kettős fotokémiai rendszer energia hasznosítására eltérő vízellátású növényekben. Ph.D. értekezés, Szeged.
13. Bellini C., Pacurar D.I., Perrone I. (2014): Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. *Annual Review of Plant Biology* 65: 639-666.
14. Beritognolo, I., Piazzai, M., Benucci, S., Kuzminsky, E., Sabatti, M., Scarascia Mugnozza, G., Muleo, R. (2007): Functional characterisation of three Italian *Populus alba* L. genotypes under salinity stress, *Trees* 21:465–477
15. Bosabalidis, AM, Kofidis, G. (2002): Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant science*, 163: 375-379.
16. Borghi, M., Tognetti, R., Monteforti, G., Sebastiani, L. (2008): Responses of two poplar species (*Populus alba* and *Populus x canadensis*) to high copper concentrations. *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 62, Issue 3: 290-299

17. Borišev, M., Pajević, S., Nikolić, N., Pilipović, A., Krstić, B., Orlović, S. (2009): Phytoextraction of Cd, Ni, and Pb using four willow clones (*Salix* spp.). Polish Journal of Environmental Studies (18) 4: 553-561.
18. Boyer, JS. (2015): Impact of cuticle on calculations of the CO₂ concentration inside leaves. *Planta* 242:1405-1412.
19. Božič, J. (1967): Organografske raziskave topolov sekcije Leuce. Zbornik, (5), 51–87. Retrieved from <http://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=7824>
20. Bradshaw HD, Jr, Ceulemans R, Davis J, Stettler R. (2000): Emerging model systems in plant biology: poplar (*Populus*) as a model forest tree. *Journal of Plant Growth Regulation*; 19:306–313.
21. Brilli, F., Barta, C., Fortunati, A., Lerdau, M., Loreto, F., Centritto, M. (2007): Response of isoprene emission and carbon metabolism to drought in white poplar (*Populus alba*) saplings *New Phytologist*, Vol.175, Issue 2:244-254.
22. Brunner, A., Busov V., Strauss, S. (2004): Poplar genome sequence: functional genomics in an ecologically dominant plant species. *TRENDS in Plant Science* Vol. 9 No. 1:49-56.
23. Bura, D. (1968): Plantažna proizvodnja topola i vrba u Jugoslaviji. Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Služba šumske proizvodnje, 124 pages
24. Caroline A. Brocious A and Uwe G. Hacke (2016): Stomatal conductance scales with petiole xylem traits in *Populus* genotypes. *Functional Plant Biology*, <http://dx.doi.org/10.1071/FP15336>
25. Casson, S., Gray, J.E. (2008). Influence of environmental factors on stomatal development. *New Phytol.* 178, 9–23.
26. Ceulemans, R., Impens, I., Imler, R. (1988): Stomatal conductance and stomatal behavior in *Populus* clones and hybrids. *Canadian Journal of Botany* 66: 1404–1414.
27. Ceulemans, R., Impens, I., Imler, R. (2011): Stomatal conductance and stomatal behavior in *Populus* clones and hybrids, *Canadian Journal of Botany* 66 (7):1404-1414.
28. Ceulemans, R., Impens, I., Lemeur, R., Moermans, R., Samsuddin, Z. (1978): Water movement in the soil-poplar-atmosphere system. I. Comparative study of stomatal morphology and anatomy, and the influence of stomatal density and dimensions on the leaf diffusion characteristics in different poplar clones. *Oecologia Plantarum* 13: 1–12.
29. Ceulemans, R., Impens, I., Steenackers, V. (1984): Stomatal and anatomical leaf characteristics of 10 *Populus* clones. *Canadian Journal of Botany*, Vol.62:513–518.
30. Ceulemans, R., Van Praet, L., Jiang, XN. (1995): Effects of CO₂ enrichment, leaf position and clone on stomatal index and epidermal cell density in poplar (*Populus*) *New Phytologist*. Vol. 131:99–107.
31. Ceulemans, R. Saugier, B. (1991): Photosynthesis. In *Physiology of Trees* (ed. A.S. Raghavendra), pp. 21-50. J. Wiley & Sons, Chichester.
32. Chappell J. (1997): Phytoremediation of TCE using *Populus*. U.S. EPA Tecnology Innovation Office.
33. Chase, M.W., Zmarzty, S., Lledo, M.D., Wurdack, K.J., Swensen, S.M. and Fay, M.F. (2002): When in doubt, put it in the Flacourtiaceae: a molecular phylogenetic analysis based on plastid *rbcL*DNA sequences. *Kew Bulletin* 57, 141–181
34. Chen J, Chen Y, Shi ZQ ,Su Y, Han FX. (2015): Phytoremediation to remove metals/metalloids from soils. In: Ansari AA, Gill SS, Gill R, Lanza GR, Newman L, editors. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*, Volume 2. Cham Heidelberg New York Dordrecht London: Springer; p.297-304.
35. Chen, J.H., Sun, H, & Yang, Y.P. (2008): Comparative morphology of leaf epidermis of *Salix* (Salicaceae) with special emphasis on sections Lindleyanae and Retusae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 157: 311-32

36. Crafts-Brander S.J., Salvucci M.E. (2000): Rubisco activase constrains the photosynthetic potential of leaves at high temperature and CO₂. PNAS, 97 (24): 13430–13435.
37. Cutler, J.M., Rains, D.W., Loomis, R.S. (1977): The importance of cell size in the water relations of plants. *Physiologia Plantarum* 40:225–260.
38. Čortan, D., Tubić, B., Šijačić-Nikolić, M., Borota, D. (2015): Variability of black poplar (*Populus nigra* L.) leaf morphology in Vojvodina, Serbia. *Šumarski list*, 5-6:245-252.
39. Čortan, D., Vilotić, D., Šijačić-Nikolić, M., Miljković, D. (2017): Leaf stomatal traits variation within and among black poplar native populations in Serbia. *Bosque* 38(2): 337-345.
40. Daszkowska-Golec, A., Szarejko, I. (2013): Open or Close the Gate – Stomata Action Under the Control of Phytohormones in Drought Stress Conditions. *Front Plant Sci.* 4:138
41. De Almeida, R., Aumond, M., Da Costa, T., Schwambach, J., Ruedell, M., Correa, R., Fett-Neto, G. (2017): Environmental control of adventitious rooting in *Eucalyptus* and *Populus* cuttings. *Trees* 31:1377-1390
42. Di Lonardo, S., Capuana, M., Arnetoli, M., Gabbrielli, R., Gonnelli, C. (2011): Exploring the metal phytoremediation potential of three *Populus alba* L. clones using an in vitro screening. *Environ SciPollut Res.* 18:82–90.
43. Dickmann, D.I., Kuzovkina, J. (2014): Poplars and Willows of the World, With Emphasis on silviculturally Important Species in Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment (eds J.G. Isebrands and J. Richardson), The Food and Agriculture Organization of the United Nations and CABI, pp. 8-91.
44. Dillen S, N Marron, B Koch, R Ceulemans. (2008): Genetic variations of stomatal traits and carbon isotope discrimination in two hybrid poplar families (*Populus deltoides* ‘S9-2’ x *P.nigra* ‘Ghoy’ and *P.deltoides* ‘S9-2’ x *P.trichocarpa* ‘V24’). *Annals of Botany* 102(3): 399-407.
45. Dimitri, L., Halupa, L. (2001): Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie, A. Roloff, H. Weisgerber, U. M. Lang, B. Stimm, P. Schütt, eds. Wiley-Vch Verlag, Weinheim, 5388p.
46. Djingova, R., Wagner, G., Kuleff, I., Peshev, D. (1996): Investigations on the time-dependant variations in metal concentration in the leaves of *Populus nigra* “Italica”. *The Science of the Total Environment* 234, 175-184.
47. Druege, U., Zerche, S., Kadner, R. (2004): Nitrogen- and storage-affected carbohydrate partitioning in highlight-adapted *Pelargonium* cuttings in relation to survival and adventitious root formation under low light. *Ann. Bot.* 94:831–42.
48. Đukić, M., Đunijević, Bojović D., Grbić, M., Skočajić, D., Marković, M., Samuilov, S. (2014): Ecophysiological properties of white and canadian poplar in habitats with various water regimes. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 110: 73-86.
49. Eggens, L., Loughheed, C., Hilton, J. (1972): Rooting of hardwood cuttings of boleana poplar. *Canadian Journal of Plant Science* 52:599-604.
50. FAO (1958): Poplars in Forestry and Land Use. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
51. Farquhar, G. D. (1973): A study of the responses of stomata to perturbations of environment. PhD thesis. Australian National Univ., Canberra. pp 134.
52. Farquhar, G.D., Sharkey, T.D. (1982): Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology* 33: 317–345.
53. Farquhar, G.D., von Caemmerer, S., Berry, J.A. (2001): Models of photosynthesis. *Plant Physiology* 125: 42–45.

54. Farquhar, G.D., Wong, S.C., Evans, J.R., Hubick, K.T. (1989): Photosynthesis and gas exchange. In: Jones, H.G., Flowers, T.J., Jones, M.B. (Eds.). *Plants Under Stress*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 47–69.
55. Fege, S. (1983): The practice and physiological basis of collecting, storing and planting *Populus* hardwood cuttings. - USDA, Gen. Tech. Report 91:11p.
56. Ferris R, L Long, SM Bunn, KM Robinson, HD Bradshaw, A Rae, G Taylor. (2002): Leaf stomatal and epidermal cell development: identification of putative quantitative traits loci in relation to elevated carbon dioxide concentration in poplar. *Tree Physiology* 22(9): 633-640.
57. Flathman, P., Lanza, G. (1998): Phytoremediation: Current Views on an Emerging Green Technology. *Journal of Soil Contamination*, Volume 7, Issue 4
58. Gebre, G.M. & Kuhns, M.R. (1991): Seasonal and clonal variations indrought tolerance of *Populus deltoides*. *Can. J. For. Res.* 21:910-916.
59. Gonin, M., Bergougnot, V., Nguzen, TD., Gantet, P., Champion, A. (2019): What makes adventitious roots? *Plants* 8: 240.
60. Grillakis, M.G. (2019): Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change. *Science of the Total Environment* 660: 1245-1255.
61. Guo, X.-Y., Zhang, X.-S., Huang, Z.-H. (2010): Drought tolerance in three hybrid poplar clones submitted to different watering regimes. *Journal of Plant Ecology* 3: 79–87.
62. Guzina, V., Božić, J., Tomović, Z. (1986): Poplars of the Leuce DUBY section (White poplars and aspens). In: *Poplars and willows in Yugoslavia*, ed. Guzina V. Poplar Research Institute, Novi Sad:74-85.
63. Guzina, V., Orlović, S., Kovačević, B. (2000): Breeding of Poplars in the Section *Leuce DUBY* at the Poplar. Research Institute in Novi Sad. 21st Session of the International Poplar Commission (FAO IPC 2000), Portland, Proceedings: 74-79.
64. Guzina, V., Tomović, Z. (1989): Mogućnost i primene metoda kulture tkiva u oplemenjivanju topola. *Topola* 155/156:47-56.
65. Hamlyn, G. (1998): Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 49, Special Issue, pp. 387–398.
66. Harfouche, A., Baoune, N., Merazga, H. (2007): Main and interaction effects of factors on softwood cutting of white poplar (*Populus alba* L.). *Silvae Genet* 56:287–294.
67. Hayek A. (1927): *Prodromus Florae peninsulae Balcanicae*. I Band. Verlag des Repertoriums, Fabeckstr. 49. Dahlembei Berlin.
68. Herpka, I., Marković, J. (1974): Zavisnost proizvodnje dvogodišnjih sadnica topola od uzrasta ožiljenica. *Topola* 102:3-12
69. Hoffman Alexander, P., Adams Joshua, P., Nelson Andrew (2016): Effects of light regime and IBA concentration on adventitious rooting of an eastern cottonwood (*Populus deltoides*) clone. In: *Proceedings of the 18th biennial southern silvicultural research conference*. e-Gen. Tech. Rep. SRS-212. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 8 p.
70. Hong Li, Mengchun Li, Jie Luo, Xu Cao, Long Qu, Ying Gai, Xiangning Jiang, Tongxian Liu, Hua Bai, Dennis Janz, Andrea Polle, Changhui Peng, Zhi-Bin Luo (2012): N-fertilization has different effects on the growth, carbon and nitrogen physiology, and wood properties of slow- and fast-growing *Populus* species. *Journal of Experimental Botany* 63(17): 6173-6185.
71. Igić, D., Borišev, M., Vilotić, D., Šijačić-Nikolić, M. Ćuk, M., Ilić, M., Kovačević, B. (2020): Variability and relationships among rooting characteristics for white poplar hardwood cuttings. *Archives of Biological Sciences*, Vol 72, No 21:53-163.

72. Imada, S., Yamanaka, N., Tamai, S. (2009): Effects of salinity on the growth, Na partitioning, and Na dynamics of a salt-tolerant tree, *Populus alba* L. *Journal of Arid Environments*, Vol. 73, Issue 3:245-251.
73. Imada, S., Yamanaka, N., Tamai, S. (2010): Fine-root growth, fine root mortality, and leaf morphological change of *Populus alba* in response to fluctuating water tables. *Trees* 24(3):499–506.
74. Isebrands, J.G. and Richardson, J. (2014): *Poplars and Willows, Trees for Society and the Environment* Environmental Forestry Consultants LLC, New London, Wisconsin, USA & Poplar Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada pp.1-699
75. ISO 10693. 1995, Soil Quality-Determination of carbonate content-volumetric method. International Standardization Organization (ISO), Geneva.
76. Ivanišević, P. (1991): Efekti đubrenja u proizvodnji sadnica topola na aluvijalnim zemljištima srednjeg Podunavlja. Šumarski fakultet, Beograd, magistarski rad, p. 196.
77. Ivanišević, P. (1993): Uticaj svojstava zemljišta na rast ožiljenica *Populus x euramericana* (Dode) Guinier cl. I-214 i *Populus deltoid s* Bartr. cl. I-69/55 (Lux), Doktorska disertacija, str. 206, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.
78. Jansson, S., Douglas, C. (2007): *Populus: A Model System for Plant Biology*. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58:435-458.
79. Jie Luo, Hong Li, Tongxian Liu, Andrea Polle, Changhui Peng, Zhi-Bin Luo (2013): Nitrogen metabolism of two contrasting poplar species during acclimation to limiting nitrogen availability, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 64, Issue 14:4207–4224.
80. Jones G.H. (1998): Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *Journal of Experimental Botany* 49:387-398.
81. Jovanović, B., Tucović, A. (1972): Rod *Populus* L. in Josifović, M. (ed.) *Flora SR Srbije III*. Srpska akademija nauka i umetnosti. str. 406-431.
82. Keserű, Z., Balla, I., Antal, B., Rédei, K. (2015): Micropropagation of Leuce - poplars and evaluation of their development under sandy site conditions in Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.*, Vol. 11: 139–152
83. Kovačević B, Igić D. (2018): Effect of early preparation and slope aspect on survival and growth of white poplar rooted cuttings. *Topola*. 201/202:117-126.
84. Kovačević B, Miladinović D, Orlović S, Tomović Z, Rončević S, Poljaković-Pajnik L. (2012): Effect of leaf treatment with cobalt chloride on adventitious rooting of Cottonwood (*Populus deltoids* Bartr. ex Marsh) cuttings. *Propagation of Ornamental Plants* 12(1):52-57.
85. Kovačević, B., Orlović, S., Ivanović, I., Čobanović, K., Nikolić-Dorić, E., Katanić, M., Galović, V. (2011): Relationship among eastern cottonwood genotypes according to early rooting traits. *Genetika* 43(2):307 -320.
86. Kovačević, B. (2003): Genetička divergentnost obrazovanja vegetativnih organa crnih topola (sekcija Aigeiros Duby). PhD Thesis. Faculty of Agriculture, University of Novi Sad; 173 p.
87. Kovačević, B., Guzina, V., Andrašev, S. (2002): Varijabilnost topola u pogledu sposobnosti za ožiljavanje njihovih reznica od pruta. *Topola*;169/170:23-36.
88. Kovačević, B., Guzina, V., Kraljević-Balalić, M., Ivanović, M., Nikolić - Đorić, E. (2008): Evaluation of early rooting traits of eastern cottonwood that are important for selection tests. *Silvaegenetica*:57(1):13-21.
89. Kovačević, B., Igić, D. (2018): Effect of Early Preparation of Hardwood Cuttings Stored on Low Temperatures and Slope Exposure of Nursery Area on Survival of White Poplar Cutting 8th Edition of the International Symposium Forest and Sustainable Development, Book of abstracts pp. 44, Braşov, Romania.

90. Kovačević, B., Miladinović, D., Orlović, S., Katanić, M., Kebert, M., Kovinčić, J. (2013): Lead Tolerance and Accumulation in White Poplar Cultivated *in vitro*. SEEFOR, 4(1): 3 – 12.
91. Kovačević, B., Orlović, S., Pap, P., Katanić, M., Dabić, S. (2014): Efekat primene praškastih formulacija sa kobalthloridom i indolbuternom kiselinom na ožiljavanje drvenastih reznica bele topole. Topola/Poplar, No. 193/194: 117-127.
92. Kovačević, B., Orlović, S., Pekeč S., Katanić, M., Stojnić, S. (2010): The Effect of Genotype and Date of Preparation on Rooting of White Poplar Cuttings. Congress topics and papers of First Serbian forestry congress:-Future with forest - 11-13November 2010 Belgrade, Serbia, 306-311.
93. Kovacević, B., Roncević, S., Miladinović, D., Ivanisević, P., Katanić, M. (2009): Early shoot and root growth dynamics as indicators for the survival of black poplar cuttings. New Forests 38: 177-185.
94. Krstić, B., Oljača, R., Stanković, D. (2011): Fiziologija drvenastih biljaka, Grafomark, Laktaši str.352.
95. Kuzminsky, E., Sabatti, M. (1994): Aspetti ecologici della morfologia fogliare in alcune specie del genere *Populus*. Linea Ecologica 6:53-57.
96. Kuzovkina, YA., Vietto, L. (2014): An update on the cultivar registration of *Populus* and *Salix* (Salicaceae). Skvortsovia;1(2):133-148.
97. Larcher, W. (2003): Physiological plant ecology. 4th edn Berlin: Springer.
98. Larcheveque, M., Maurel, M., Desrochers, A. and Larocque, G. R. (2011): How does drought tolerance compare between two improved hybrids of balsam poplar and an unimproved native species?, Tree Physiology, 31, 3:240-249.
99. Lexer, C., Buerkle, C. A., Joseph, J. A., Heinze, B., Fay, M. F. (2006): Admixture in European *Populus* hybrid zones makes feasible the mapping of loci that contribute to reproductive isolation and trait differences. Heredity, 98:74-84.
100. Lexer, C., Fay, M. F., Joseph, J. 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 Molecular Ecology Vol. 14: 1045–1057.
101. Liu, Z. and Dickmann. D.I. (1993): Responses of two hybrid *Populus* clones to flooding, drought, and nitrogen availability. II. Gas exchange and water relations. Can. J. Bot. 71:927-938.
102. Liu, Z. and Dickmann. D.I. (1996): Effects of water and nitrogen interaction on net photosynthesis, stomatal conductance, and water-use efficiency in two hybrid poplar clones. Physiol. Plant. 97:507-512.
103. Li, N.Y., Fu, Q.L., Zhuang P., Guo, B., Zou, B., Li, Z.A. (2012): Effect of fertilizers on Cd uptake of *Amaranthus hypochondriacus*, a high biomass, fast growing and easily cultivated potential Cd hyperaccumulator Int. J. Phytorem. 14:162-73.
104. Lukić, N. (2017): Veličina i broj stoma kod juvenilnih sadnica različitih genotipova bele topole. Master rad, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.
105. Luo, Z.B., Calfapietra, C., Liberloo, M., Scarascia-Mugnozza, G., Polle, A. (2006): Carbon partitioning to mobile and structural fractions in poplar wood under elevated CO₂ (EUROFACE) and N fertilization Global Change Biology 12:272–283
106. Luo, J., Li, H., Liu, T., Polle, A., Peng, C., Luo, Zhi-Bin (2013): Nitrogen metabolism of two contrasting poplar species during acclimation to limiting nitrogen availability. *Journal of Experimental Botany*, Volume 64, Issue 14:4207–4224.
107. Lux, A., Masarovicová, E., Liskova, D., Sottnikova-Stefanovicova, A., Lunackova, L., Marcekova, M. (2002): Physiological and structural characteristics and *in vitro* cultivation of some willows and poplars. Proceedings of the Cost Action 837, Bordeaux.

108. Madejon, P., Maranon, T., Murillo, J.M., Robinson, B. (2004): White Poplar (*Populus alba*) as a Biomonitor of Trace Elements in Contaminated Riparian Forests. *Environmental Pollution* 132: 145-155.
109. Manojlović, S., Vajdić, S. (1960) Određivanje lakopristupačnog kalijuma u zemljištu AL metodom (EgnerRiehm). *Savremena poljoprivreda* 12, Novi Sad.
110. Manojlović, S., Rajković, Ž., Glintić, M., Šestić, S., Janković, M. (1969) Priručnik za sistematsku kontrolu plodnosti zemljišta i upotrebu đubriva. Beograd, 37–41.
111. Manzanera, J.A., Martínez-Chacón, M.F. (2007): Ecophysiological Competence of *Populus alba* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl., and *Crataegus monogyna* Jacq. Used in Plantations for the Recovery of Riparian Vegetation. *Environmental Management*, Vol. 40, Issue 6:902–912.
112. Mao, HP., Iwanaga, F., Yamanaka, N., Yamamoto, F. (2008): Growth, photosynthesis, and ion distribution in hydroponically cultured *Populus alba* L. cuttings grown under various salinity concentrations, *Landscape and Ecological Engineering*, Vol. 4, Issue 2:75–82.
113. Marković, J. (1974): Značaj klasa (uzrasta) sadnica 2/3 u proizvodnji drvne mase klona I-214. *Topola* 100-101:87-95.
114. Marković, J. (1991): Uticaj gustine sadnica u rasadniku na kvalitet sadnog materijala i na produktivnost zasada topola. *Radovi - Institut za topolarstvo* 24:21-38, Novi Sad.
115. Marković, J., Rončević, S. (1986): Rasadnička proizvodnja. Monografija “Topole i vrbe u Jugoslaviji” 123-152, Novi Sad.
116. Martinez, JP., Silva, H., Ledent, JF., Pinto, M. (2007): Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *European Journal of Agronomy* 26:30–38.
117. Mineev, V. G. (2001): Practicum on agrochemistry. University of Moscow, Russian Academy of Agricultural Sciences, Moscow.
118. Mironova, V., Omelyanchuk, N., Yosiphone, G., Fadeev, S., Kolchanov, N., Mjolsness, E., Likhoshvai, V. (2010): A plausible mechanism for auxin patterning along the developing root. *BMC Syst Biol.* 4 (1): 98.
119. Monclus, R., Dreyer, E., Villar, M., Delmotte, F.M., Delay, D., Petit, JM., Barbaroux, C., Le Thiec, D., Bréchet C. and Brignolas, F. (2005): Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoids* × *Populus nigra*, *New Phytologist*, 169, 4:765-777.
120. Monclus, R., Villar, M., Barbaroux, C., Bastien, C., Fichot, R., Delmotte, F.M., Delay, D., Petit J.-M., Bréchet, C., Dreyer, E., Brignolas, F. (2009): Productivity, water-use efficiency and tolerance to moderate water deficit correlate in 33 poplar genotypes from a *Populus deltoides* × *Populus trichocarpa* F₁ progeny *Tree Physiology*, Vol. 29, Issue 11:1329–1339.
121. Moskalyuk, T.A. (2016): *Chosenia arbutifolia* (Salicaceae): life strategies and introduction perspectives. *Сибирский лесной журнал*, No 3. С. 34–45
122. Nikolić, N. (2010): Topole u fitoremedijaciji teških metala. Zadužbina Andrejević, Beograd.
123. Nikolić, N., Zorić, L., Cvetković, I., Pajević, S., Borišev, M., Orlović, S., Pilipović, A. (2017): Assessment of cadmium tolerance and phytoextraction ability in young *Populus deltoides* L. and *Populus x euramericana* plants through morpho-anatomical and physiological responses to growth in cadmium enriched soil. *IForest – Biogeosciences and Forestry* 10: 635-644.
124. Nonić, M., Kerkez-Janković, I., Aleksić, J., Igić, D., Šijačić-Nikolić, M. (2019): Varijabilnost klonova bele topole u rasadničkom testu. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 120:131-150.

125. Nyárády, E. I., Aleksandrescu, H., Beldie, Al., Buia, Al., Georgescu, C. C., Grinžescu, GH., Guşuleac, M., Grinžescu, I., Morariu, I., Prodan, I., Žopa, E. (1952): Flora Republicii Populare Române I. Editura Academiei Republicii Populare Romane, Bucureşti.
126. Orlović, S. (1993): The variability and morphology of stomata of poplars. M.Sc Thesis, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade. p. 118
127. Orlović, S. (1994): Broj, veličina stoma i intenzitet transpiracije nekih klonova topola iz sekcije Aigeiros (Duby). Šumarstvo 1-2 (35-39).
128. Orlović, S., Kovačević, B., Pilipović, A., Galić, Z.. (2003): Selekcija i hibridizacija topola iz sekcije Leuce Duby. Radovi Instituta za topolarstvo 28:15- 28.
129. Orlović, S., Pajević, S., Krstić, B. (2002): Selection of black poplars for water use efficiency. Proceedings for Natural Sciences, Matica Srpska, 102: 45-51.
130. Pacurar, D.I., Perrone, I., Bellini, C. (2014): Auxin is a central player in the hormone cross-talks that control adventitious rooting. Physiologia Plantarum 151: 83-96.
131. Pajević, S., Krstić, B., Stanković, Ž., Plesničar, M., Denčić, S. (1999): Photosynthesis of flag and second wheat leaves during senescence. Cereal Research Communications 27: 155-162.
132. Pajević, S., Borišev, M., Nikolić, N., Krstić, B., Pilipović, A., Orlović, S. (2009): Phytoremediation capacity of poplar (*Populus* spp.) and willow (*Salix* spp.) clones in relation to photosynthesis. Arch. Biol. Sci. 61:239–247.
133. Pallardy, S.G., Kozlowski, T.T. (1981): Water Relations of Populus Clones, Ecology, Vol. 62, Issue 1: 159-169.
134. Pearce, DW., Millard, S., Bray, DF., Rood, SB. (2005): Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. Tree Physiology, Vol. 26:211–218.
135. Pekeč, S., Ivanišević, P., Stojanović, D., Marković, M., Katanić, M., Galović, V. (2012): Osobine različitih formi zemljišta tipa fluvisol u zaštićenom delu inundacije reke Dunav na području južne Bačke, Topola/Poplar No.189/190, str. 19-28.
136. Pilipović, A., Nikolić, N., Orlović, S., Petrović, N., Krstić, B. (2005): Ispitivanje sposobnosti fitoremedijacije nitrata različitih genotipova roda Populus. Šumarstvo, Vol.4:35-44, Beograd.
137. Pilipović, A., Orlović, S., Nikolić, N., Borišev, M., Krstić, B., Rončević, S. (2012): Growth and Plant physiological parameters as markers for selection of poplar clones for crude oil phytoremediation. Šumarski list 136 (5-6): 273-281.
138. Pravilnikuo kvalitetu reproduktivnog materijala topola i vrba („Službeni glasnik RS“, broj 76 od 16. septembra 2009.)
139. Pregitzer, S., Friend, L. (1996): The structure and function of Populus root Systems. In: Biology of Populus and its implications for management and conservation. Ed.: Stettler E, Bradshaw D; Heilman E, Hinckley M. NRC Research Press, Ottawa. 539 p.
140. Pryor, L.D. & Willing, R. R. (1965): The development of poplar clones suited to low latitudes. Silvae Genetica 14:123–127.
141. R Core Team. R. (2017): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
142. Rae, A. M., Street, N. R., Rodríguez-Acosta, M. (2007). Populus trees. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Vol.7, Forest Trees, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
143. Rancourt, G., Theroux, E.G., Pepin, S. (2015): Greater efficiency of water use in poplar clones having a delayed response of mesophyll conductance to drought, Tree Physiology, 35, 2:172-184.
144. Rebić, M. (2016): Uticaj gustine sadnje i ekoloških uslova na kvalitativnu strukturu sadnica selekcionisanih klonova crnih topola (sekcija Aigeiros Duby). Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.

145. Rédei, K., Keserű, Z., Antal, B. (2013): Tending Operation Models for Leuce Poplar Stands Growing on Sandy Soils in Hungary. *Topola/Poplar*, No 191/192: 1-8.
146. Rédei, K., Keserű, Z., Szulcsán, G., Orlović, S., Galić, Z., Juhász, L., Győri, J.(2010): Clonal Approaches to Growing Leuce Poplars (Leuce Duby) in Hungary and Serbia. *Topola* No.185/186:15-25.
147. REFORGEN – FAO (2003): World-wide information system on forest genetic resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://foris.fao.org/reforgen/>
148. Revelle, W. (2018): *Psych: Procedures for Personality and Psychological Research*, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA. <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.8.12.
149. Ripullone, F., Lauteri, M., Grassi, G., Amato, M., Borghetti, M. (2004): Variation in nitrogen supply changes water-use efficiency of *Pseudotsuga menziesii* and *Populus × euroamericana*; a comparison of three approaches to determine water-use efficiency. *Tree physiology*24, 671–679 Heron Publishing-Victoria.
150. Rodić-Trifunović, S., Stričević, R., Đurović, N. (2014): Efikasnost korišćenja vode najvažnijih useva u uslovima sa i bez navodnjavanja u Srbiji. *Agroznanje*, vol. 15, br. 3:231-243
151. Rogg, LE., Lasswell, J., Bartel, B. (2001): A gain-of-function mutation in IAA28 suppresses lateral root development. *Plant Cell* 13:465–480
152. Rončević, S., Ivanišević, P., Andrašev, S. (1999): proizvodne sposobnosti nekih euroameričkih topola (*Populus x euramericana*) u zavisnosti od svojstva zemljišta. *Topola* 163/164:15-30.
153. Rončević, S., Andrašev, S., Ivanišević, P., Kovačević, B., Novčić, Z. (2012): Effect of variability of alluvial soil properties on growth of white poplars *Populus alba* L. cl. L-12. *Proceedings of International Scientific Conference „Forest in future: Sustainable Use, Risks and Challenges“*. Belgrade; 469-475.
154. Sellmer, JC., Mc Cown, BH., Haissig, BE. (1989): Shoot culture dynamics of six *Populus* clones. *Tree Physiology* 5(2):219–227.
155. Spence, RD., Wu, H., Sharpe, PJH., Clark, KG. (1986): Water stress effects on guard cell anatomy and the mechanical advantage of the epidermal cells. *Plant, Cell and Environment* 9:197–202.
156. Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Nonić, M., Maksimović, Z., Čortan, D. (2014): Konzervacioni status bele (*Populus alba* L.) i crne (*Populus nigra* L.) topole na području Velikog ratnog ostrva. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 109:169-180, Beograd.
157. Šilić, Č. (1988): *Atlas drveća i grmlja*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Sarajevo i Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
158. Škorić, A., Sertić, V. (1966): Analiza organske materije (humusa) zemljišta, određivanje ukupne količine ugljika i humusa: određivanje ugljika i humusa po Tjurinu, Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga I, Kemijske metode ispitivanja zemljišta, JDPZ-Jugoslavensko društvo za proučavanje zemljišta, str. 42-43.
159. Silim, S., Nash, R., Reynard, D., White B. and Schroeder, W. (2009): Leaf gas exchange and water potential responses to drought in nine poplar (*Populus* spp.) clones with contrasting drought tolerance, *Trees*, 23, 5:959-969.
160. Simakov, V. N. (1957): Application of phenylanthranilic acid in determining humus, the method of Tyurin. *Почвоведение* 8: 72-73.
161. Smith, G., Wareing, F. (1972): The distribution of latent root primordia in stems of *Populus x robusta* and factors affecting the emergence of preformed roots from cuttings. *Forestry*: 45:197-209.

162. Soó, R. (1970): A Magyar flóra és vegetáció endszertani-növény földrajzi kézikönyve IV. Akadémiai Kiadó, Budapest.
163. Spence, RD., Wu, H., Sharpe, PJH., Clark, KG. (1986): Water stress effects on guard cell anatomy and the mechanical advantage of the epidermal cells. *Plant Cell Environ* 9: 197–202.
164. Stanković, N., Petrović, M., Krstić, B., Erić, N. (2006): Fiziologija biljaka. Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju, Novi Sad.
165. Stevanović, B., Janković, M. (2001): Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka, NNK international, str.514.
166. Stirling, B. Yang, ZK, Gunter, LE., Tuscan, GA., Bradshaw, HD. (2003): Comparative sequence analysis between orthologous regions of the Arabidopsis and Populus genomes reveals substantial synteny and microcollinearity. *Can J For Res* 33:2245-2251.
167. Stojiljković, D., Nešković-Zdravić, V. (2004): Vremenska i prostorna raspodela padavina u Vojvodini. u: Savetovanje: Poljoprivreda između suša i poplava, Novi Sad, str. 8-12
168. Sun, P., Jia, H., Zhang, Y., Li, J., Lu, M., Hu, J. (2019): Deciphering genetic architecture of adventitious root and related shoot traits in Populus using QTL mapping and RNA-Seq data. *International Journal of Molecular Sciences*. 20 (24):6114.
169. Taiz, L., Zeiger, E. (2006): *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc, Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA, p.764.
170. Tatić B., Petković B. (1998): Morfologija biljaka. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
171. Taylor, G. (2002): Populus: Arabidopsis for forestry. Do we need a model tree? *Ann. Bot.* 90:681-689.
172. Taylor, G., Tricker, P.J., Zhang, F.Z., Alston, V.J., Miglietta, F., Kuzminsky, E. (2003): Spatial and temporal effects of free-air CO₂ enrichment (POPFACE) on leaf growth, cell expansion, and cell production in a closed canopy of poplar. *Plant Physiol.* 131 (1):177-183.
173. TIBCO 2017. Software Inc. Statistica (data analysis software system), version 13.
174. Ticha, I. 1982. Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves.7. Stomata density and sizes. *Photosynthetica*, 16: 375-471.
175. Tissue, D.T., Thomas, R.B., Strain, B.R. (1997): Atmospheric CO₂ enrichment increases growth and photosynthesis of *Pinus taeda*: a 4 year experiment in the field. *Plant, Cell and Environment* 20 (9): 1123–1134.
176. Tominaga, J., Shimado, H., Kawamitsu, Y. (2018): Direct measurement of intercellular CO₂ concentration in a gas-exchange system resolves overestimation using the standard method. *J.Exp.Bot.* 69(8):1981-1991.
177. Topić, M., Borišev, M., Orlović, S., Tomičić, M., Župunski M., Nikolić, N., Pajević, S., Krstić, B., Pilipović A. (2013): Clonal differences of black poplar cuttings for morpho-physiological and biochemical responses to soil water deficits. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(6). 1725-1732.
178. Tsarev, A.P. (2005) Natural poplar and willow ecosystems on a grand scale: the Russian Federation. *Unasylva*, 56:10–11.
179. Tuskan, GA. (2003): Limits of Drought Tolerance in Populus. US Department of Energy (DOE), Office of Fuels Development through Oak Ridge National Laboratory. http://bioenergy.ornl.gov/doeofd/96_97summaries/woodz.html
180. Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Valentine D. H., Walters S. M., Webb D. A. (1964): *Flora Europaea*. Vol 1. Lycopodiaceae to Platanaceae. Cambridge University Press.

181. Uotila, P. (2011): Salicaceae. – In: Euro+MedPlantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Euro+Med (2006-): Euro+MedPlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Published on the Internet <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/> [accessed 29.10.2019.].
182. Vose, J.M., Swank, W.T., Harvey, G.J., Clinton B.D. and Sobek, C. (2000): Leaf Water Relations and Sapflow in Eastern Cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) Trees Planted for Phytoremediation of a Groundwater Pollutant, *International Journal of Phytoremediation* 2, 1:53-73.
183. Vuksanović, V. (2019): Tolerantnost selekcija bele topole prema abiotičkim činiocima u uslovima *in vitro*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, str. 156.
184. Vuksanović, V., Kovačević, B., Orlović, S., Kebert, M., Kovač, M. (2019): The Influence of Drought on Growth and Development of White Poplar Shoots *In Vitro*, *Poplar* 203, 13-18.
185. Vuksanović, V., Kovačević, B., Kebert, M., Katanić, M., Pavlović, L., Kesić, L., Orlović, S. (2019): Clone specificity of white poplar (*Populus alba* L.) acidity tolerance *in vitro*. *Fresenius Environmental Bulletin*;28 (11):8307-8313.
186. Vuksanović, V., Kovačević, B., Orlović, S., Kebert, M., Katanić, M. (2016): Uticaj pH vrednosti podloge za ožiljavanje na rast i razvoj izbojaka belih topola u kulturi *in vitro*. *Topola/Poplar* 197/198: 51-63.
187. Vuksanović, V., Kovačević, B., Orlović, S., Miladinović, D., Kebert, M., Katanić, M. (2017): Promene pH vrednosti podloge prilikom mikropropagacije bele topole. *Topola/Poplar* 199/200: 153-165.
188. Wolf, L. (1954): Mikroskopická tehniká. Optická I elektronová pro biologické účely, Státnizdravotnické nakladatelství, Praha, 656.
189. Wong, S.C., Cowan, I.R., Farquhar, G.D. (1979): Stomatal conductance correlates with photosynthetic capacity. *Nature* 282: 424–426.
190. Wright, W. (1976): *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, New York, 463 p.
191. Xu D.Q., Shen Y.G. (2005): External and internal factors responsible for midday depression of photosynthesis. In *Handbook of Photosynthesis*, Ed. M. Pessarakli. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.287–294.
192. Yin X, Wang J, Duan Z, Wen J, Wang H. (2006): Study on the stomatal density and daily change rule of the wheat. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 22:237–242.
193. Zalesny R.S., Riemenschneider D.E., Hall R.B. (2005): Early Rooting of Dormant Hardwood Cuttings of Populus: Analysis of Quantitative Genetics and Genotype × Environment Interactions. *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 918-929.
194. Zerche S, Druege U. (2009): Nitrogen content determines adventitious rooting in *Euphorbia pulcherrima* under adequate light independently of pre-rooting carbohydrate depletion of cuttings. *Sci. Hortic.* 121:340–47
195. Zhang B, Tong C, Yin T, Zhang X, Zhuge Q, Huang M, Wang M, Wu R. (2009): Detection of quantitative trait loci influencing growth trajectories of adventitious roots in Populus using functional mapping. *Tree Genetics & Genomes*. 5(3):539-552.
196. Zhang, X., Zang, R., Li, C. (2004): Population differences in physiological and morphological adaptations of *Populus davidiana* seedlings in response to progressive drought stress. *Plant Sci.* Vol. 166:791-797.
197. Zhao X, Zheng H, Li S, Yang C, Jiang J, Liu G. (2014): The rooting of poplar cuttings: a review. *New Forests* 45:21-34.

198. Zhenzhu, X., Gaungsheng, Z. (2008): Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany* 59 (12): 3317–3325.
199. Živković, B., Nejgebauer, V., Tanasijević, Đ., Miljković, N., Stojković, L., Drezgić, P. (1972): *Zemljišta Vojvodine*. Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad.
200. Žufa, L. (1961): *Rasadnici topola*, Šumarstvo, Beograd, p.101.

Internet izvori:

<http://www.euforgen.org/species/>

<http://www.euforgen.org/species/populus-alba/>

http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/stanica_sr.php?moss_id=13168

http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski%20godisnjak%201%20-%20klimatoloski%20podaci%20-%202016.pdf

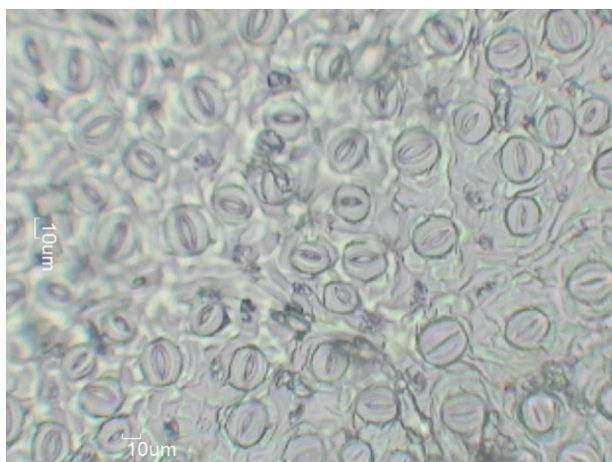
http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski%20godisnjak%201%20-%20klimatoloski%20podaci%20-%202017.pdf

<https://www.google.com/maps/place/KA%C4%86/@45.2935745,19.9054171,6304m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x475b1991ccdf64c5:0xa8d67649d98d0367!8m2!3d45.2992966!4d19.9412511?hl=sr>

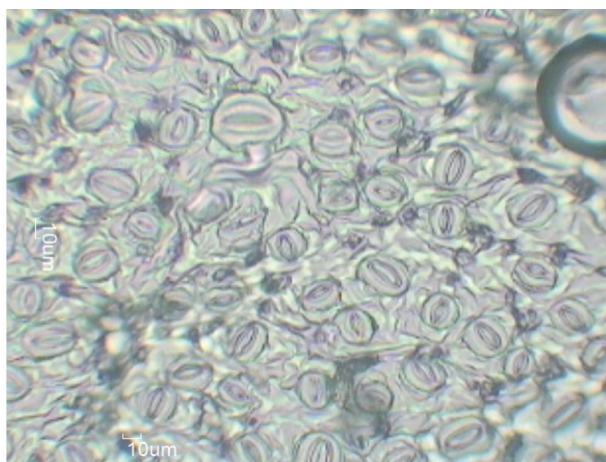
<http://www.sthda.com/english/rpkgs/factoextra>

PRILOZI

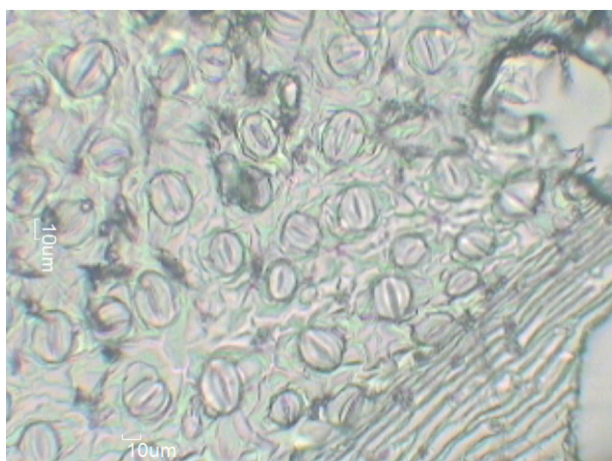
Prilog 1. Mikrofotografija otiska abaksijalnog epidermisa lista *Populus alba* genotip 57/58 pri različitim tretmanima (foto: D. Igić)



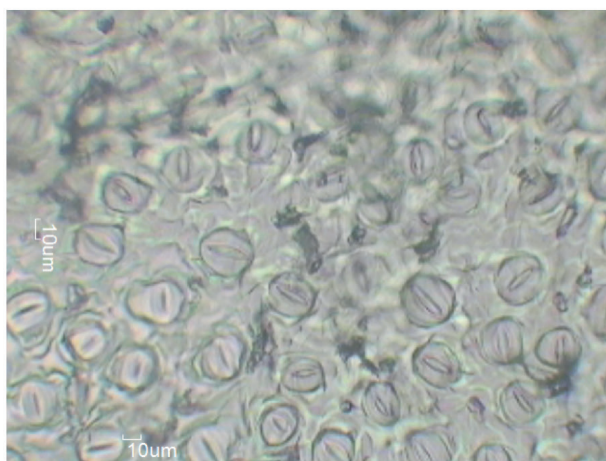
KONTROLA



KONTROLA+UREA

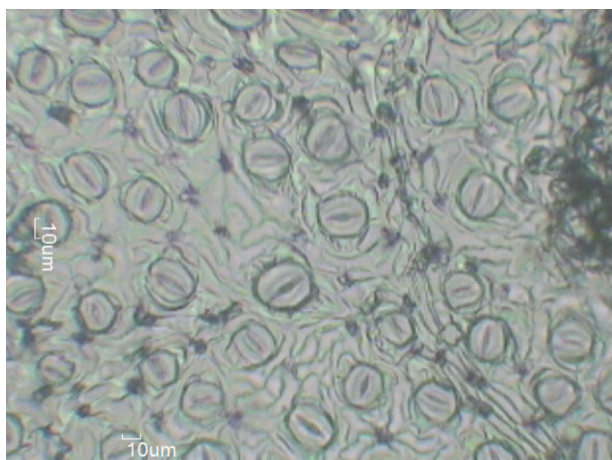


0.6%IBA

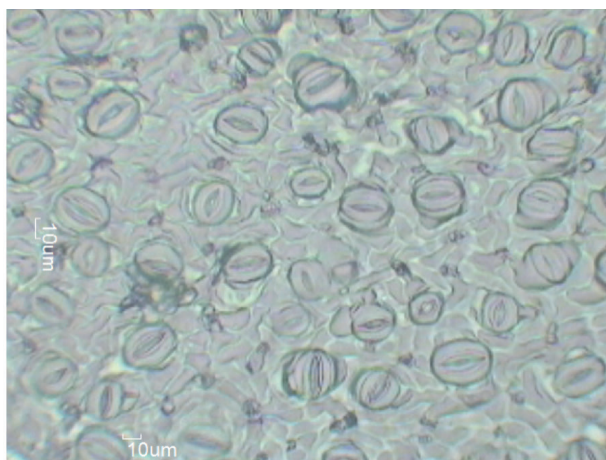


2%IBA

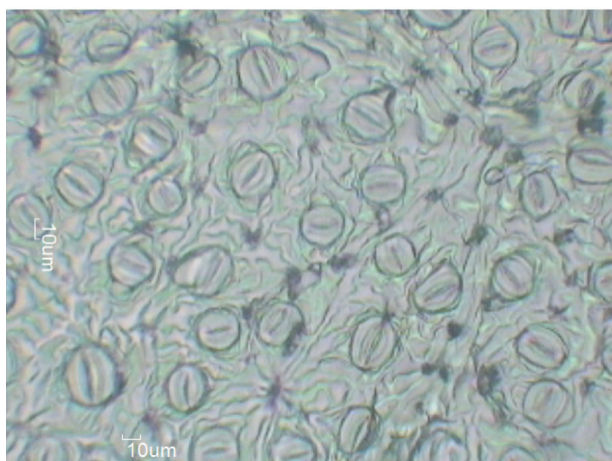
Prilog 2. Mikrofotografija otiska abaksijalnog epidermisa lista *Populus alba* genotip L12 pri različitim tretmanima (foto: D. Igić)



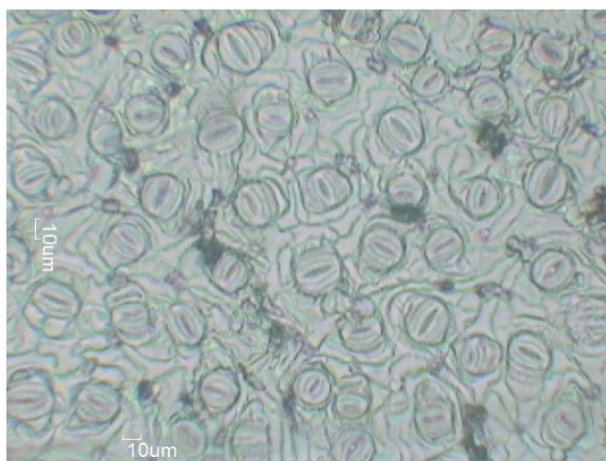
KONTROLA



KONTROLA+UREA

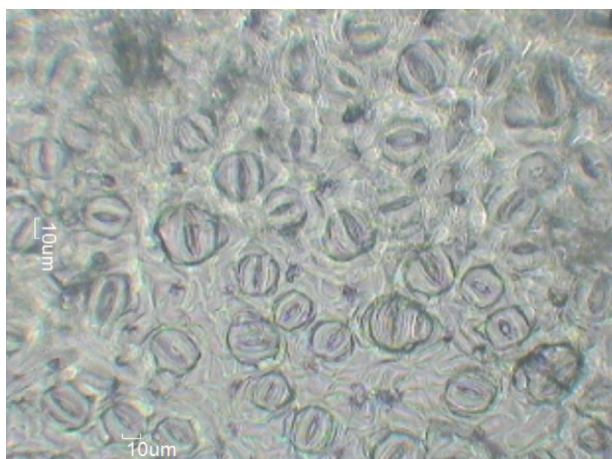


0.6%IBA

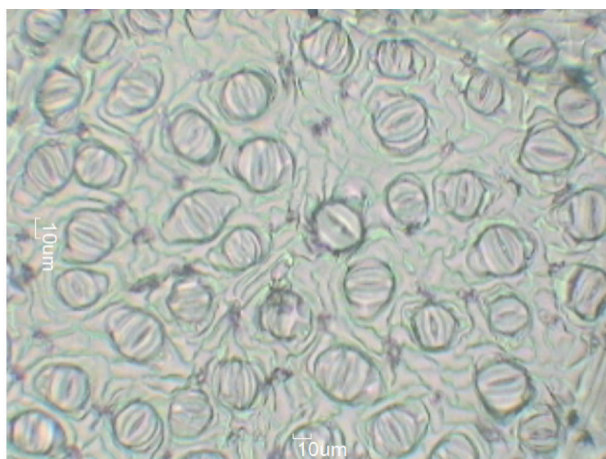


2%IBA

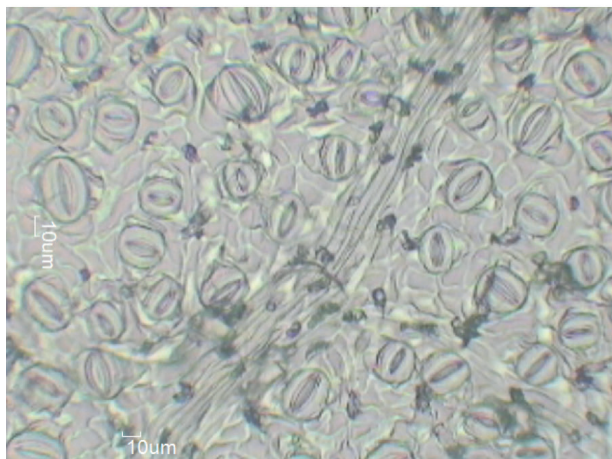
Prilog 3. Mikrofotografija otiska abaksijalnog epidermisa lista *Populus alba* genotip L80 pri različitim tretmanima (foto: D. Igić)



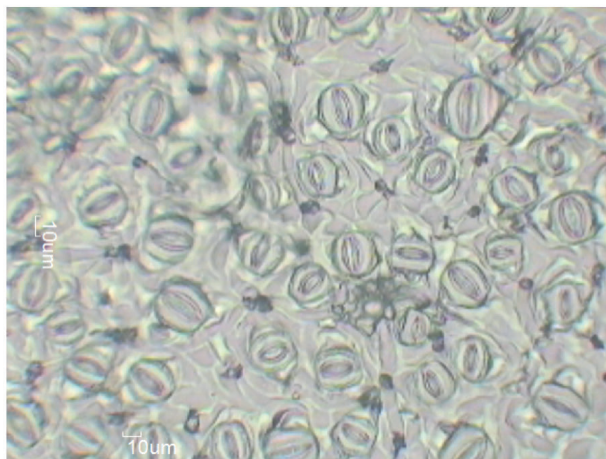
KONTROLA



KONTROLA+UREA

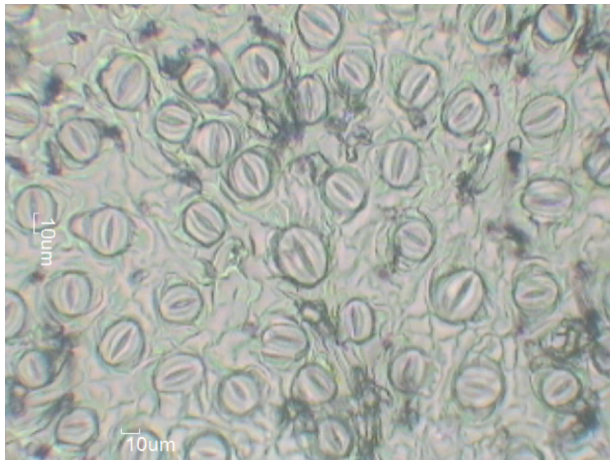


0.6%IBA

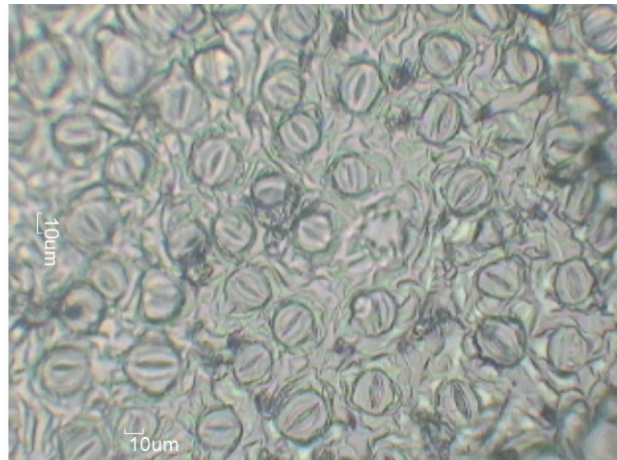


2%IBA

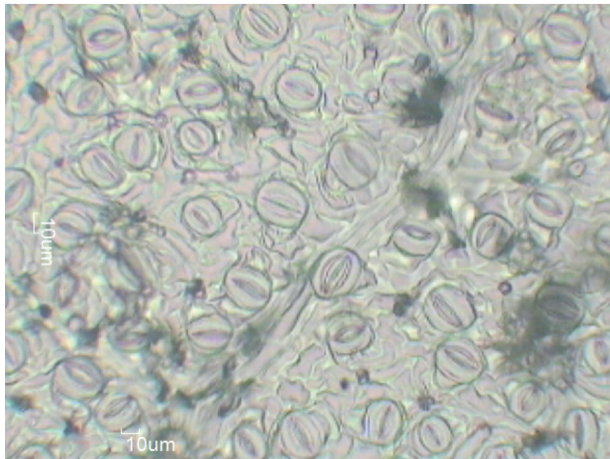
Prilog 4. Mikrofotografija otiska abaksijalnog epidermisa lista *Populus alba* genotip L100 pri različitim tretmanima (foto: D. Igić)



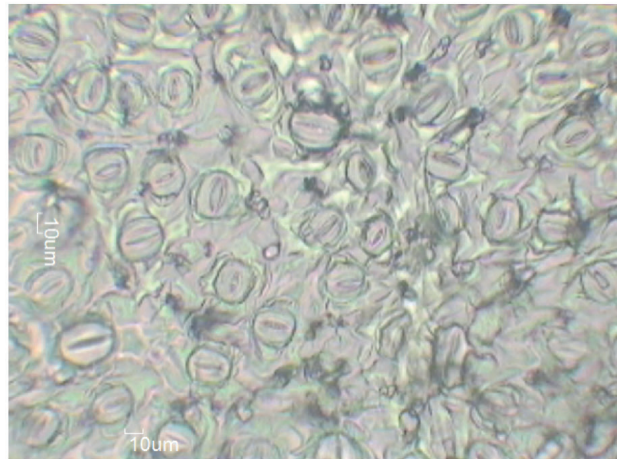
KONTROLA



KONTROLA+UREA



0.6%IBA



2%IBA

Prilog 5. Poprečni presek lista *Populus alba* genotip 57/58 pri različitim tretmanima
(foto: D. Igić)



KONTROLA



KONTROLA+UREA

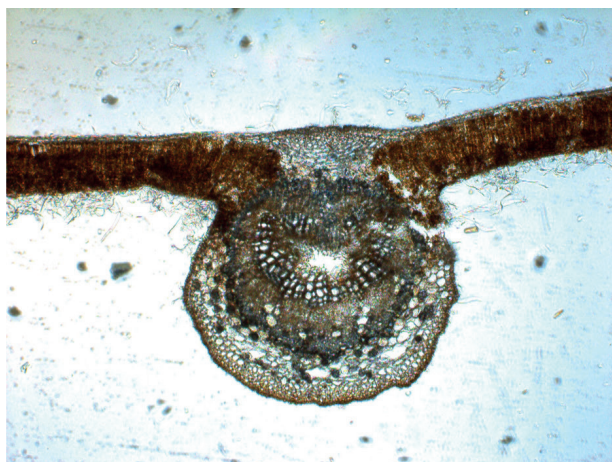


0.6%IBA



2%IBA

Prilog 6. Poprečni presek lista *Populus alba* genotip L12 pri različitim tretmanima (foto: D. Igić)



KONTROLA



KONTROLA+UREA



0.6%IBA

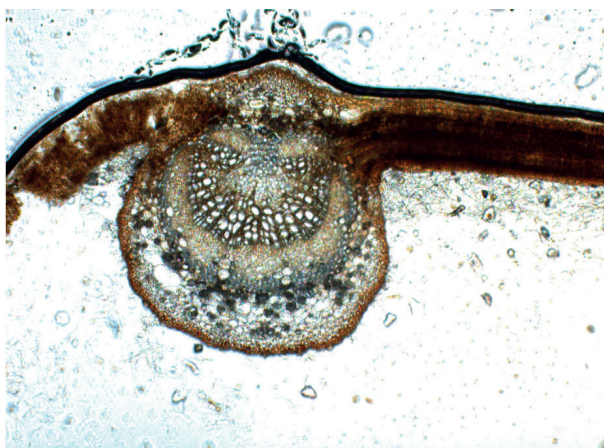


2%IBA

Prilog 7. Poprečni presek lista *Populus alba* genotip L80 pri različitim tretmanima (foto: D. Igić)



KONTROLA



KONTROLA+UREA



0.6%IBA



2%IBA

Prilog 8. Poprečni presek lista *Populus alba* genotip L100 pri različitim tretmanima (foto: D. Igić)



KONTROLA



KONTROLA+UREA



0.6%IBA



2%IBA

BIOGRAFIJA AUTORA

Dušan Igić, master inženjer šumarstva, rođen je 29.09.1985. godine u Novom Sadu, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju "Isidora Sekulić". Na Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu se upisuje 2004. godine. Diplomski rad pod naslovom "Uticaj vazdušnih polutanata gradske sredine na anatomsku građu četine crnog bora (*Pinus nigra* J.F. Arnold 1785)", odbranio je 2011. godine. Iste godine upisuje master studije na Katedri za semenarstvo, rasadničarstvo i pošumljavanje na Šumarskom fakultetu, koje završava 2013. godine odbranom master rada pod naslovom "Invazivne biljne vrste u šumskim zajednicama Koviljskog rita". Nakon toga upisuje doktorske studije na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Položio je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom doktorskih studija.

Rezultate dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada publikovao je kao autor i koautor u domaćim i međunarodnim naučnim časopisima. Objavio je dva rada iz kategorije M23, dva rada iz kategorije M51. Učestvovao je na dva naučna skupa sa tri saopštenja i to dva M34 i jedan M64. Služi se engleskim jezikom, odlično poznaje rad na računaru.

Od 2011. godine zaposlen je u JP "Vojvodinašume" ŠG "Novi Sad". Od 2015. godine je na poziciji šefa Šumske uprave "Kovilj".

Poseduje licencu za stručne poslove u gazdovanju šumama. Član je stručnog odbora Komore inženjera šumarstva Srbije i član komisije za polaganje licence.

Oženjen je i otac troje dece.

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora Dušan Igić

Broj indeksa: 17/2013

Izjavljujem

Da je doktorska disertacija pod naslovom

ANATOMSKO-FIZIOLOŠKI POKAZATELJI OŽILJENICA RAZLIČITIH
GENOTIPOVA BELE TOPOLE (*Populus alba* L.)

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Dušan Igić

Broj indeksa: 17/2013

Studijski program: modul – Šumarstvo

podmodul M1.1 - Semenarstvo, rasadničarstvo i pošumljavanje

Naslov rada

ANATOMSKO-FIZIOLOŠKI POKAZATELJI OŽILJENICA RAZLIČITIH GENOTIPOVA BELE
TOPOLE (*Populus alba* L.)

Mentori: dr Dragica Vilotić, redovni profesor Šumarski fakultet,

Univerzitet u Beogradu

dr Milan Borišev, vanredni profesor Prirodno-matematički fakultet,

Univerzitet u Novom Sadu

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam
predao/la radi pohranjena u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka,
kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom
katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

ANATOMSKO-FIZIOLOŠKI POKAZATELJI OŽILJENICA RAZLIČITIH GENOTIPOVA BELE TOPOLE (*Populus alba* L.)

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje. Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.

Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis autora

U Beogradu, _____

1. Autorstvo. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. Autorstvo – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.