

UDK: 630*228.7:582.681.81

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**EFEKAT PRIMENE PRAŠKASTIH FORMULACIJA SA KOBALT HLORIDOM
I INDOLBUTERNOM KISELINOM NA OŽILJAVANJE DRVENASTIH
REZNICA BELE TOPOLE**

Branislav Kovačević¹, Saša Orlović¹, Predrag Pap¹, Marina Katanić¹, Slađana Dabić²

Izvod: Problemi u prijemu drvenastih reznica domaće bele topole su jedan od ključnih razloga usporenog pošumljavanja ovom vrstom. Jedan od načina stimulacije ožiljavanja reznica bele topole je i tretman regulatorima rasta biljaka, većinom onih sa auksinskim dejstvom. U ovom radu dati su rezultati eksperimentalne primene praškastih formulacija indolbuterne kiseline (auksin) i kobalt hlorida (inhibitor delovanja etilena) u uslovima rasadničke proizvodnje. Pored efekta ispitivanih praškastih formulacija, ispitan je i efekat razlike među genotipovima (*Populus alba* cl. Villafranca i cl. L-12), a za genotip Villafranca i uticaj lokaliteta tri ispitivana rasadnika. Dobijeni rezultati ukazuju na povoljan efekat uključivanja kobalt hlorida u formulacije namenjene stimulaciji ožiljavanja reznica belih topola, kao i razlike u reakciji genotipova na ispitivane formulacije. Nakon tretmana reznica sa kombinovanom formulacijom 100 µM CoCl₂·6H₂O i 0,6% indolbuterne kiseline kod genotipa Villafranca je pored pozitivnog efekta na preživljavane reznica ostvaren je i pozitivan efekat na visinu biljka na kraju vegetacionog perioda, pa je ostvaren značajno viši udeo biljka koje odgovaraju standardima za sadni materijal u odnosu na kontrolu (50-100% viši u zavisnosti od rasadnika). Navedeni rezultati ukazuju na značajan potencijal primene kobalt hlorida u rasadničkoj proizvodnji bele topole.

Ključne reči: *Populus alba*, genotip, auksin, etilen, ožiljenice

**THE EFFECT OF APPLICATION OF COBALT CHLORIDE AND INDOLBUTIRIC ACID
POWDER FORMULATIONS ON ROOTING OF WHITE POPLAR HARDWOOD
CUTTINGS**

Abstract: *One of the main cause of relatively slow afforestation with white poplar are problems in rooting of its hardwood cuttings. One way of stimulation of white poplar cuttings' rooting is treatment with appropriate plant growth regulators, mainly those with auxin effect. In this work the results of the experimental application of powder formulations with indolbutiric acid (auxin) and cobalt chloride (ethylene action inhibitor) in nursery conditions are presented. Beside effect*

¹ Dr Branislav Kovačević viši naučni saradnik, prof. dr Saša Orlović naučni savetnik, dr Predrag Pap naučni saradnik, dr Marina Katanić naučni saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

² Dipl. inž. Slađana Dabić, JP "Vojvodinašume", Preradovićeva 2, 21131 Petrovaradin

of examined powder formulations, the effect of differences between genotypes (Populus alba cl. Villafranca and cl. L-12) was examined, as well as, for genotype Villafranca, the effect of differences between three nurseries. Obtained results suggest the positive effect of implementation of cobalt chloride in formulations dedicated to the stimulation of white poplar cuttings' rooting, as well as on differences between genotypes in their reaction on examined formulations. After the treatment of cuttings of Villafranca with combined formulation with 100 µM CoCl₂·6H₂O and 0.6% indolbutiric acid, beside positive effect on cuttings survival, the positive effect on the rooted cutting height was achieved as well, resulting in significantly higher partition of plants appropriate for planting than in control (50-100% higher, depending on nursery). Presented results suggest the significant potential in the implementation of cobalt chloride in white poplar nursery production.

Key words: *Populus alba, genotype, auxin, ethylene, rooted cuttings*

UVOD

Bela topola (*Populus alba* L.) je drvenastana vrsta koja je interesantna za proizvodnju drveta, pogotovo na marginalnim zemljištima (Redei et al., 2013). Značajna je u pejzažnoj arhitekturi i hortikulturi, pogotovo genotipovi uspravnog debla (Eggens et al., 1972; Kovacevic et al., 2010b), a ispituje se i mogućnost njihovog korišćenja u projektima fitoremedijacije (Kovacevic et al., 2013).

Važna osobina u oplemenjivanju drvenastih vrsta je mogućnosti vegetativne propagacije superiornih genotipova. Ožiljavanje drvenastih reznica je omogućila izuzetno dobre rezultate u unapređenju gajenja crnih topola. Zahvaljujući postojanju prethodno formiranih primordija u primarnoj kori drvenaste reznice crnih topola se ožiljavaju sa odličnim uspehom (Smit i Wareing, 1972). Kod belih topola sekcije *Leuce*, retki su genotipovi koje karakteriše uspešno formiranje korenova iz primordija primarne kore reznice. Zato je ovo jedan od značajnih zahteva prilikom oplemenjivanja bele topole, dok se tehnologija rasadničke proizvodnje intenzivira kako bi se dodatno postaklo formiranje i aktivacija ovakvih primordija (Kovacevic et al., 2010a). Aktivacija primordija je kompleksan proces koji zavisi od mnogih faktora rasadničke proizvodnje: razlike među genotipovima, vremena izrade i sadnje reznica, veličine reznice, načina skladištenja, pozicije reznice na izbojku, starosti izbojka i dr. (Fege, 1983; Pregitzer i Friend, 1996; Kovacevic, 2003; Kovacevic et al., 2008, 2009).

Jasna veza između ranih faza formiranja korenovog sistema i preživljavanja i rasta ožiljenice je potvrđena mnogim studijama. One ukazuju da poremećeni balans u razvoju korenovog sistema i izbojka ožiljenice može da negativno da utiče na vodni status, fotosintezu i rast lista i ožiljenice, pa i da dovede do delimičnog ili potpunog propadanja ožiljenice (Tschaplinski i Blake, 1989; Rhodenbaugh i Pallardy, 1993; Zalesny et al., 2005; Kovacevic et al., 2009). Prema Kovacevic et al., (2009) prvih 80 dana nakon sadnje reznica su ključni za njihovo preživljavanje.

Auksini su neophodni za uspešno ožiljavanje reznica i na njima je zasnovana većina preparata za stimulaciju ožiljavanja. Eggens et al., (1972) su kod reznica

Populus alba var. *bolleana* uočili pozitivan efekat indolbuterne kiseline na formiranje korenova, ali i pojavu nekroze donjeg dela renice, koja je bila naročito izražena u kasnim rokovima izrade reznica. Prema Wen-Quan i Bassuk, (1993), sinteza etilena je povećana u reznicama ruže u prisustvu povećane količine auksina. Mensuali-Sodi et al., (1995) ukazuju da etilen može da podstakne ožiljavanje, ali u uskom rasponu koncentracije. Ma et al., (1998) su dobili izvestan pozitivan efekat kobalt hlorida na ožiljavanje izbojaka jabuke u kulturi *in vitro* i zaključili da je ovaj efekat verovatno u vezi sa smanjenjem efekta etilena. Naime, poznato je da joni kobalta inhibiraju aktivnost 1-aminociklopropan 1-karboksilne oksidaze (ACC), jednog od ključnih enzima u sintezi etilena (Lau i Yang, 1976). U cilju ublažavanja efekta etilena Kovacevic et al., (2012) su primenili kobalt hlorid folijarnim putem kod ožiljenih reznica genotipova američke crne topole neposredno nakon pojave izbojaka i zaključili da je ovaj tretman u stanju da poveća broj korenova i unapredi ožiljavanje. Međutim, oni smatraju da značaj akumulacije etilena i efekat korišćenja inhibitora etilena na ožiljavanje reznica topola nije u dovoljnoj meri istražen.

Cilj ovog rad je da se u uslovima rasadničke proizvodnje tri rasadnika ispita efekat kobalt hlorida i indolbuterne kiseline, primenjenih u formulacijama u praškastoj formi, na prijem drvenastih reznica i rast ožiljenih reznica dva genotipa bele topole *Populus alba* cl. Villafranca i L-12.

MATERIJAL I METOD

Tokom meseca aprila 2014. postavljeni su rasadnički ogledi radi ispitivanja značaja uticaja kobalta i indolbuterne kiseline na ožiljavanje drvenastih reznica bele topole. Ogledi su postavljeni u rasadnicima JP „Vojvodinašume“: „Hrastovača“, kod Subotice, „Čelarevo“, kod Bačke Palanke i „Ratno ostrvo“ kod Novog Sada. Reznice su bile tretirane neposredno pre sadnje, sledećim praškastim formulacijama:

- o - kontrola
- co - 100 μM $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- io - 0,6% indolbuterna kiselina
- ci - 100 μM $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ i 0,6% indolbuterna kiselina.

Ogledi su postavljeni sa genotipom bele topole *Populus alba* cl. Villafranca, a u ogled u rasadniku Hrastovača je uključen i genotip *Populus alba* cl. L-12. Sve rasadnike karakteriše zemljište peskovitog mehaničkog sastava. U rasadniku „Hrastovača“ je vršeno navodnjavanje po potrebi.

U rasadniku „Hrastovača“ je postavljen i ogled u kome su navedeni tretmani ispitani i na genotipu *Populus alba* cv. L-12. U ovom ogledu su pored preživljavanja u mesecu julu (SURV(%)), početkom vegetacionog perioda ispitano i: udeo reznica koje su dale vitalan izbojaka u maju (VIT05(%)), udeo razlike u broju reznica sa vitalnim izbojkom od maja do jula u odnosu na broj vitalnih ožiljenica u julu (MORTr(%)); razlika u broju reznica sa vitalnim izbojkom od nicanja (maj) do merenja u julu (MORT(%)), procenat reznica koje su dale ožiljenice više od 100 cm (SURV100(%)).

Po isteku vegetacionog perioda (sredinom novembra 2014.) u svim ogledima su ispitana sledeća svojstva: visina biljaka (cm), preživljavanje (%) tj. udeo formiranih biljaka u broju posađenih reznica i udeo sadnica (biljaka viših od 220 cm) u broju posađenih reznica (%).

Ogledi su postavljeni po slučajnom rasporedu i sa nejednakim brojem ponavljanja (2-8). Za statističku obradu podataka korišćena je analiza varijanse za nejednake uzorke i odgovarajući test najmanje značajne razlike, korišćenjem programskog paketa STATISTICA 12 (StatSoft Inc., 2013).

REZULTATI I DISKUSIJA

Prijem reznica u prolećnom delu vegetacionog perioda i razlike među genotipovima

U rasadniku „Hrastovača“ postavljen je ogled u koji su bila uključena dva genotipa: L-12 i Villafranca, pri čemu je detaljnije ispitan prijem reznica u prvom delu vegetacionog perioda. Razlike među genotipovima nisu bile značajne u udelu reznica koje su dale vitalan izbojak u mesecu maju (VIT05). Do meseca jula L-12 je ostvario nominalno, ali ne i statistički značajano slabiji prijem u odnosu na genotip Villafranca. Svojstva koja opisuju propadanje reznica između dva merenja (MORT_r i MORT), međutim, ukazuju da je genotip L-12 pretrpeo statistički značajan gubitak reznica u ovom periodu tj. 20% od reznica koje su u maju imale vitalan izbojak je dodatno propalo do jula. Ovaj pokazatelj je u direktnoj vezi sa mogućnošću reznice da prevlada debalans u razvoju korenovog sistema i izbojka, što je karakteristika genotipova koji se slabije ožiljavaju (Kovacevic et al., 2009). Takođe je iz podataka jasno da razlika u preživljavanja reznica između dva ispitivana genotipa se formira baš u ovom periodu. Kod genotipa Villafranca je primećeno da je značajan uticaj na ublažavanje ovog efekta ostvaren nakon tretmana **io** (Tabela 1).

U istom ogledu ispitano je i svojstvo procenat reznica koje su dale izbojke više od 100 cm do dana merenja (08.07.2014.). Za razliku od klona L-12, klon Villafranca je dao skoro 18% ožiljenica viših od 100 cm. Kod oba genotipa tretman **co** (100 μM CoCl₂·6H₂O) je dao jasno najviši procenat ovakvih ožiljenica, a kod genotipa Villafranca razlika u odnosu na kontrolu bila i statistički značajna. Ovaj rezultat ukazuje da tretman **co** pored pozitivnog efekta na ožiljavanje ostvaruje i pozitivan efekat na porast ožiljnice. I pored pozitivnog efekata na ožiljavanje, efekat **io** (0,6% indolbuterna kiselina) na ovo svojstvo ne samo da nije statistički značajno, već je i nominalno na nivou rezultata koji je ostvarila kontrola. Takođe, iako nije zabeležena razlika ispitivanih svojstava za **ci** u odnosu na kontrolu i tretmane koji su dali najbolje rezultate, kod oba genotipa je primetno da je propadanje reznica nakon nicanja bilo nominalno bliže kontroli, a udeo biljaka viših od 100 cm u julu bliže najboljem rezultatu, inače postignutom nakon tretmana **co**. Ova pojava je interesantna, ali bi morala da bude potvrđena novim ogledom.

Razlike u udelu preživelih ožiljenica do kraja vegetacionog perioda su odražavale odnose formirane tokom prolešnjeg dela vegetacionog perioda, potvrđujući rezultate Kovacevic et al., (2009) da je prvih 80 dana ključno za preživljavanje reznica topola. Pored jasne nominalne razlike, razlike u preživljavanju se nisu pokazale statistički značajnim, ali su ožiljenice genotipa L-12 bile značajno niže od ožiljenica genotipa Villafranca. Ova pojava je direktno doprinela da je udeo sadnica (biljke više od 220 cm) bio značajno viši kod genotipa Villafranca (Tabela 2).

Tabela 1. Test najmanje značajne razlike za svojstva ispitana u prolećnom delu vegetacionog perioda u rasadniku "Hrastovača" kod klonova bele topole L-12 i Villafranca

Table 1. Least significant difference test for the characters examined in the spring part of growing season in nursery „Hrastovača“ in L-12 and Villafranca clones of white poplar

Genotip Genotype	Tretman ²⁾ Treatment	VIT05(%) ¹⁾	SURV(%)	MORTr(%)	MORT(%)	SURV100(%)
L-12	ci	73,19 ^{a3)}	54,03 ^a	23,42 ^a	17,26 ^a	6,75 ^{bcd}
L-12	co	73,91 ^a	60,23 ^a	18,54 ^a	13,32 ^a	9,19 ^{bcd}
L-12	io	83,11 ^a	68,27 ^a	17,82 ^{ab}	14,64 ^a	0,30 ^{cd}
L-12	o	70,21 ^a	54,71 ^a	22,04 ^a	15,25 ^a	0,27 ^d
Villafranca	ci	75,06 ^a	71,13 ^a	5,06 ^{abc}	3,74 ^{ab}	24,75 ^{ab}
Villafranca	co	76,48 ^a	75,38 ^a	0,42 ^{bc}	2,04 ^b	34,44 ^a
Villafranca	io	70,50 ^a	71,94 ^a	-0,04 ^c	0,50 ^b	19,67 ^{ab}
Villafranca	o	77,70 ^a	69,06 ^a	9,33 ^{ab}	6,96 ^{ab}	10,52 ^{bc}
L-12		74,65 ^a	59,00 ^a	20,38 ^a	14,92 ^a	2,92 ^b
Villafranca		75,53 ^a	71,34 ^a	3,15 ^b	3,52 ^b	19,20 ^a
	ci	74,13 ^a	62,78 ^a	12,81 ^a	9,40 ^a	14,58 ^{ab}
	co	74,95 ^a	66,51 ^a	8,35 ^a	7,72 ^a	17,81 ^a
	io	77,11 ^a	70,12 ^a	4,24 ^a	5,28 ^a	6,47 ^{ab}
	o	74,58 ^a	63,04 ^a	14,23 ^a	10,17 ^a	4,39 ^b

¹⁾ - Oznake svojstava: VIT05 - udeo reznica koje su dale vitalan izbojaka u maju; SURV - preživljavanje do jula; MORTr - udeo razlike u broju reznica sa vitalnim izbojkom od maja do jula u odnosu na broj vitalnih ožiljenica u julu; MORT - razlika u broju reznica sa vitalnim izbojkom od nicanja (maj) do merenja u julu, SURV100 - procenat reznica koje su dale ožiljenice više od 100 cm u julu.

²⁾ - Oznake tretmana: **o** - kontrola, **co** - 100 μM $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, **io** - 0,6% indolbuterna kiselina, **ci** - 100 μM $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ i 0,6% indolbuterna kiselina.

³⁾ - Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou $\alpha=0,05$ tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

¹⁾ - Character labels: VIT05 - partition of cuttings with vital shoot in May; SURV - cutting survival till July; MORTr - partition of difference between number of cuttings with vital shoot in May and July related to number of cuttings with vital shoot in July; MORT - difference between number of cuttings with vital shoot in May and July, SURV100 - percent of cuttings with shoot higher than 100 cm in July.

²⁾ - Treatment labels: **o** - control, **co** - 100 μM $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, **io** - 0,6% indolbutiric acid, **ci** - 100 μM $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and 0,6% indolbutiric acid.

³⁾ - The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level $\alpha=0,05$ i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

U totalu, značajan efekat primenjenih tretmana je ostvaren samo u slučaju visine ožiljenice, gde su tretmani **ci** i **co** ostvarili značajno veće visine u odnosu na kontrolu, dok je unutar genotipova, značajno više sadnice u odnosu na kontrolu ostvoren tretmanom **ci** kod genotipa Villafranca. Uprkos činjenici da razlike nisu bile statistički značajne, treba naglasiti da su nakon tretmana **co** kod genotipa L-12, kao i nakon tretmana **ci** kod genotipa Villafranca ostvaren skoro dvostruko viši udeo sadnica u ukupnom broju posađenih reznica u odnosu na kontrolu. Ovo je interesantan rezultat, ali bi morao da bude proveren budućim istraživanjima. On ukazuje na mogućnost različite reakcije genotipova prema ispitivnim tretmanima, ali i značaj uvođenja kobalt hlorida kao aktivne materije u formulacijama namenjenim stimulaciji ožiljavanja reznica belih topola.

Tabela 2. Test najmanje značajne razlike za svojstva ispitana nakon vegetacionog perioda u rasadniku "Hrastovača" kod klonova bele topole L-12 i Villafranca

Table 2. Least significant difference test for examined characters at the end of vegetation period in „Hrastovača“ nursery in L-12 and Villafranca clones of white poplar

Genotip <i>Genotype</i>	Tretman ¹⁾ <i>Treatment</i>	Visina (cm) <i>Height (cm)</i>	Preživljavanje (%) <i>Survival (%)</i>	Udeo sadnica (%) <i>Plants' partition (%)</i>
L-12	ci	214,07 ^{bc 2)}	55,03 ^a	28,95 ^{ab}
L-12	co	232,61 ^{abc}	61,49 ^a	40,37 ^{ab}
L-12	io	194,13 ^c	69,22 ^a	24,94 ^b
L-12	o	201,44 ^c	54,71 ^a	22,00 ^b
Villafranca	ci	262,31 ^a	70,08 ^a	61,19 ^a
Villafranca	co	239,20 ^{abc}	75,38 ^a	48,99 ^{ab}
Villafranca	io	249,69 ^{ab}	71,94 ^a	47,99 ^{ab}
Villafranca	o	211,37 ^{bc}	67,85 ^a	34,08 ^{ab}
L-12		211,86 ^b	59,78 ^a	29,23 ^b
Villafranca		234,79 ^a	70,66 ^a	45,18 ^a
	ci	238,19 ^a	62,71 ^a	44,79 ^a
	co	235,25 ^a	67,24 ^a	43,80 ^a
	io	221,91 ^{ab}	70,59 ^a	36,06 ^a
	o	207,11 ^b	62,32 ^a	28,71 ^a

¹⁾ - Oznake tretmana: **o** - kontrola, **co** - 100 μM CoCl₂·6H₂O, **io** - 0,6% indolbuterna kiselina, **ci** - 100 μM CoCl₂·6H₂O i 0,6% indolbuterna kiselina.

²⁾ - Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou α=0,05 tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

¹⁾ - Treatment labels: **o** - control, **co** - 100 μM CoCl₂·6H₂O, **io** - 0,6% indolbutiric acid, **ci** - 100 μM CoCl₂·6H₂O and 0,6% indolbutiric acid.

²⁾ - The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level α=0,05 i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

Uticaj razlika među rasadnicima

Rezultati preživljavanja reznica u novembru ukazuju na jasne razlike među ispitivanim rasadnicima. Naime, najniže preživljavanje reznica u kontroli je ostvareno u rasadniku „Ratno ostrvo“ (20,96%), i „Čelarevo“ (24,46%), a najviše u rasadniku „Hrastovača“ (67,85%) (Tabela 3).

Tabela 3. Test najmanje značajne razlike za svojstva ispitana na kraju vegetacionog perioda kod genotipa *Populus alba* cv. Villafranca u ispitivanim rasadnicima

Table 3. Least significant difference test for characters examined at the end of growing season in genotype *Populus alba* cv. Villafranca in examined nurseries

Rasadnik <i>Nursery</i>	Tretman ¹⁾ <i>Treatment</i>	Visina (cm) <i>Height (cm)</i>	Preživljavanje (%) <i>Survival (%)</i>	Udeo sadnica (%) <i>Plants' partition (%)</i>
Čelarevo	co	237,069 ^{cd 2)}	49,546 ^{bcd}	31,848 ^{bc}
Čelarevo	ci	289,365 ^a	65,016 ^{ab}	55,256 ^a
Čelarevo	io	273,446 ^{ab}	58,828 ^{abc}	47,424 ^{ab}
Čelarevo	o	238,302 ^{cd}	39,958 ^d	24,464 ^c
Hrastovača	co	239,197 ^{bcd}	75,377 ^a	48,990 ^{abc}
Hrastovača	ci	262,314 ^{abc}	70,077 ^{abc}	61,193 ^a
Hrastovača	io	249,692 ^{abcd}	71,938 ^{ab}	47,994 ^{abc}
Hrastovača	o	211,368 ^d	67,848 ^{ab}	34,083 ^{abc}
Ratno ostrvo	co	227,727 ^{cd}	38,033 ^d	23,832 ^c
Ratno ostrvo	ci	235,808 ^{cd}	43,268 ^{cd}	31,886 ^{bc}
Ratno ostrvo	io	239,428 ^{cd}	32,273 ^d	22,193 ^c
Ratno ostrvo	o	233,547 ^{cd}	29,231 ^d	20,964 ^c
Čelarevo		259,546 ^a	53,388 ^b	39,409 ^a
Hrastovača		234,788 ^b	70,660 ^a	45,182 ^a
Ratno ostrvo		234,211 ^b	36,549 ^c	25,143 ^b
	co	233,832 ^b	48,569 ^{ab}	30,767 ^b
	ci	265,900 ^a	57,646 ^a	47,094 ^a
	io	257,720 ^a	50,481 ^{ab}	37,536 ^{ab}
	o	230,169 ^b	45,198 ^b	26,196 ^b

¹⁾ - Oznake tretmana: **o** - kontrola, **co** - 100 μM CoCl₂·6H₂O, **io** - 0,6% indolbuterna kiselina, **ci** - 100 μM CoCl₂·6H₂O i 0,6% indolbuterna kiselina.

²⁾ - Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou α=0,05 tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

¹⁾ - Treatment labels: **o** - control, **co** - 100 μM CoCl₂·6H₂O, **io** - 0,6% indolbutiric acid, **ci** - 100 μM CoCl₂·6H₂O and 0,6% indolbutiric acid.

²⁾ - The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level α=0,05 i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

Ovaj rezultat ukazuje na značaj uvođenja navodnjavanja u rasadničku proizvodnju bele topole. U totalu, rasadnik „Čelarevo“ je ostvario značajno bolje

preživljavanje u odnosu na rasadnik „Ratno ostrvo“ (53,39 prema 36,55%), prvenstveno zahvaljujući boljoj reakciji na ispitivane tretmane hormonskim preparatima. Bolje preživljavanje je verovatno pomognuto i blizinom podzemne vode, s obzirom da se rasadnik nalazi u zaštićenoj zoni, u neposrednoj blizini nasipa. U ovom slučaju treba istaći i da se prilikom postavke ogleđa u rasadniku „Čelarevo“ vodilo računa da on bude postavljen na ocednom mestu. Naime, ovaj rasadnik je već imao loše rezultate sa ožiljavanjem drvenastih reznica bele topole u depresijama. Iako ove depresije nisu bile značajno duboke, uzrokovale su zadržavanje vode što je veoma štetno delovalo na preživljavanje reznica.

U rasadniku „Čelarevo“ u totalu je ostvarena i najviša srednja visina biljka na kraju vegetacionog perioda, što je posebno bilo izraženo u tretmanima **ci** i **io**. Ova dva tretmana su u totalu imala značajno više sadnice od kontrole i **co** tretmana. I u ostala dva rasadnika su nakon tretmana **ci** i **io** dobijene najviše biljke, ali nije bilo statistički značajne razlike u odnosu na kontrolu i tretman **co**. Takođe, nije bilo značajnih razlika u visini biljaka između kontrola ispitivanih rasadnika. Variranja u visini biljaka među rasadnicima i tretmanima su u značajnoj meri doprinela variranju udela sadnica u broju posađenih reznica. Naime, zahvaljujući značajno većim ostvarenim visinama biljaka u rasadniku „Čelarevo“ je ostvaren udeo sadnica koji je bio skoro na nivou udela sadnica u rasadniku „Hrastovača“, dok je udeo sadnica u rasadniku „Ratno ostrvo“ bio značajno manji. Kod ovog svojstva značajno se izdvaja tretman **ci**, u okviru koga je u totalu ostvaren udeo sadnica od skoro 50%. Uz preživljavanje reznica od 65% može se reći da je nakon ovog tretmana ostvaren zadovoljavajući rezultat u proizvodnji ožiljenica bele topole. Tretman **ci** se isticao najvišim vrednostima u svim rasadnicima, a u rasadniku „Čelarevo“ ostvarena razlika u odnosu na kontrolu je bila i statistički značajna, pri čemu je ostvaren dvostruko viši udeo sadnica u odnosu na kontrolu. Iako razlika u odnosu na kontrolu nije bila statistički značajna, može se reći da je ostvaren izvanredan rezultat i u rasadnicima „Ratno ostrvo“ (50% viši udeo), a posebno „Hrastovača“ (skoro 100% viši udeo). Ovakav rezultat ukazuje na potrebu uvođenja tretmana reznica praškastom formulacijom sa 100 μM $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ i 0,6% indolbuternom kiselinom prilikom formiranja ožilišta genotipa Villafranca.

Posebno je interesantno što su dobijeni rezultati ukazali na opravdanost uključivanja kobalt hlorida u praškaste formulacije za stimulaciju ožiljavanja zajedno sa preparatom auksinskog dejstva. Naime, uobičajena je praksa da se za stimulaciju ožiljavanja koriste preparati sa auksinskim dejstvom, ali se inhibitori efekta etilena, kakvi su i joni kobalta, jedino koriste u kulturi *in vitro*. Kobalt se kao mikroelement redovno uključuje u sastav hranljive podloge u kulturi *in vitro*, a primena jona srebra (takođe inhibitor efekta etilena) u kulturi *in vitro* bele topole je ređe (Kovacević et al., 2010b). Kao što pokazuju dobijeni rezultati, primena formulacije **co** nije u totalu značajno doprinela boljim rezultatima u odnosu na kontrolu kod genotipa Villafranca, ali jeste kod genotipa L-12. Dodatkom kobalt hlorida indolbuternoj kiselini u kombinovanoj formulaciji kod genotipa Villafranca je ostvareno sinergetsko dejstvo ove dve aktivne materije, u meri dovoljnoj da se ovaj tretman izdvoji kao superioran i značajno bolji u odnosu na kontrolu. Navedeni rezultati ukazuju na značaj daljih istraživanja u primeni kobalt hlorida u rasadničkoj proizvodnji bele topole.

ZAKLJUČAK

Prezentovani rezultati ukazuju da postoje razlike u preživljavanju drvenastih reznica ispitivanih klonova bele topole, kao i između ispitivanih rasadnika. Najjasnije razlike između dva klona su bile u razlici u broju reznica sa vitalnim izbojkom između majskog i julskog merenja. Praškaste formulacije sa kobalt hloridom (kod L-12 formulacija sa kobalt hloridom, a kod Villafranca formulacija sa kobalt hloridom i indolbuternom kiselinom) su ostvarile najbolje rezultate, pogotovo za svojstvo udela sadnica (reznice koje su do kraja vegetacionog perioda dale izbojke više od 220 cm). Navedeni rezultati ukazuju na značaj daljih istraživanja u primeni kobalt hlorida u rasadničkoj proizvodnji bele topole, ali i drugih drvenastih vrsta.

Zahvalnica

Istraživanje je urađeno u okviru projekta JP Vojvodinašume “Unapređenje gajenja nizijskih šuma” podprojekat “Očuvanje diverziteta autohtonih topola i vrba” i projekta III43007 „Istraživanje klimatskih promena i njihovog uticaja na životnu sredinu praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje”, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Eggens, J.L.; Loughheed, E.C; Hilton, R.J. (1972): Rooting of hardwood cuttings of boleana poplar. *Can.J.Plant Sci.*, 52: 599-604
- Fege A. S. (1983): The practice and physiological basis of collecting, storing and planting *Populus* hardwood cuttings. USDA, General Technical Report NC-91, 11 pp.
- Kovacevic, B. (2003): Genetička divergentnost obrazovanja vegetativnih organa crnih topola (sekcija Aigeiros Duby). PhD Thesis. Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, 173 p.
- Kovacevic, B.; Guzina, V.; Kraljevic-Balalic, M.; Ivanovic, M.; Nikolić-Đorić, E. (2008): Evaluation of early rooting traits of eastern cottonwood that are important for selection tests. *Silvae genetica* 57 (1): 13-21.
- Kovačević, B., Miladinović, D., Orlović, S., Katanić, M., Kebert, M., Kovičić, J. (2013): Lead tolerance and accumulation in white poplar cultivated in vitro. *SEEFOR*, 4(1): 3 – 12.
- 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 deltoides* Bartr . ex Marsh) cuttings. *Propagation of Ornamental Plants*, 12(1): 52-57.
- Kovačević B, Orlović S, Katanić M, Miladinović D, Kebert M (2008): Influence of kinetin, 6-benzylaminopurine, silver ion and myoinositol on growth and

- development of white poplar microshoots *in vitro*. Proceedings of International Scientific Conference „Forestry in Achieving Millennium Goals“, 13-15 November 2008, Novi Sad: 219-224.
- Kovačević, B., Orlović, S., Pekeč S., Katanić, M., Stojnić, S. (2010a): 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 - 11-13 November 2010 Belgrade, Serbia, 306-311.
- Kovacevic, B., Orlovic, S., Roncevic, S., Miladinovic, D. (2010b): The effect of silver ion, 1-naphthalene acetic acid and 6-benzylaminopurine on micropropagation of „Fastgate“ tree shape variety *Populus alba* cl. LBM. *Acta Hort* 885: 197-202.
- Kovacevic B.; Roncevic, S.; Miladinovic D.; Ivanisevic, P.; Katanic, M. (2009): Early shoot and root growth dynamics as indicators for the survival of black poplar cuttings. *New Forests* 38: 177-185.
- Lau O. L., Yang S. F. (1976): Inhibition of ethylene production by cobaltous ion. *Plant Physiology*, 58: 114-117.
- Ma J.-H., Yao J.-L., Cohen D., Morris B. (1998): Ethylene inhibitors enhance *in vitro* root formation from apple shoot cultures. *Plan Cell Reports*, 17: 211-214.
- Mensuali-Sodi A., Panizza M., Tognoni F. (1995): Endogenous ethylene requirement for adventitious root induction and growth in tomato cotyledons and lavender microcuttings *in vitro*. *Plant Growth Regulation*, 17: 205-212.
- Pregitzer K. S., Friend A. L. (1996): The structure and function of *Populus* root systems. *In: Stettler R. F., Bradshaw H. D. Jr., Heilman P. E., Hinckley T. M. (Eds). Biology of Populus and its implications for management and conservation. NRC Research Press, Ottawa, Canada: 331-354.*
- Rédei, K., Keserü, Z., Antal, B. (2013): Tending operation models for Leuce poplar stands growing on sandy soils in Hungary. *Topola/Poplar*, 191/192: 1-8.
- Rhodenbaugh E. J., Pallardy S. G. (1993): Water stress, photosynthesis and early growth patterns of cuttings of three *Populus* clones. *Tree Physiology*, 13: 213-226.
- Smith N. G., Wareing P. F. (1972): The distribution of latent root primordia in stems of *Populus × robusta* and factors affecting the emergence of preformed roots from cuttings. *Forestry*, 45: 197-209.
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com
- Tschaplinski T. J., Blake T. J. (1989): Correlation between early root production, carbohydrate metabolism and subsequent biomass production in hybrid poplar. *Canadian Journal of Botany*, 67: 2168-2174.
- Wen-Quan S., Bassuk N. L. (1993): Auxin-induced ethylene synthesis during rooting and inhibition of bud break of “Royalty” rose cuttings. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 118:638-643.
- 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.

Summary

**THE EFFECT OF APPLICATION OF COBALT CHLORIDE AND INDOLBUTIRIC ACID
POWDER FORMULATIONS ON ROOTING OF WHITE POPLAR HARDWOOD
CUTTINGS**

by

Branislav Kovačević, Saša Orlović, Predrag Pap, Marina Katanić, Slađana Dabić

*One of the main cause of relatively slow afforestation with white poplar are problems in rooting of its hardwood cuttings. One way of stimulation of white poplar cuttings' rooting is treatment with appropriate plant growth regulators, mainly those with auxin effect. The aim of this work was to examine the effect of the application of powder formulations with indolbutiric acid (auxin) and cobalt chloride (ethylene action inhibitor) in nursery conditions. Beside effect of examined powder formulations, the effect of differences between genotypes (*Populus alba* cl. Villafranca and cl. L-12) was examined, as well as, for genotype Villafranca, the effect of differences between three nurseries. The differences in cutting survival of examined genotypes were the most obvious in the partition of rooted cutting lost between May and July, as a result of disbalance in the growth and development of root system and shoot. Obtained results suggest the positive effect of implementation of cobalt chloride in formulations dedicated to the stimulation of white poplar cuttings' rooting, as well as differences between genotypes in their reaction on examined formulations. After the treatment of cuttings of Villafranca with combined formulation with 100 μ M $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and 0,6% indolbutiric acid, beside positive effect on cuttings survival, the positive effect on the rooted cutting height was achieved as well, resulting in significantly higher partition of plants appropriate for planting than in control (50-100% higher, depending on nursery). Presented results suggest the significant potential in the implementation of cobalt chloride in white poplar nursery production.*