

UDK: 582.623:631.541.1

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

VARIJABILNOST SVOJSTAVA OŽILJAVANJA BELE VRBE

Kovačević Branislav¹, Orlović Saša, Pekeč Saša, Katanić Marina, Stojnić Srdan

Abstrakt: Bela vrba je jedna od ključnih vrsta u projektima proizvodnje biomase i fitoremedijacije. Jedna od značajnih prednosti koju ima u odnosu na mnoge druge drvenaste vrste je mogućnost vegetativnog umnožavanja odrvenjenim reznicama. U cilju ispitivanja varijabilnosti svojstava ožiljavanja reznica ispitano je 11 genotipova bele vrbe (*Salix alba* L.) u poljskim uslovima, na peskovito-ilovastom fluvisolu. Nakon 6 nedelja ispitana je varijabilnost sledećih svojstava: broj formiranih korenova prvog reda na donjem rezu reznice (BK0), na delu reznice od donjeg reza do 5 cm reznice (BK05), od 5. do 10. cm (BK510), od 10. do vrha reznice (BK1020), na donjih 5 cm reznice (BK5 = BK0 + BK05) i ukupan broj korenova (UBK). Takođe je ispitana i varijabilnost učešća broja korenova na ispitivanim delovima reznice u ukupnom broju korenova (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respektivno).

Ključne reči: reznica, koren, ožiljavanje, *Salix alba*

VARIABILITY OF CUTTING ROOTING CHARACTERISTICS OF WHITE WILLOW

Abstract: White willow is one of the key tree species in biomass production and phytoremediation projects. One of the most important advantages of white willows is their ability to vegetative propagate by stem hardwood cuttings. In order to examine the variability of characteristics of cutting rooting in 11 genotypes of white willow (*Salix alba* L.) in field conditions, on sandy-loamy fluvisol. After six weeks the variability of following characteristics was examined: number of the

¹ Dr Kovačević Branislav, viši naučni saradnik, Dr Saša Orlović, Naučni savetnik, Dr Saša Pekeč istraživač saradnik, dipl. biol. Marina Katanić, istraživač saradnik, dipl. inž. šum. Srdan Stojnić, istraživač saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, www.ilfe.org

first-order roots on the basal cut of the cutting (BK0), on the part from basal cut to the 5th cm of cutting (BK05), from 5th to 10th cm (BK510), from 10th up to the top of the cutting (BK1020), on the basal five cm of the cutting (BK5 = BK0 + BK05) and total number of roots (UBK). Also, the variability of the participation of number of roots on mentioned parts of cutting in the total number of roots was examined (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respectively).

Key words: cutting, root, *Salix alba*

UVOD

Vrste roda *Salix* L. su jedne od najzastupljenijih u projektima fitoremedijacije i proizvodnje biomase u uslovima kratke ophodnje. Zahvaljujući tolerantnosti na uslove ograničenog prisustva kiseonika u zemljištu (teška, zbijena, poplavljena zemljišta) interesantne su za filtraciju voda zagađenih raznim agensima (teški metali, organske materije i dr.) (Perttu i Kowalik, 1997; Mleczek et al., 2010). Jedna od ključnih prednosti vrba je ožiljavanje njihovih odrvenjenih reznica, što daje mogućnost jednostavne vegetativne propagacije interesantnih genotipova, što je od posebne važnosti u rasadničkoj proizvodnji i prilikom zasnivanja zasada. Značajnu prednost u odnosu na druge vrste daju im, u tom smislu, prethodno formirane primordije (Carlson, 1938; Heissig, 1970; Smith i Wilson, 1972). To su primordije formirane u primarnoj kori još tokom prethodne vegetacije, koje se u odgovarajućim uslovima aktiviraju (odsustvo svetla, povoljna vlažnost), formirajući korenove. Ovi korenovi se formiraju znatno pre tzv. korenova rane, koji se formiraju iz primordija na donjem rezu reznice, jer se primordije na rezu iniciraju tek nakon izrade reznice i formiranja kalusnog tkiva. Poznato je da je brojnost primordija i njihovo aktiviranje pod uticajem velikog broja faktora: od razlika među genotipovima, unutar iste biljke, do uslova spoljne sredine i primenjenih tehnoloških postupaka (Schaff et al., 2002, Van Splunder et al. 1996, Pezeshki et al., 1998).

Cilj ovog istraživanja je bio da se ispita značaj razlika među genotipovima na variranje svojstava ožiljavanja bele vrbe (*Salix alba* L.), kao i odnosi među tim svojstvima u cilju unapređenja postupka selekcije i tehnologije zasnivanja rasadničke proizvodnje i zasada odrvenjenim reznicama.

MATERIJAL I METODE

Rasadnički ogled je zasnovan 30. aprila 2010., na razmaku 80 x 10 cm u četiri ponavljanja sa slučajnim rasporedom. Ispitano je 11 genotipova bele topole (*Salix alba* L.): 107/65/1, B44, 380, 73-6, 182, 350, 378, B-84, 79/64/2, 347, V158, od kojih su svi u eksperimentalnoj fazi ispitivanja.

Ogled je postavljen na Oglednom dobru Kačka šuma, Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, na lokalitetu „Bašte“, gde je otvoren pedološki profil i determinisan tip zemljišta. Prema morfološkoj građi profila opisano zemljište ima

antropogenizovani humusni horizont Ap do dubine od 30 cm, odnosno morfološka građa ovog pedološkog profila je Ap-I-II-III_{Gso}-Gr. U sloju III_{Gso} je dominantan proces oksidacije nakon povlačenja podzemne vode, dok kod podhorizonta gleja – Gr, prevladava proces redukcije.

Tabela 1. Granulometrijski sastav ispitanog zemljišta

Table 1. Granulometric composition of examined soil

Horizont <i>Horizon</i>	Dubina <i>Depth</i> (cm)	Krupan pesak <i>Coarse sand</i> >2- 0.2mm (%)	Sitan pesak <i>Fine sand</i> 0.2- 0.02mm (%)	Prah <i>Silt</i> 0.02- 0.002mm (%)	Glina i koloidi <i>Clay and coloides</i> 0.002- 0.0002mm (%)	Ukupan pesak <i>Total sand</i> (%) >0.02mm	Fizička glina (prah + glina) <i>Total clay</i> (%) <0.02mm	Teksturna klasa <i>Texture class</i>
Ap	0-30	6,06	73,82	11,32	8,80	79,88	20,12	Ilovast pesak Loamy sand
I	30-100	2,07	87,69	4,16	6,08	89,76	10,24	Pesak Sand
II	100-130	13,71	82,41	1,44	2,44	96,12	3,88	Pesak Sand
III _{Gso}	130-210	1,58	84,34	12,60	1,48	85,92	14,08	Ilovast pesak Loamy sand
Gr	210>	1,06	87,18	8,92	2,84	88,24	11,76	Pesak Sand

Kod istraženog pedološkog profila dominira sadržaj ukupnog peska koji po dubini varira od 79,99 - 96,12%, sa prosečnom vrednošću od 87,98%. Celom dubinom profila je najzastupljenija frakcija sitnog peska, sa prosečnom vrednošću od 83,09%. Sadržaj ukupne gline je nizak i kreće se od 3,88 – 20,12%, sa prosečnom vrednošću od 12,02 %. Teksturane klase ovog zemljišta se kreću od peska do ilovastog peska. Ovaj lokalitet je izabran zbog lošijih rezultata do kojih se došlo u rasadničkoj proizvodnji vrba na ritskoj crnici (Pekeč et al., 2010).

Nakon 6 nedelja (14.07.2010.) ožiljenice su pažljivo iskopane kako bi bila ispitana varijabilnost sledeća svojstva: broj formiranih korenova prvog reda na donjem rezu reznice (BK0), na delu reznice od donjeg reza do 5 cm reznice (BK05), od 5. do 10. cm (BK510), od 10. do vrha reznice (BK1020), na donjih 5 cm reznice (BK5 = BK0 + BK05) i ukupan broj korenova (UBK). Takođe je ispitana i varijabilnost učešća broja korenova na ispitivanim delovima reznice u ukupnom broju korenova (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respektivno).

Variranje ispitivanih svojstava je izvršena na osnovu jednofaktorijalne analize varijanse:

$$X_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij},$$

gde je g_i efekat i-tog genotipa a ε_{ij} efekat ponavljanja.

Podaci broja korenova su transformisani kvadratnom transformacijom ($\sqrt{X_{ij} + 1}$), a podaci za svojstva učešća broja korenova na pojedinim delovima reznice u ukupnom broju korenova arcsin-transformacijom ($\arcsin \sqrt{X_{ij}}$), gde se X_{ij} odnosi na vrednost i-tog genotipa u j-tom ponavljanju u %. U cilju analize variranja ispitivanih svojstva među genotipovima, pored rezultata analize varijanse korišćeni su koeficijent varijacije: $Cv_A = \frac{\sigma_A}{\bar{X}} * 100\%$, gde je σ_A - očekivana standardna devijacija izvora variranja A, kao i učešće očekivanih varijansi u ukupnom variranju: $\sigma_A^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_T^2}$, gde je σ_A^2 očekivana varijansa posmatranog izvora variranja, a σ_T^2 ukupna očekivana varijansa. Očekivane varijanse su izračunavane prema sledećim formulama: za očekivanu varijansu genotipa $\sigma_G^2 = \frac{MS_G - MS_E}{n}$, za očekivanu varijansu pogreške: $\sigma_E^2 = MS_E$, dok je ukupna očekivana varijansa izračunavana prema formuli: $\sigma_T^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$. Za poređenje srednjih vrednosti korišćen je NZR-test, za ocenu odnosa među ispitivanim svojstvima Pirsonov koeficijent korelacije na osnovu srednjih vrednosti genotipova. U statističkoj analizi korišćen je program STATISTICA 7.1 (2006).

REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu ispitivane grupe genotipova bele vrbe uočena je razlika kako u njihovom variranju tako i u međusobnim odnosima.

Sva svojstva su pokazala da su pod statistički značajnim uticajem razlika među genotipovima. Gentički koeficijenti varijacije su se kretali od 6,25% i 7,38% (za BK510P i BK05P, respektivno) do 42,61% (za BK0P). Svojstvo BK0P se pokazalo i kao dosta nestabilno s obzirom da je imao koeficijent varijacije pogreške od 35,11% (Tab. 1).

F-vrednost je bila najviša za visinu izbojka i UBK (22,61 i 20,10, respektivno), ukazujući na njihov mogući značaj u daljem unapređenju oplemenjivanja i tehnologije uzgoja bele vrbe. To je potvrđeno i rezultatima doprinosa očekivanih varijansi genotipa ukupnom variranju (Graf. 1), gde visokim doprinosom genotipa ukupnom variranju (više od 80%) se ističu takođe visina izbojka i ukupnog broja korenova. Treba odmah napomenuti da su dobijeni rezultati relativni s obzirom da se radi o jednogodišnjim istraživanjima, te da će višegodišnja istraživanja svakako ukazati na slabiji uticaj genotipa (Kovačević et al, 2008). Ipak, već ovi rezultati mogu koristiti za preliminarne zaključke o odnosima među ispitivanim svojstvima. Značaj uticaja genotipova na variranje visine izbojka je

jasno veće nego što je to slučaj sa visinom izbojka početkom juna kod genotipova američke crne topole (Kovačević et al., 2007). Ovaj podatak dobija na značaju s obzirom da rezultati Kovačević et al (2009) ukazuju na jasnu vezu visine izbojka u ovom periodu i preživljavanja reznica.

Tabela 2. Varijabilnost ispitivanih svojstava ožiljavanja bele vrbe (*Salix alba L.*)¹⁾
 Table 2. Variability of examined cutting rooting characteristics of white willow (*Salix alba L.*)

Svojstva ²⁾ Characteristics	Min - Max	Sredina Average	MS _g ³⁾	MS _e	F-test	Cv _g (%)	Cv _e (%)
BL	17,50 – 32,65	23,95	73,07	7,82	9,35 **	16,86	11,67
VI	42,30 – 102,55	63,07	1323,63	58,49	22,63 **	28,19	12,12
BK0	0,57 - 3,47	1,41	0,27	0,04	6,66 **	15,54	13,06
BK05	3,70 - 8,24	5,81	0,32	0,03	10,67 **	10,40	6,69
BK510	2,40 - 9,00	4,87	0,53	0,05	11,61 **	14,40	8,84
BK1020	2,50 - 7,93	4,72	0,57	0,04	13,04 **	15,20	8,76
BK5	5,27 - 9,53	7,50	0,27	0,03	8,46 **	8,31	6,09
UBK	11,69 - 26,72	17,44	1,14	0,06	20,10 **	12,12	5,54
BK0P	1,49 - 16,66	5,81	165,39	24,00	6,89 **	42,61	35,11
BK05P	27,24 - 44,65	33,97	42,73	15,06	2,84 *	7,38	10,89
BK510P	18,46 - 33,77	27,25	27,46	11,81	2,32 *	6,28	10,92
BK1020P	16,55 - 35,74	26,51	56,11	12,19	4,60 **	10,69	11,27
BK5P	35,64 - 57,82	44,31	79,93	12,07	6,62 **	9,87	8,32

¹⁾ Stepeni slobode: za genotip $df_g = 10$, za pogrešku $df_{err} = 33$, za total $df_{total} = 43$

²⁾ Ispitivana svojstva: broj listova (BL), visina dominantnog izbojka [cm] (VI), broj formiranih korenova prvog reda na donjem rezu reznice (BK0), na delu reznice od donjeg reza do 5 cm reznice (BK05), od 5. do 10. cm (BK510), od 10. do vrha reznice (BK1020), na donjih 5 cm reznice (BK5 = BK0 + BK05) i ukupan broj korenova (UBK) i učešće broja korenova na ispitivanim delovima reznice u ukupnom broju korenova (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respektivno)

³⁾ Oznake - MS_g-sredina kvadrata za genotip, MS_e-sredina kvadrata za pogrešku, Cv_g-koeficijent varijacije za genotip, Cv_e-koeficijent varijacije za pogrešku

¹⁾ Degree of freedom: for genotype $df_g=10$, for error $df_{err} = 33$, for total $df_{tot} = 43$

²⁾ Examined characters: number of leaves (BL), the height of dominant shoot [cm] (VI), number of roots on the basal cut (BK0), number of roots from the basal cut to the 5th cm of cutting (BK05), number of roots on the first five cm (BK5), number of roots from the 5th to 10th cm of cutting (BK510), number of roots above the 10th cm from the cutting (BK1020), total number of roots (UBK) and the contribution of number of roots on examined parts of cutting to the total number of roots (BK0P, BK05P, BK5P, BK510P, BK1020P, respectively)

³⁾ Labels: MS_g - mean squares for genotype, MS_e - mean squares for error, Cv_g - coefficient of variation for genotype, Cv_e - coefficient of variation for error

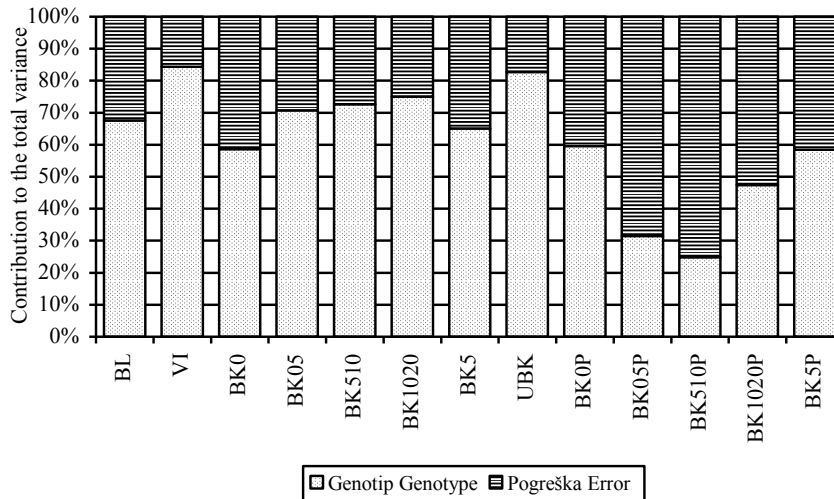
Svojstva BK05P i BK510P pak karakteriše relativno slab doprinos genotipa ukupnom variranju, što je u skladu sa njihovim koeficijentom varijacije. Prema Kovačević et al (2005) i Kovačević et al (2007) uticaj razlika među genotipovima kod crnih topola za ova dva svojstva bio među jačima. Sa druge strane, visok genetički koeficijent varijacije i značajan doprinos genotipa variranju za BK0P, pa i za BK0 značajno odstupanje od rezultata koje su dobili Kovačević et al. (2008, 2009) za crne topole, kod kojih se uticaj genotipa na variranje svojstava korenova rane pokazao beznačajnim. Značajniji uticaj genotipa na variranje visine izbojka i svojstava korenova rane moglo bi da ukaže da je prilikom odabira ispitivanih genotipova selekcion pritisak na navedena svojstva bio slabiji.

F-vrednost je bila najviša za visinu izbojka i ukupan broj korenova (22,61 i 20,10 , respektivno), ukazujući na njihov mogući značaj u daljem unapređenju oplemenjivanja i tehnologije uzgoja bele vrbe. To je potvrđeno i rezultatima doprinosa očekivanih varijansi genotipa ukupnom variranju (Graf. 1), gde visokim doprinosom genotipa ukupnom variranju (više od 80%) se ističu takođe visina izbojka i ukupnog broja korenova. Treba odmah napomenuti da su dobijeni rezultati relativni s obzirom da se radi o jednogodišnjim istraživanjima, te da će višegodišnja istraživanja svakako ukazati na slabiji uticaj genotipa (Kovačević et al, 2008). Ipak, već ovi rezultati mogu koristiti za preliminarne zaključke o odnosima među ispitivanim svojstvima. Značaj uticaja genotipova na variranje visine izbojka je jasno veće nego što je to slučaj sa visinom izbojka početkom juna kod genotipova američke crne topole (Kovačević et al., 2007). Ovaj podatak dobija na značaju s obzirom da rezultati Kovačević et al (2009) ukazuju na jasnu vezu visine izbojka u ovom periodu i preživljavanja reznica.

Svojstva BK05P i BK510P karakteriše relativno slab doprinos genotipa ukupnom variranju, što je u skladu sa njihovim koeficijentom varijacije. Prema Kovačević et al (2005) i Kovačević et al (2007) uticaj razlika među genotipovima kod crnih topola za ova dva svojstva bio među jačima. Sa druge strane, visok genetički koeficijent varijacije i značajan doprinos genotipa variranju za BK0P, pa i za BK0 značajno odstupanje od rezultata koje su dobili Kovačević et al. (2008, 2009) za crne topole, kod kojih se uticaj genotipa na variranje svojstava korenova rane pokazao beznačajnim. Značajniji uticaj genotipa na variranje visine izbojka i svojstava korenova rane moglo bi da ukaže da je prilikom odabira ispitivanih genotipova selekcion pritisak na navedena svojstva bio slabiji.

Grafikon 1. Učešće očekivane varijanse u očekivanoj varijansi totala za ispitivana svojstva ožiljavanja reznica bele vrbe (*Salix alba L.**)

Graph 1. Contribution of expected variances to the total variance for examined of cutting rooting characteristics in white willow (*Salix alba L.**)



*) Ispitivana svojstva: broj listova (BL), visina dominantnog izbojka [cm] (VI), broj formiranih korenova prvog reda na donjem rezu reznice (BK0), na delu reznice od donjeg reza do 5 cm reznice (BK05), od 5. do 10. cm (BK510), od 10. do vrha reznice (BK1020), na donjih 5 cm reznice (BK5 = BK0 + BK05) i ukupan broj korenova (UBK) i učešće broja korenova na ispitivanim delovima reznice u ukupnom broju korenova (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respektivno)

*) Examined characters: number of leaves (BL), the height of dominant shoot [cm] (VI), number of roots on the basal cut (BK0), number of roots from the basal cut to the 5th cm of cutting (BK05), number of roots on the first five cm (BK5), number of roots from the 5th to 10th cm of cutting (BK510), number of roots above the 10th cm from the cutting (BK1020), total number of roots (UBK) and the contribution of number of roots on examined parts of cutting to the total number of roots (BK0P, BK05P, BK5P, BK510P, BK1020P, respectively)

Koeficijenti korelacije (Tab. 3) ukazuju na relativno slabu korelaciju između visine izbojka i ukupnog broja korenova, što ukazuje da značaj UBK koji se formira u prvim fazama ožiljavanja nema značaj kao što se to moglo zaključiti u istraživanjima kod crnih topola (Kovačević et al, 2007). Najviši izbojci su izmereni kod klona 73-6 (102,55 cm), pa B-44, 378 i 380 (70-80 cm), dok su najveći ukupan broj korenova imali 380 i B-44 (oko 25) (Tab. 4). To ukazuje i na potrebu detaljnijeg sagledavanja odnosa ukupnog broja korenova i visine izbojka kao i njihovog odnosa sa preživljavanjem reznica, pogotovo jer je dobijeni ukupan broj korenova kod ispitivane grupe genotipova bele vrbe znatno viši nego što je to dobijeno kod crnih

topola početkom juna (Kovačević et al., 2005, 2008). S obzirom da je osetljivost vrba prema nedostatku vlage dosta proučena i poznata (Li et al., 2004), moguće je da ukupan broj korenova nije u tolikoj meri ograničavajući faktor preživljavanja reznica vrba koliko je to slučaj kod crnih topola, već sposobnost tako formiranog korenovog sistema da podrži kontinuiran i bujan rast izbojka u početnim fazama ožiljavanja. Rezultati Van Splunder et al. (1996) to i potvrđuju ukazujući da su vrste vrba koje su ispitivali (*S. alba*, *S. tiandra* i *S. viminalis*) jasno osetljivije na nedostatak vlage od domaće crne topole.

Van Splunder et al. (1996) su takođe našli i značajne razlike u odgovoru pojedinih vrsta vrbe na sušu u pogledu reakcije korenovog sistema, stope transpiracije i odnosa dužine korena i ukupne lisne površine. Verovatno da se ovakve razlike javljaju i među genotipovima unutar vrste bele vrbe u morfološkim i fiziološkim odgovorima kako na sušu tako i na debalans u ranom rastu i razvoju izbojka i korenovog sistema.

Tabela 3. Koeficijenti korelacije za ispitivana svojstva ožiljavanja reznica bele vrbe (*Salix alba* L.)^{*)}

Table 3. Correlation coefficients for examined cutting rooting characteristics in white willow (*Salix alba* L.)^{*)}

	BL	VI	BK0	BK05	BK510	BK1020	BK5	UBK	BK0P	BK05P	BK510P	BK1020P	BK5P
BL	-	0,892**	-0,624*	-0,045	0,226	0,469	-0,422	0,112	-0,605*	-0,309	0,501	0,788**	-0,717*
VI		-	-0,493	0,161	0,489	0,664*	-0,124	0,399	-0,538	-0,435	0,595*	0,753**	-0,757**
BK0			-	-0,329	-0,264	-0,523	0,282	-0,192	0,957**	-0,265	-0,334	-0,736**	0,601*
BK05				-	0,776**	0,754**	0,813**	0,870**	-0,499	0,198	0,315	0,304	-0,315
BK510					-	0,916**	0,640*	0,970**	-0,481	-0,423	0,786**	0,517	-0,715**
BK1020						-	0,455	0,902**	-0,716**	-0,322	0,704**	0,778**	-0,832**
BK5							-	0,776**	0,081	0,018	0,132	-0,139	0,036
UBK								-	-0,426	-0,302	0,628*	0,450	-0,590*
BK0P									-	-0,119	-0,464	-0,841**	0,739**
BK05P										-	-0,671*	-0,316	0,576
BK510P											-	0,575	-0,854**
BK1020P												-	-0,906**
BK5P													-

^{*)} Ispitivana svojstva: broj listova (BL), visina dominantnog izbojka [cm] (VI), broj formiranih korenova prvog reda na donjem rezu reznice (BK0), na delu reznice od donjeg reza do 5 cm reznice (BK05), od 5. do 10. cm (BK510), od 10. do vrha reznice (BK1020), na donjih 5 cm reznice (BK5 = BK0 + BK05) i ukupan broj korenova (UBK) i učešće broja korenova na ispitivanim delovima reznice u ukupnom broju korenova (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respektivno)

^{*)} Examined characters: number of leaves (BL), the height of dominant shoot [cm] (VI), number of roots on the basal cut (BK0), number of roots from the basal cut to the 5th cm of cutting (BK05), number of roots on the first five cm (BK5), number of roots from the 5th to 10th cm of cutting (BK510), number of roots above the 10th cm from the cutting (BK1020), total number of roots (UBK) and the contribution of number of roots on examined parts of cutting to the total number of roots (BK0P, BK05P, BK5P, BK510P, BK1020P, respectively)

Korelacije UBK sa ostalim svojstvima ukazuje na njegovu blisku vezu sa brojem korenova formiranim na pojedinim ispitivanim delovima reznice osim sa BK0, tj. brojem korenova rane (Tab. 2). Od svojstava koja opisuju doprinos ukupnom broju korenova pojedinih delova reznice značajne korelacije sa UBK su imali BK510P i BK5P. Visinu izbojka pak, pored visoke korelacije sa brojem listova, BK510P i BK5P, karakterišu i značajne korelacije sa BK1020 i BK1020P. To bi moglo da ukaže da formiranje korenova u gornjem delu reznice daje specifičan doprinos rastu izbojka, nezavisno od ukupnog broja korenova. Svojstva koja opisuju ožiljavanje na srednjem delu reznice (BK510 i BK510P) nisu pokazala tako snažnu pozitivnu korelaciju sa svojstvima izbojka.

S obzirom na mogući značaj rasta izbojka i preživljavanja reznice, što je slučaj kod crnih topola (Kovačević et al., 2009), pomenuti rezultati ukazuju da doprinos korenova gornjeg dela reznice može dodatno da pomogne preživljavanje reznice. Tome treba dodati i negativne korelacije BK0 i BK0P sa brojem listova, a pogotovo negativne korelacije BK5P sa svojstvima izbojka. Izostanak značaja korelacije BK0 i BK0P sa visinom izbojka može da ukaže i na to da se i kod genotipova koji se dobro ožiljavaju može naći dosta korenova rane (npr. 107/65/1), kao i genotipova koji uz inače slabo ožiljavanje formiraju i malo korenova rane (kao u slučaju genotipa 350).

Na pojačano ožiljavanje donjeg dela reznice karakteristika genotipova koji se slabije ožiljavaju ukazuju i rezultati Kovačević et al. (2009) kod crnih topola. Naime, ožiljavanje donjeg dela reznice može da nastupi kao reakcija ožiljenice na nebalansirani razvoj izbojka i korenovog sistema, čime jača doprinos donjeg dela reznice ukupnom broju korenova. Što je slabija sposobnost korenovog sistema da podrži kontinuirani i vigorozan rast izbojka, to se može očekivati jača reakcija ožiljene reznice u smislu formiranja novih korenova u donjem delu reznice, kao i formiranje novih korenova rane na donjem rezu reznice. U tom smislu važno je istaći da se visokim ožiljavanjem u gornjem delu reznice posebno ističu genotipovi B-44 i 380, koji se inače ističu i visokim izbojkom, dok je genotip 73-6, koji je postigao i najintenzivniji porast izbojka, karakterisao najviši udeo korenova formiranih na gornjem delu reznice u ukupnom broju korenova.

Uočena je i pojava izbijanja većeg broja korenova u nizu, jedan pored drugog prilikom ožiljavanja reznice bele vrbe, posebno kod klonova koje je karakterisao visok ukupan broj korenova (Slika 1). Broj korenova u takvim formacijama se uglavnom kreće od 3-6. To ukazuje na specifičnosti u formiranju i aktivaciji prethodno formiranih primordija kod vrba u odnosu na topole, kod kojih ova pojava nije primećena. Dalja istraživanja bi trebala da odgovore u kojoj je meri ovo svojstvo nasledno.

Tabela 3 Srednje vrednosti i NZR test za ispitivana svojstva ožiljavanja reznica kod bele vrbe (*Salix alba* L.)¹⁾Tabela 3 Average values and LSD-test for examined characteristics of cutting rooting in white willow (*Salix alba* L.)¹⁾

Svojstvo Characteristic	Genotip Genotype											
	107/65/1	B-44	73-6	B-84	79/64/2	V158	182	347	350	378	380	
BL	17,55 e	24,9 c	32,65 a	19,15 e	23,7 cd	23,3 cd	25,1 bc	20,05 de	24,2 c	28,95 ab	23,95 cd	
VI	42,4 d	73,75 b	102,55 a	42,3 d	59,55 c	59,75 c	56,15 c	49,35 cd	53,2 cd	75,35 b	79,5 a	
BK0	3,47 a	0,80 de	0,91 de	1,43 cd	1,02 de	2,14 bc	0,94 de	2,48 ab	0,57 e	1,36 cde	1,04 de	
BK05	5,54 cd	7,92 a	5,12 cd	4,97 cd	7,16 ab	5,80 bc	7,08 ab	4,32 de	4,90 cd	3,70 e	8,24 a	
BK510	5,17 bc	7,53 a	5,02 bc	2,40 e	4,46 bcd	4,14 bcd	5,58 b	3,58 de	4,08 cd	3,99 cd	9,00 a	
BK1020	4,14 cd	7,93 a	6,35 ab	2,50 e	4,57 cd	4,03 cd	5,32 bc	2,57 e	4,57 cd	3,57 de	7,80 a	
BK5	9,31 a	8,85 a	6,27 cd	6,60 cd	8,39 ab	8,21 ab	8,13 ab	7,03 bc	5,58 d	5,27 d	9,53 a	
UBK	19,33 b	24,69 a	17,75 b	11,69 e	17,57 b	16,57 bc	19,32 b	13,51 de	14,44 cd	13,05 cd	26,72 a	
BK0P	16,66 a	1,59 f	2,67 ef	8,38 bcd	3,61 def	11,80 abc	2,78 ef	16,32 ab	1,49 f	6,99 cde	2,50 ef	
BK05P	27,24 d	32,20 cd	29,31 cd	44,65 a	41,71 ab	35,61 abcd	37,28 abc	32,78 bcd	33,94 bcd	28,41 cd	31,51 cd	
BK510P	25,89 ab	30,45 ab	28,18 ab	18,46 c	25,28 bc	24,54 bc	28,36 ab	26,73 ab	28,48 ab	30,64 ab	33,77 a	
BK1020P	22,29 cde	32,52 ab	35,74 a	20,38 de	25,56 bcd	24,02 cd	27,51 bcd	16,55 e	32,08 ab	28,00 abc	29,02 abc	
BK5P	48,02 bcd	36,14 e	35,64 e	57,82 a	48,53 bcd	50,64 abc	42,89 cde	53,41 ab	38,38 e	40,14 de	36,37 e	

¹⁾ genotipovima koji pripadaju istoj homogenoj grupi pripisano je isto slovo²⁾ Ispitivana svojstva: broj formiranih korenova prvog reda na donjem rezu reznice (BK0), na delu reznice od donjeg reza do 5 cm reznice (BK05), od 5. do 10. cm (BK510), od 10. do vrha reznice (BK1020), na donjih 5 cm reznice (BK5 = BK0 + BK05) i ukupan broj korenova (UBK) i učešće broja korenova na ispitivanim delovima reznice u ukupnom broju korenova (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respektivno)¹⁾ the same letter has been attributed to the genotypes that belong to the same homogenous group²⁾ Examined characters: number of leaves (BL), the height of dominant shoot [cm] (VI), number of roots on the basal cut (BK0), number of roots from the basal cut to the 5th cm of cutting (BK05), number of roots on the first five cm (BK5), number of roots from the 5th to 10th cm of cutting (BK510), number of roots above the 10th cm from the cutting (BK1020), total number of roots (UBK) and the contribution of number of roots on examined parts of cutting to the total number of roots (BK0P, BK05P, BK5P, BK510P, BK1020P, respectively)

Svi prezentovani rezultati ukazuju da uz visoki potencijal za ožiljavanje ispitivanih genotipova bele vrbe postoje jasne razlike među njima u pogledu dinamike rasta izbojka i distribuciji korenova duž reznice. U tom smislu bi istraživanja trebalo da se nastave u pravcu ispitivanja uticaja razlika među godinama i svojstvima zemljišta, kao i veze ispitivanih svojstava ožiljavanja sa preživljavanjem reznica. Dobijeni rezultati bi mogli da daju značajan doprinos

unapređenju postupka oplemenivanja bele vrbe, kao i optimalizacije tehnoloških postupaka njene rasadničke proizvodnje i zasnivanja zasada u skladu sa specifičnostima posmatranog genotipa (sortna tehnologija).

Slika 1. Mesto na ožiljenoj reznici *Salix alba* cl. 380 na kome su formirani korenovi u nizu jedan pored drugog

Figure 1. The spot on the rooted cutting of Salix alba cl. 380 on that the roots grown in aligned formation



LITERATURA

- Carlson, M.C (1938): The Formation of Nodal Adventitious Roots in *Salix Cordata*. American Journal of Botany, 25: 721-725
- 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, Gen. Tech. Report NC-91: 11p.
- Haissig, B.E. (1970): Preformed adventitious root initiation in brittle willows grown in a controlled environment. Can. J. Bot. 48 (12): 2309-2312
- Kirk, R.E. (1968): Experimental design procedures for behavioral sciences. Wadsworth publishing company, 578 p.
- Kovacevic, B. (2003): Genetička divergentnost obrazovanja vegetativnih organa crnih topola (sekcija Aigeiros DUBY). PhD Thesis. Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, 173 p.

- Kovačević, B.; Rončević, S.; Andrašev, S.; Pekeč, S. (2006): Effects of date of preparation, date of planting and storage type on cutting rooting in euramerican poplar. International Scientific Conference "Sustainable Use of Forest Ecosystems - The Challenge of 21 st Century", Donji Milanovac, Serbia: Institute of Forestry, Belgrade, 8-10 November, 2006: 42- 46.
- Kovačević, B.;Klasnja, B.; Katanic, M. (2007): The effect of clone, length of cutting and top bud position versus soil surface on rooting of black poplar cuttings. Proceedings of 15th European Biomass Conferenece and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 7-11 May 2007, Berlin: 587- 589.
- 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.
- 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.
- Li, S., Pezeshki, S.R., Goodwin, S., Shields, F.D. (2004): Physiological responses of black willow (*Salix nigra*) cuttings to a range of soil moisture regimes. *Photosynthetica* 42 (4): 585-590
- Mleczek, M., Rutkowski, P., Rissmann, I, Kaczmarek, Z, Golinski, P., Szentner, K., Strażyńska, K., Stachowiak, A. (2010): Biomass productivity and phytoremediation potential of *Salix alba* and *Salix viminalis*. *Biomass and Bioenergy*, 34: 1410-1418
- Nanda, K.K.; Anand, V.K. (1970): Seasonal changes in auxin effects on rooting of stem cuttings of *Populus nigra* and its relationship with mobilization of starch. *Physiologia Plantarum*, 23: 99-107.
- Okoro, O.O.; Grace, J. (1976): The physiology of rooting *Populus* cuttings I. Carbohydrates and photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 36: 133-138.
- Pekeč, S., Ivanišević, P., Orlović, S., Kovačević, S., Pilipović, A. (2010): Production of seedlings of white willow (*Salix alba* L.) on eugley soil, Book of abstracts, International Conference „Forestry: Bridge to the future“, May 13-15, 2010, p 173, Sofia, Bulgaria
- Perttu, K. L., Kowalik, P. J. (1997): *Salix* vegetation filters for purification of waters and soils. *Biomass and Bioenergy*, 12 (1): 9-19
- Pezeshki, S.R., Anderson, P.H., Shields, F.D. (1998): Effects of soil moisture regimes on growth and survival of black willow (*Salix nigra*) posts (cuttings). *Wetlands* 18 (3): 460-470
- Pregitzer, K.S.; Friend, A.L. (1996): The structure and function of *Populus* root Systems. In: *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. Ed.: Stettler, R.E.; Bradshaw, H.D. Jr.; Heilman, P.E.; Hinckley, T.M. NRC Research Press, Ottawa: 539 p.

- Schaff, S.D., Pezeshki, S.R., Shields, F.D.Jr. (2002): Effects of Pre-Planting Soaking on Growth and Survival of Black Willow Cuttings. *Restoration ecology* 10(2): 267-274.
- Smith, N.G.; Wareing, P.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.
- StatSoft Inc. (2006): STATISTICA (data analysis software system), version 7.1
- Van Splunder, I., Voeselek, L.A.C.J., Coops, H., De Vries, X.J.A, Blom, C.W.P.M. (1996): Morphological responses of seedlings of four species of Salicaceae to drought. *Can. J. Bot* 74: 1988-1995.
- Zalesny Jr., R.S.; Wiese, A. H. (2006): Date of shoot collection, genotype, and original shoot position affect early rooting of dormant hardwood cuttings of *Populus*. *Silvae Genetica* 55(4-5): 169-182.
- Zufa, L. (1963): Uticaj vremena izrade i sadnje reznica na uzgoj ožiljenica. *Topola*, 34-35: 32-34.

Summary

VARIABILITY OF CUTTING ROOTING CHARACTERISTICS OF WHITE WILLOW

by

Kovačević Branislav, Orlović Saša, Pekeč Saša, Katanić Marina, Stojnić Srđan

White willow is one of the key tree species in biomass production and phytoremediation projects. One of the most important advantages of white willows is their ability to vegetative propagate by stem hardwood cuttings. In order to examine the variability of characteristics of cutting rooting in 11 genotypes of white willow (*Salix alba* L.) in field conditions, on sandy-loamy fluvisol. After six weeks the variability of following characteristics was examined: number of the first-order roots on the basal cut of the cutting (BK0), on the part from basal cut to the 5th cm of cutting (BK05), from 5th to 10th cm (BK510), from 10th up to the top of the cutting (BK1020), on the basal five cm of the cutting (BK5 = BK0 + BK05) and total number of roots (UBK). Also, the variability of the participation of number of roots on mentioned parts of cutting in the total number of roots was examined (BK0P, BK05P, BK510P, BK1020P, BK5P, respectively).

Presented results suggest high cutting rooting potential for all examined white willow genotypes. However, the significant differences among them were found in the shoot growth dynamics and distribution of roots along the cutting. There was found positive correlation between rooting in the upper part of the cutting and shoot height six weeks after the planting. Interesting apperians of bulks of roots in aligned fomrations was noticed too. Obtained results suggest the continuation of investiation in order to analyse the significance of the influence of differences among years or soil properties on white willow cutting rooting, as well as the relation between rooting properties and cutting survival.

These results could give the significant contribution to the optimization of the white willow breeding process or adaptation of nursery or plantation establishment technology to the specificities of white willow clones („cultivar technology“).