

UDK: 582.623:674.02

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**HEMIJSKI SASTAV I FIZIČKE OSOBINE DRVETA NEKOLIKO
KLONOVA BELE VRBE (*Salix alba*)**

Bojana Klašnja, Saša Orlović, Zoran Galić, Marko Kebert

Izvod: U radu su prikazani rezultati ispitivanja drveta 11 klonova bele vrbe (*Salix alba*) starosti 13 godina, od kojih su 4 klona priznata, a 7 se nalaze u fazi ispitivanja i ocenjivanja. Na uzorcima od odabranih modelnih stabala je izvršeno merenje širine prstena rasta na prsnoj visini, određena je zapreminska masa i dužina vlakana, i uradjena je hemijska analiza drveta po grupama jedinjenja. Statistička analiza (ANOVA) rezultata je pokazala statistički značajne razlike u pogledu većine svojstava između ispitanih klonova bele vrbe.

Ključne reči: *Salix alba*, zapreminska masa, dužina vlakana, hemijski sastav

**CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD OF
SOME CLONES OF WHITE WILLOW (*Salix alba*)**

*Abstract: This paper presents the results of examinations of wood of 11 white willows (*Salix alba*) clones, (aged 13 years), of which 4 are registered, and 7 are in the process of evaluation and selection. On the samples of the selected model trees at DBH was carried out measuring the width of growth rings, wood volume density, wood fiber length and chemical composition in groups of compounds. Statistical analysis (ANOVA) of the obtained results showed statistically significant differences of most properties between examined willow clones.*

Key words: Salix alba, wood volume density, fiber lengths, chemical composition

UVOD

Zahtevi za drvetom kao sirovinom rastu u svetu, a postojeći deficit se pokušava prevazići na različite načine: usavršavanjem i unapredjenjem postojećih postupaka prvenstveno hemijske prerade; proširenjem postojeće sirovinke baze uvođenjem novih vrsta drveta, proširenjem grupe "komercijalnih" drvnih vrsta; kompleksnim korišćenjem drveta kao sirovine, itd. U tom smislu raste i interes za

osnivanje zasada brzorastućih drvnih vrsta, pre svega topola i vrba u našem klimatskom području. Istraživanja u oblasti oplemenjivanja i selekcije novih klonova obavezno moraju da obuhvate i osobine proizvedenog drveta kao veoma značajan faktor.

Ispitivanja fizičkih osobina i hemijskog sastava drveta vrba je sastavni deo istraživanja koja se vode u Institutu u okviru selekcije i oplemenjivanja, odnosno stvaranja novih sorti koje će svojim osobinama odgovarati postavljenim zahtevima (Klašnja i sar., 1997, 1999, 2001, 2002, 2005a, 2005b). Proširenje mogućnosti primene drveta vrba, pored klasičnih, kakve su mehanička i hemijska prerada drveta, naročito u oblasti fitoremedijacije zagađenih zemljišta (najčešće od teških metala), i u proizvodnji velike količine biomase kao sirovine za dobijanje energije (topolotne i električne), podstaklo je i unapredilo istraživanja vezana za osobine ove drvene vrste.

MATERIJAL I METOD RADA

Ova ispitivanja su obuhvatila definisanje osobina drveta 11 klonova bele vrba (*Salix alba*) koji su priznati: cl.107/65-7, cl. NS-73/6, cl.NS-79/2 i cl.378, kao i nekoliko koji su u fazi selekcije: cl.347, cl.281, cl.285, cl.286, cl.377, cl.86/101, cl.107/65/9, starosti 13 godina.

Nakon izbora modelnih stabala izvršena je njihova seča, uradjena zapreminska analiza stabala i pripremljeni su uzorci za ispitivanja. Od svakog stabla su pripremljeni trupčići dužine 60 cm, počevši sa visine od 1,30 m. Sa te donje, šire strane, su odrezani diskovi za ispitivanje širine godišnjih prstenova rasta, a od preostalog drveta su izradjeni uzorci za ispitivanja zapreminske mase drveta, dužine vlakana i za analizu hemijskog sastava.

Priprema uzoraka i merenje širine prstena rasta je uradjena u skladu sa standardom SRPS D.A1.042; merenje zapreminske mase u skladu sa SRPS D.A1.044. Modifikovana metoda Franklin-a je korišćena za maceraciju drveta pri analizi vlakana (Franklin, 1945), a masena dužina vlakana je određena prema Clark-u (1983). Sadržaj Klason lignina je određen prema TAPPI standardu T13m 54; pepeo T211m 58; ekstraktivi T204 os76. Sadržaj pentozana je određen bromid bromatnom metodom, a sadržaj celuloze Kürschner Hoffer metodom (Pravilova, 1984).

REZULTATI I ANALIZA

Širina godišnjih prstenova rasta je određena na kolutovima na prsnoj visini, koji su uzeti sa tri modelna stabla (tri ponavljanja). U tabeli 1 su date prosečne vrednosti, u tabeli 2 su prikazani rezultati analize varijanse (ANOVA).

Analiza vrednosti širine godova ispitivanih klonova vrbe pokazuje veliku varijabilnost, kako među klonovima, tako i u vrednostima širine prstena rasta unutar jednog klona, tj. na odabranim stablima, od godine do godine. Srednja vrednost širine prstena rasta za sve klonove iznosi 7.39 ± 5.07 mm, uz veliku varijabilnost, jer se vrednosti kreću u granicama od 1.00 mm do 21.5 mm. Najniže prosečne vrednosti od 5.35 ± 4.35 mm su zabeležene za klon 107/65/9, a najviše vrednosti za klon 377 čija je srednja vrednost 9.09 ± 5.03 mm.

Tabela 1. Širine prstena rasta drveta vrbe po godinama (prosečne vrednosti na 1.3 m)

Table 1. Growth ring widths per ages of willow wood (average at DBH)

Klon <i>Clone</i>	Širina prstena rasta po godinama, <i>Growth ring widths per ages, mm</i>													Prosek <i>Average</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
NS-79/2	3.0	4.0	6.0	6.0	6.0	14.0	5.0	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.23
NS-73/6	10.5	9.5	21.5	14.0	11.5	10.0	7.5	5.0	10.5	2.0	3.0	4.0	2.0	8.56
378	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	9.0	7.5	7.5	6.5	7.5	5.0	6.0	3.5	5.50
107/65-7	10.0	7.0	16.0	16.5	12.5	9.5	7.0	6.5	5.5	5.5	3.0	2.0	6.0	8.19
107/65/9	5.0	7.0	11.5	7.0	3.0	12.0	2.5	7.0	3.5	2.0	3.0	2.5	3.5	5.35
347	13.0	5.5	15.0	13.5	8.5	5.5	6.0	4.0	4.5	2.5	1.5	2.0	3.0	6.54
281	5.5	4.5	12.0	19.0	15.5	15.5	9.0	8.0	2.5	1.0	2.0	2.0	1.5	7.46
86/101	7.5	5.0	8.5	17.0	11.0	10.0	5.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	6.20
286	5.5	4.0	10.0	14.5	14.5	9.0	15.0	3.5	2.0	3.5	2.0	1.0	1.0	6.56
285	7.0	4.5	10.0	19.0	13.0	10.0	6.5	5.0	4.0	2.0	1.5	1.5	1.5	6.58
377	7.5	13.0	19.5	16.5	11.5	10.0	9.5	5.0	8.5	6.0	2.5	4.0	4.5	9.09

Analiza varijansi (tabela 2) potvrđuje da su razlike između ponavljanja značajne za verovatnoću $P = 0.001$, a između klonova za $P=0.005$.

U tabelama 3 i 4 su prikazane vrednosti apsolutno suve zapremine mase drveta vrbe od uzoraka sa prsne visine, kao i masene dužine vlakana, kao prosečne vrednosti od tri ponavljanja. Rezultati u tabeli 3 ukazuju na to da su vrednosti zapremine mase u apsolutno suvom stanju ispitanih klonova vrba u intervalu od 342 do 404 kg/m³, odnosno da je prosečna vrednost 371 ± 14 kg/m³.

Tabela 2: Analiza varijanse širine godova

Table 2: Analysis of variance of growth ring widths

Izvor varijanse <i>Source</i>	Sredina kvadrata <i>Sum of sq., SS</i>	Stepeni slobode <i>DF</i>	Varijansa <i>Variance</i>	F faktor <i>F value</i>	Značajnost *) <i>Significance</i>
Ponavljjanja <i>Blocks</i>	2056.5213	12	171.3768	29.9945	***
Klonovi <i>Clones</i>	109.0574	10	15.5796	2.7268	*
Greška <i>Error</i>	479.9424	120	5.7136		
Ukupno <i>Total</i>	2645.5210	142			

*) Značajnost F-testa: * - značajan na nivou $\alpha=0.05$; *** - značajan na nivou $\alpha=0.001$

*) *Significance of F-test: * - significant at the level $\alpha=0.05$; *** - significant at the level $\alpha=0.001$*

Tabela 3: Zapreminske mase i dužina vlakana drveta vrbe (prosečne vrednosti na 1.3 m)

Table 3: Wood densities and fiber length of willow wood (average at DBH)

Klon <i>Clone</i>	Zapreminska masa, a.s. <i>Wood density o.d., kg/m³</i>	Dužina vlakana, (masena) <i>Fiber length, mm</i>
NS-79/2	371±3	0.904±0.007
NS-73/6	368±2	0.917±0.006
378	380±2	1.101±0.006
107/65-7	370±3	1.067±0.010
107/65/9	404±4	1.035±0.006
347	372±4	0.983±0.008
281	368±3	1.057±0.008
86/101	371±5	1.096±0.008
286	369±3	1.104±0.004
285	365	0.996±0.004
377	342	0.910±0.008
Prosek, Average	371±14	1.015±0.075

Analiza varijanse (tabela 4), potvrđuje da su razlike između pojedinih klonova značajne (za vjerojatnoću $P=0.001$), dok između vrednosti ponavljanja unutar praga značajnosti nema signifikantnih razlika. Rezultati dobijeni ovim ispitivanjem su u skladu sa našim ranijim istraživanjima (Klašnja i sar., 1997, 2002). Prema podacima koje navode Tharakan i sar., (2003) vrednosti specifične težine vrbe se kreću u intervalu od 0.33-0.48 g/cm³, Leclercq (1997) također daje podatke za specifičnu masu od 0.337 do 0.454 g/cm³. Monteoliva i sar., (2005), navode vrednosti zapremine mase za drvo vrbe starosti 13 godina od 364 kg/m³ do 455 kg/m³. Sve navedene vrednosti su veoma slične i kreću se u intervalima koji su definisani i u našim ispitivanjima.

Rezultati određivanja masene dužine vlakana (tabela 4) pokazuju da ispitani klonovi imaju relativno ujednačenu dužinu vlakana koja se kreće u intervalu od 0.904 mm (klon NS-79/2) do 1.104 mm (klon 286), dok je srednja vrednost za sve klonove 1.015±0.075 mm.

Tabela 4 Analiza varijanse zapremine mase

Table 4: Analysis of variance of wood density

Izvor varijanse <i>Source</i>	Sredina kvadrata <i>Sum of sq., SS</i>	Stepeni slobode <i>DF</i>	Varijansa <i>Variance</i>	F faktor <i>F value</i>	Značajnost <i>Significance</i>
Ponavljanja <i>Blocks</i>	0.2424	2	0.1212	0.0095	ns
Klonovi <i>Clones</i>	6161.5152	10	616.1515	48.5622	***
Greška <i>Error</i>	253.7575	20	12.6878		
Ukupno <i>Total</i>	6414.5152	32			

*) Značajnost F-testa: ns – nije značajan na nivou $\alpha=0.05$; *** - značajan na nivou $\alpha=0.001$

*) *Significance of F-test: ns – not significant at the level $\alpha=0.05$; *** - significant at the level $\alpha=0.001$*

Ispitivanja morfologije vlakana vrbe starosti 14 godina (Ganesh i sar., 1992) daju podatke o dužini vlakana od 0.49 mm do 0.70 mm u prve tri godine rasta, kada je konstatovan i najveći rast, sa varijacijama od 0.5mm, dok je u kasnijim godinama dužina vlakana oko 1.1mm. Monteoliva i sar., (2005) daju podatke za drvo vrbe starosti 13 godina o dužini vlakana od 0.837 do 1.142 mm, a Leclercq (1997) kao srednje vrednosti navodi dužine od 1.003 do 1.016 mm. I naša prethodna istraživanja (Klašnja i sar., 1997, 1999, 2001, 2002, 2005a, 2005b) su dala vrlo slične rezultate.

Analiza varijansi (tabela 5) potvrđuje postojanje značajnih razlika između ispitanih klonova, i dobro slaganje vrednosti unutar jednog klona, tj. između ponavljanja.

Tabela 5: Analiza varijanse dužine vlakana

Table 5: Analysis of variance of fiber length

Izvor varijanse <i>Source</i>	Sredina kvadrata <i>Sum of sq., SS</i>	Stepeni slobode <i>DF</i>	Varijansa <i>Variance</i>	F faktor <i>F value</i>	Značajnost <i>Significance</i>
Ponavljanja <i>Blocks</i>	9.8787	2	4.9394	0.0905	ns
Klonovi <i>Clones</i>	183095.5757	10	18309.5575	335.7125	***
Greška <i>Error</i>	1090.7878	20	54.5394		
Ukupno <i>Total</i>	184196.2424	32			

*) Značajnost F-testa: ns – nije značajan na nivou $\alpha=0.05$; *** - značajan na nivou $\alpha=0.001$

*) *Significance of F-test: ns – not significant at the level $\alpha=0.05$; *** - significant at the level $\alpha=0.001$*

Analiza hemijskog sastava po grupama jedinjenja je uradjena po navedenoj metodologiji za uzorke sa prsne visine, a rezultati su prikazani u tabeli 6. Statistička analiza je uradjena za sve dobijene rezultate, ali se u radu prikazuju samo za vrednosti sadržaja celuloze i Klasonovog lignina, koji i jesu najvažnija jedinjenja koja čine drvenu supstancu (tabele 7 i 8).

Rezultati hemijske analize ispitivanih klonova drveta vrbe su u granicama uobičajenih vrednosti, pa je tako prosečan sadržaj celuloze 50.30 ± 1.00 %, u intervalu od 47.61 % za klon NS-79/2, do 51.92 % za klon 378. Prosečan sadržaj lignina iznosi 23.31 ± 0.57 %, a pentozana 21.54 ± 0.90 %. Prema navodima istraživanja Akgul i Kirci (2009) sadržaj celuloze u drvetu vrbe (*Salix alba*) je nešto viši u poredjenju sa našim rezultatima i iznosi 53.50%, dok su vrednosti sadržaja pentozana slične i iznose 21.80 %.

Sadržaj lignina iznosi 21.60 %, i takodje je nešto niži u odnosu na vrednosti koje su dobijene za naše klonove. Szczukowski i sar.,(2002), su u svojim istraživanjima konstatovali da je sadržaj celuloze u drvetu vrbe, nezavisno od ispitivanog klona, u granicama od 45.58 % (starost jedna godina) do 55.94 % (starost 3 godine), što je u korelaciji sa našim rezultatima (Tabela 6). Medjutim, iznenadjujuće nizak je sadržaj lignina, od 13.44% (jedna godina) pa do 13.79% (tri godine), što je značajno niže u poredjenju i sa našim, ali i sa literaturnim podacima drugih autora. Sadržaj hemiceluze, odnosno pentozana je izrazito nizak i sličan je vrednostima sadržaja lignina (od 13.53 % do 13.96 %).

Tabela 6. Hemijski sastav drveta vrbe (prosečne vrednosti)

Table 6. Chemical composition of willow wood (average values)

Klon Clone	Celluloza Cellulose, %	Pentozani Pentozanes %	Klason lignin Klason lignin, %	Ekstraktivi Extractives, %	Pepeo Ash, %
NS-79/2	47.61	22.71	23.78	2.98	0.72
NS-73/6	50.23	21.98	23.05	3.56	0.65
378	51.92	19.51	23.90	2.79	0.47
107/65-7	49.45	21.58	23.40	3.63	0.52
107/65/9	50.06	22.10	22.31	3.41	0.47
347	48.92	21.87	23.52	3.24	0.64
281	49.87	21.06	23.42	3.82	0.53
86/101	50.67	22.14	22.98	3.45	0.56
286	48.95	20.93	24.11	3.12	0.51
285	51.06	20.37	22.79	3.21	0.63
377	50.62	22.46	23.02	3.43	0.51
Prosek	50.30±1.00	21.54±0.90	23.31±0.57	3.34±0.30	0.57±0.09

Tabela 7: Analiza varijanse sadržaja celuloze

Table 7: Analysis of variance of cellulose content

Izvor varijanse Source	Sredina kvadrata Sum of sq., SS	Stepeni slobode DF	Varijansa Variance	F faktor F value	Značajnost Significance
Ponavljanja Blocks	1.6599	2	0.8299	3.6769	*
Klonovi Clones	26.3625	10	2.6363	11.6790	***
Greška Error	4.5146	20	0.2257		
Ukupno Total	32.5378	32			

*) Značajnost F-testa: * - značajan na nivou $\alpha=0.05$; *** - značajan na nivou $\alpha=0.001$

*) Significance of F-test: * - significant at the level $\alpha=0.05$; *** - significant at the level $\alpha=0.001$

Statistička analiza rezultata hemijskog sastava uglavnom ukazuje na veoma značajne razlike između ispitivanih klonova, kako je i prikazano u tabelama 7 i 8, za vrednosti sadržaja celuloze i lignina, respektivno.

Tabela 8: Analiza varijanse sadržaja lignina

Table 8: Analysis of variance of lignin content

Izvor varijanse <i>Source</i>	Sredina kvadrata <i>Sum of sq., SS</i>	Stepeni slobode <i>DF</i>	Varijansa <i>Variance</i>	F faktor <i>F value</i>	Značajnost <i>Significance</i>
Ponavljanja <i>Blocks</i>	0.8352	2	0.4176	12.5295	***
Klonovi <i>Clones</i>	8.7812	10	0.8781	26.3477	***
Greška <i>Error</i>	0.6665	20	0.0333		
Ukupno <i>Total</i>	10.2829	32			

*) Značajnost F-testa: * - značajan na nivou $\alpha=0.05$; *** - značajan na nivou $\alpha=0.001$

*) *Significance of F-test: * - significant at the level $\alpha=0.05$; *** - significant at the level $\alpha=0.001$*

ZAKLJUČAK

Drvo vrbe može u velikoj meri da posluži kao sirovina u procesima hemijske i mehaničke prerade drveta, ali je možda još važnije naglasiti značajnu perspektivu primene drveta iz gustih zasada vrba koji mogu da posluže u različite svrhe, a u cilju zaštite životne sredine. Naime, vrbe su, što je dokazano velikim brojem publikovanih rezultata, veoma efikasne u fitoremedijaciji zagadjenih zemljišta (najčešće od teških metala). Drugi aspekt je mogućnost proizvodnje velike količine biomase u gustim zasadima, kao obnovljive sirovine za dobijanje energije, toplotne direktnim sagorevanjem usitnjene biomase, ili električne u kogeneraciji. Ova ispitivanja osobina drveta priznatih klonova i klonova u selekciji bele vrbe (*Salix alba*), potvrdila su da je i sa aspekta hemijskog sastava, ali i sa stanovišta brzine rasta, dužine vlakana, a naročito relativno visoke vrednosti zapreminske mase drveta, potvrđena mogućnost primene drveta u svim navedenim područjima primene. Ako se tome doda mogućnost osnivanja gustih zasada i na zemljištima koja nisu pogodna za poljoprivrednu proizvodnju, čime bi se dodatno povećala i šumovitost u Vojvodini, onda je slika o značaju proširenja površina zasađenih ovom drvnom vrstom upotpunjena.

REFERENCE

- Akgul,M., Kirci,H. (2009): An environmentally friendly organosolv (ethanol-water) pulping of poplar wood. *Journal of Environmental Biology* 30(5): 735-740.
- Clark, J.A. (1983): Pulp technology and treatment (translation to Russian). *Lesnaja promislennost*, Moskva: 62.
- Deka, G. C., Wong, B.M., Roy, D. N. (1992): Suitability of Hybrid Willow as a Source of Pulp. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 12(2):197-211.
- Franklin, G.L. (1945): Preparation of thin sections of synthetic resins, and woodresin composites, and a new macerating method for wood. *Nature* 51: 145.
- Klašnja,B., Kopitović,Š. (1997): Structural-physical characteristics and chemical composition of wood of some white willow clones (*Salix alba* L.). *Drevarsky vyskum* 42 (1): 1-10.
- Klašnja,B., Kopitović,Š. (1999): Quality of wood of some willow and robinia clones as fuelwood. *Drevarsky vyskum* 44 (2): 9-18.
- Klašnja, B., Kopitović, S., Orlović, S. (2001) : Wood of some poplar and willow clones as raw material for kraft pulp production. *Drevarsky vyskum* 46(4): 1-8.
- Klašnja, B., Kopitović, Š., Orlović, S.(2002): Wood and bark of some poplar and willow clones as fuelwood *Biomass and Bioenergy* 23: 427-432.
- Klašnja,B., Orlović,S., Galic,Z., Pilipovic,A. (2005a): Poplar and willow wood of whole trees and branches as raw material for the production sulphate pulp. 14th European Biomass Conference and Exhibition; Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Paris, Proceedings of the International Conference:1771-1774.
- Klašnja,B., Orlović,S., Radosavljević,N., Marković,M. (2005b) Drvo vrbe (*Salix alba*) kao sirovina za proizvodnju vlakana. *Hemijska industrija* 59, 7/8:175-179.
- Leclercq,A. (1997): Wood quality of white willow. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 1(1): 59-64.
- Monteoliva,S., Senisterra,G., Marlats,R. (2005): Variation of wood density and fibre length in six willow clones (*Salix spp.*) *AWA Journal* 26(2): 197-202.
- Pravilova,T.A. (1984): Himiceskij kontrol proizvodstva sulfatnoj cellulози. *Lesnaja promisljennost*, Moskva.
- Szczukowski,S., Tworkowski,J., Klasa,A., Stolarski,M. (2002): Productivity and chemical composition of wood tissues of short rotation willow coppice cultivated on arable land. *Rostilna výroba* 48(9): 413-417.
- Tharakan,P.J., Volk,T.A., Abrahanson,L.P., White,E.H (2003): Energy feedstock characteristics of willow and hybrid poplar clones at harvest age. *Biomass and Bioenergy* 25(6): 571-580.

Summary

*CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD OF SOME
CLONES OF WHITE WILLOW (*Salix alba*)*

by

Bojana Klačnja, Saša Orlović, Zoran Galić, Marko Kebert

*This paper presents the results of examinations of wood of 11 white willows (*Salix alba*) clones, (aged 13 years), of which 4 are registered, and 7 are in the process of evaluation and selection. On the samples of the selected model trees at DBH was carried out measuring the width of growth rings, wood volume density, wood fiber length and chemical composition in groups of compounds. Statistical analysis (ANOVA) of the obtained results showed statistically significant differences of most properties between examined willow clones. These examinations of wood properties of white willow registered and clones in the experimental phase confirmed the high potential for utilization according to chemical properties, growth, fiber length and relatively high wood density. Also, their contribution to the afforestation of lands that are inappropriate for agricultural production could be considerable, especially in Vojvodina.*