

UDK: 582.52

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

FIZIČKE I STRUKTURNE OSOBINE DRVETA NEKOLIKO KLONOVA BAGREMA RAZLIČITE STAROSTI

Klašnja Bojana, Orlović Saša, Galić Zoran, Novčić Zoran¹

Izvod: U radu su prikazani rezultati ispitivanja drveta četiri klona bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) R34, R56, R113, R121, različite starosti 6, 8, 11, i 13 godina. Određene su vrednosti širine prstena rasta, dužine drvnih vlakana i vrednosti apsolutno suve i nominalne zapreminske mase. Ustanovljene su značajne interklonalne razlike svih ispitanih parametara, ali i signifikantne razlike uslovljene različitom starošću drveta. Najveći prosečni prirast – širina prstenova rasta je zabeležen do osme godine starosti (prosečna vrednost 5,40 mm), dok prosečna dužina vlakana od 0,866 mm ima tendenciju porasta sa starošću stabla. Prosečne vrednosti apsolutno suve zapreminske mase od 672 kg/m³, koje se kod starijeg drveta kreću i do 780 kg/m³ potvrđuju značajnu mogućnost primene bagremovog drveta kao obnovljivog energetskog resursa.

Ključne reči: *Robinia pseudoacacia*, interklonalna varijabilnost, biomasa

PHYSICAL AND STRUCTURAL PROPERTIES OF WOOD OF SOME BLACK LOCUST CLONES IN DIFFERENT AGE

Abstract: *This paper present the results of examination of wood of four black locust clones (Robinia pseudoacacia L.) R34, R56, R113, R121, in different ages – 6,8,11 and 13 years. Growth ring width, fiber length and wood volume density (oven dry and basic) were determined. For all tested roperties significant differences were found caused by different clone and different age of wood. The highest average growth rate – the width of growth rings was recorded up to the eighth year (mean 5.40mm), while the average fiber length of 0.866mm increased with age of trees. Mean values of wood density of 672 kg/m³ which is in an older wood range up to 780 kg/m³, confirm a significant possibilty of using black locust wood as renewable energy source.*

Ključne reči: *Robinia pseudoacacia*, interclonal variability, biomass

UVOD

Bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.) je lišćarska vrsta sa izrazitim rastom u juvenilnoj fazi, koja se relativno lako prilagodjava različitim tipovima zemljišta, kao i klimatskim uslovima. Ima veoma brz rast, mogućnost fiksiranja azota, izvanrednu sposobnost razmnožavanja, kao i visok prinos biomase. Drvo bagrema je cenjena

¹Dr Bojana Klašnja naučni savetnik, dr Saša Orlović naučni savetnik, dr Galić Zoran, viši naučni saradnik, Novčić Zoran dipl.ing., Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Novi Sad

sirovina, kvalitetno je i sa dugim rokom trajanja, a koristi se u različite svrhe. Iako je originalna vrsta poreklom iz Severne Amerike (u Evropu je unet početkom 17. veka), veoma je rasprostranjen u celom svetu od umerenih do suptropskih klimatskih oblasti. Podaci govore o više od 4 miliona hektara samo u Madjarskoj (Redei et al., 2008), koja je vodeća zemlja po površini pod zasadima bagrema – preko 23% ukupnog šumskog zemljišta. Podaci o veoma brzom rastu u juvenilnoj fazi, od 2-6 cm dnevno (Kamdem et al., 1995) su doprineli porastu interesovanja za ovu drvenu vrstu, zbog mogućnosti primene njegove biomase za proizvodnju energije, odnosno kao obnovljivi resurs za bioenergiju.

Istraživanja koja se odnose na bagrem kao drvenu vrstu, kao i osobine drveta bagrema u cilju definisanja mogućnosti njegove primene kao sirovine u procesima, pre svega mehaničke, ali i hemijske prerade, se u Institutu odvijaju u kontinuitetu, već dugi niz godina. Navode se samo neke reference iz oblasti definisanja osobina drveta bagrema (Kopitović i Klačnja 1989, 1994, 2000, Klačnja et al., 1995, 1999, 2000).

U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja bagremovog drveta za četiri klona R54, R56, R113 i R121, u različitim periodima, tj, u momentima kad je drvo imalo starost 6, 8, 11 i 13 godina. Posebna pažnja je posvećena strukturnim osobinama – širina godova i dužina drvnih vlakana, zatim vrednostima zapremneske mase (apsolutno suve i nominalne).

MATERIJAL I METODE

Ispitivanja koja su obuhvatila najvažnije fizičke i strukturne osobine drveta su izvršena na uzorcima odabranih modelnih stabala četiri klona bagrema R54, R56, R113 i R121, starosti 13 godina, iz oglednih zasada Instituta. Dobijeni rezultati su upoređeni sa vrednostima dobijenim u ranijim ispitivanja istih klonova (starosti 6, 8, 11 godina). Uzorci u obliku izvrtaka (dva izvrtka sa svakog modelnog stabla (tri stabla) za svaki klon) su uzeti Preslerovim svrdlom na prsnoj visini i osušeni na sobnoj temperaturi do sadržaja vlage od oko 8 do 10%.

Odredjivanje dužine vlakana je izvršeno prema metodologija Clark (1978) i izraženo je kao srednja masena dužina vlakana.

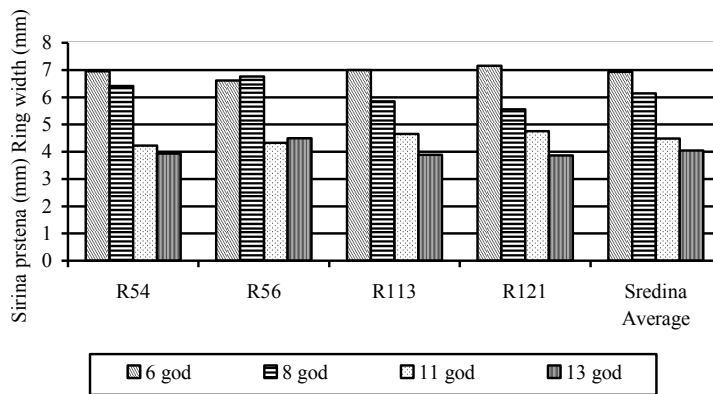
Odredjivanje širine godova i zapremneske mase drveta je uradjeno u skladu sa standardima Republike Srbije.

REZULTATI I DISKUSIJA

Širina prstena rasta

Vrednosti širine prstena rasta drveta ispitanih klonova bagrema, paralelno prikazane u svim starosnim periodima, izmerene na po tri modelna stabla za svaki klon i starost, su prikazane u tabeli 1 i na slici 1.

Statistička analiza podataka je ukazala na veoma male razlike vrednosti širine prstena rasta između klonova. Srednje vrednosti širine prstena rasta se kreću u veoma uskom intervalu od 5,33mm do 5,55mm, sa srednjom vrednošću od 5,40mm, (slika 1) nezavisno od klona.



Slika 1: Srednje vrednosti širine prstena rasta drveta bagrema
 Figure 1: Average width of growth rings of black locust wood

Tabela 1. Širina prstena rasta drveta bagrema (mm)
 Table 1: Width of growth rings of black locust wood (mm)

Klonovi Clones	6 godina 6 years			8 godina 8 years			11 godina 11 years			13 godina 13 years			Sredina Average
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
R 54	7,67	7,50	5,67	6,25	6,60	6,37	4,20	4,05	4,45	4,80	3,70	3,30	5,38
R 56	7,33	6,50	6,00	7,43	6,25	6,60	4,60	3,50	4,90	4,50	4,70	4,30	5,55
R 113	7,50	6,17	7,32	5,90	5,75	5,90	4,85	4,60	4,50	4,56	3,60	3,50	5,35
R 121	8,17	7,23	6,05	6,45	4,25	5,95	5,60	3,95	4,70	4,60	3,50	3,50	5,33
Sredina Average	6,93±0,80			6,14±0,75			4,49±0,54			4,05±0,57			5,40

Sa druge strane, statistička analiza ukazuje na značajne razlike unutar klona, ne samo u zavisnosti od starosti drveta, nego i između vrednosti širine prstena rasta merenih na modelnim stablima iste starosti, i istog klona (tabela 2). Kako se može uočiti, razlike između klonova su ponovo bez velikog značaja, ali postoje značajne razlike širine prstena rasta unutar svakog klona, zavisno od starosti (verovatnoća veća od 99,9%), ali isto tako i unutar ponavljanja.

Ako se analiziraju vrednosti u zavisnosti od starosti drveta, odmah se zapaža da je najveća širina godova u ranoj fazi rasta biljaka, jer su prosečne širine prstena rasta za sve klonove najveće – za drvo starosti 6 godina prosečna vrednost je 6,93mm, a za drvo starosti 8 godina 6,14 mm (u tabeli 2 su prikazane i vrednosti standardne devijacije). Na uzorcima starijeg drveta godišnji rast je umereniji, pa je tako prosečna širina prstena rasta za drvo starosti 11 godina 4,49mm, a za drvo starosti 13 godina 4,04mm.

Potvrđena je pretpostavka da se prosečne vrednosti širine godova smanjuju kako drvo stari, što je očekivani trend, i slaže se sa literaturnim navodima

(Adamopoulos et al., 2002), gde se navodi da brzina rasta ima najvišu vrednost u periodu od pete do devete godine, i da zatim kontinualno opada.

Tabela 2. Analiza varijanse za vrednosti širine godova
Table 2. Analysis of variance of width of growth rings

Izvor varijacije <i>Source of variation</i>	Suma kvadrata <i>Sum of squares</i>	Stepeni slobode <i>Deg. of freedom</i>	Sredina kvadrata <i>Mean square</i>	F-vrednost <i>F-value</i>	Signifikantnost <i>Significance</i>
Blokovi <i>Blocks</i>	6,0221	2	3,0110	9,5211	F>F _{99,9} (***)
Starost Ages	66,4177	3	22,1392	70,0057	F>F _{99,9} (***)
Klonovi <i>Clones</i>	0,3731	3	0,1244	0,3933	ns
Interakcija <i>Interaction</i>	4,1362	9	0,4596	1,4532	ns
Pogreška <i>Error</i>	9,4875	30	0,3168		
Ukupno <i>Total</i>	86,4366	47			

Dužina drvnih vlakana

Dužina drvnih vlakana (srednja masena) za svaki klon ponaosob, kao i za sve ispitane starosti drveta bagrema je prikazana u tabeli 3.

Tabela 3. Prosečne vrednosti dužine drvnih vlakana drveta bagrema (µm)
Table 3: Average values of fiber length of black locust wood (µm)

Klonovi <i>Clones</i>	6 godina <i>6 years</i>			8 godina <i>8 years</i>			11 godina <i>11 years</i>			13 godina <i>13 years</i>			Sredina <i>Average.</i>
	I ^{*)}	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
R 54	774	725	762	859	903	880	890	854	871	908	925	912	855
R 56	766	803	784	937	888	914	897	902	894	920	957	929	882
R 113	778	768	775	882	834	895	903	851	865	912	928	953	862
R 121	772	778	786	864	887	893	875	882	893	906	922	917	864
Sredina <i>Average</i>	773±18			886±26			881±18			924±16			866

^{*)} Ponavljanja *Repetitions*

Analiza vrednosti dužine vlakana drveta pokazuje da starija stabla istih klonova imaju duža vlakna (u proseku), što je sasvim u skladu sa očekivanjima. Podaci koji mogu da se nadju u literaturi pokazuju slične vrednosti dužine vlakana od 0,770 do 1,040mm u proseku, za drvo starosti 18 do 33 godine (Adamopoulos et al., 2002). Konstatovan je značajan porast vrednosti dužine vlakana između 7 i 11 godine, što znači u juvenilnoj fazi, nakon čega je mnogo niži, i ne pokazuje nikakvu

korelaciju sa određenim parametrima rasta. To su potvrdili i drugi autori (Geyer i Walawender, 1994), dok se u radu Stringer-a navodi prosečna dužina vlakana od 0,990 mm za drvo starosti 10 godina, kao i nešto duža vlakna od 1,050 mm za drvo starosti 20 godina (Stringer (1992). Rezultati naših ispitivanja pokazuju značajan rast u periodu između šeste i osme godine (porast od 14,72%), da bi nakon toga rast bio umereniji. Poređenje vrednosti dužine vlakana drveta bagrema nakon 13 godina i nakon 6 godina pokazuje ukupan porast za 19,61% u odnosu na početnu vrednost.

Statistička analiza vrednosti dužine vlakana je uradjena na isti način kao i za širinu prstena rasta. Ustanovljene su veoma značajne razlike između klonova, ali i razlike u dužini vlakana uslovljene starošću drveta (tabela 4), čime su potvrđeni rezultati koji pokazuju značajan porast dužine vlakana sa starošću drveta.

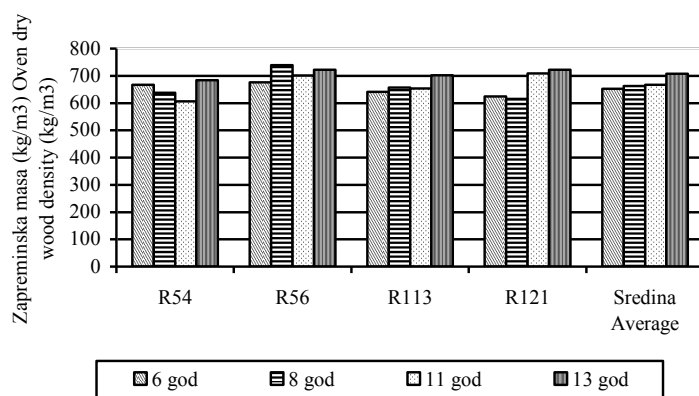
Tabela 4. Analiza varijanse za vrednosti dužine vlakana

Table 4. Analysis of variance of fibers length

Izvor varijacije <i>Source of variation</i>	Suma kvadrata <i>Sum of squares</i>	Stepeni slobode <i>Deg. of freedom</i>	Sredina kvadrata <i>Mean square</i>	F-vrednost <i>F-value</i>	Signifikantnost <i>Significance</i>
Blokovi <i>Blocks</i>	0,0004	2	0,0002	0,6242	ns
Starost Ages	0,1530	3	0,0510	144,5102	F>F _{99,9} (***)
Klonovi <i>Clones</i>	0,0049	3	0,0016	4,6298	F>F ₉₉ (**)
Interakcija <i>Interaction</i>	0,0021	9	0,0002	0,6585	ns
Pogreška <i>Error</i>	0,0106	30	0,0003		
Ukupno <i>Total</i>	0,1710	47			

Zapreminska masa drveta

Ispitivanja zapreminske mase drveta, koja je povezana sa praktično svim strukturnim osobinama drveta, su obuhvatila određivanje zapreminske mase apsolutno suvog drveta i nominalne zapreminske mase (tabele 5 i 7).



Slika 2: Srednje vrednosti apsolutno suve zapreminske mase drveta bagrema

Figure 2: Average values of oven dry wood density of black locust wood

Tabela 5. Prosečne vrednosti apsolutno suve zapreminske mase drveta bagrema (kg/m³)Table 5: Average values of oven dry wood density of black locust wood (kg/m³)

Klonovi Clones	6 godina 6 years			8 godina 8 years			11 godina 11 years			13 godina 13 years			Sredina Average
	I ^{*)}	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
R 54	635	762	603	644	611	658	596	618	603	657	696	698	648
R 56	699	656	672	739	696	781	684	705	713	711	753	703	709
R 113	626	649	649	566	702	703	674	667	622	745	711	651	664
R 121	619	634	620	582	613	651	697	708	721	739	722	704	668
Sredina Average	652±43			663±64			667±46			707±31			672

*) Ponavljanja Repetitions

Promene zapreminske mase drveta ispitivanih klonova nisu velike; srednja vrednost apsolutno suve zapreminske mase za drvo starosti 6 godina iznosi 652 kg/m³, dok je za drvo staro 13 godina 707 kg/m³, što je u apsolutnim vrednostima razlika od 8,51%, uz visoke vrednosti standardne devijacije. Grafički prikaz vrednosti apsolutno suve zapreminske mase drveta bagrema je dat na slici 2.

Analizom varijanse rezultata ispitivanja ustanovljeno da postoje signifikantne razlike kako izmedju ispitivanih klonova, tako i u zavisnosti od starosti drveta (tabela 6).

Prema podacima iz literature, drvo bagrema ima prosečne vrednosti specifične težine oko 0,69 (Stringer, 1992). Geyer i Walawender (1994) su ustanovili vrednosti specifične težine 0,58 za stablo i 0,49 za granjevinu, za drvo bagrema starosti 7 godina, (zapremina u vlažnom stanju). Navedene vrednosti se slažu sa rezultatima naših istraživanja, 672 kg/m³ ukupna prosečna vrednost apsolutno suve zapreminske mase, i 593 kg/m³ prosečna vrednost nominalne

zapreminske mase (tabele 5 i 7). To je takodje u skladu sa navodima rumunskih autora (Hernea et al., 2009) koji navode prosečne vrednosti apsolutno suve zapreminske mase drveta nekoliko klonova bagrema u intervalu od 634 kg/m^3 do 785 kg/m^3 , odnosno od 532 kg/m^3 do 648 kg/m^3 za nominalnu zapreminsku masu.

Tabela 6. Analiza varijanse za vrednosti apsolutno suve zapreminske mase

Table 6. Analysis of variance of oven dry wood density

Izvor varijacije <i>Source of variation</i>	Suma kvadrata <i>Sum of squares</i>	Stepeni slobode <i>Deg. of freedom</i>	Sredina kvadrata <i>Mean square</i>	F-vrednost <i>F-value</i>	Signifikantnost <i>Significance</i>
Blokovi <i>Blocks</i>	2629,625	2	1314,8125	0,9221	ns
Starost Ages	21341,6667	3	7113,8889	4,9889	F>F ₉₉ (**)
Klonovi <i>Clones</i>	24456,1667	3	8152,0556	5,7169	F>F ₉₉ (**)
Interakcija <i>Interaction</i>	29945,1667	9	3327,2407	7,3333	F>F ₉₅ (*)
Pogreška <i>Error</i>	42778,375	30	1425,9458		
Ukupno <i>Total</i>	121151	47			

Statistička analiza podataka za vrednosti nominalne zapreminske mase drveta bagrema je takodje potvrdila veoma značajne razlike i izmedju klonova, ali i razlike uslovljene starošću drveta sa verovatnoćom $F>F_{99,9}$.

Tabela 7: Prosečne vrednosti nominalne zapreminske mase drveta bagrema (kg/m^3)Table 7: Average values of basic wood density of black locust wood (kg/m^3)

Klonovi <i>Clones</i>	6 godina 6 years			8 godina 8 years			11 godina 11 years			13 godina 13 years			Sredina <i>Average</i>
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
R 54	536	634	507	578	543	576	556	564	570	575	595	590	569
R 56	594	563	566	647	612	659	546	564	582	614	666	604	603
R 113	539	546	562	576	589	602	584	592	576	598	609	628	583
R 121	603	628	597	608	627	611	628	614	602	641	653	619	619
Sredina <i>Average</i>	573±39			602±33			582±24			617±31			593

ZAKLJUČAK

Ispitivanja strukturnih osobina i odredjivanje zapreminske mase drveta bagrema u različitim starostima, zaključno sa starošću od 13 godina se mogu smatrati ispitivanjima juvenilnog drveta bagrema. To je potvrđeno i u našim ranijim ispitivanjima, a i navodima istraživača sa drugih područja. Rezultati dobijeni za drvo četiri klona bagrema pokazuju značajne razlike za sve ispitane parametre i u

zavisnosti od starosti drveta, a takodje i izmedju ispitanih klonova. Potvrđen je trend da se prosečne vrednosti širine godova smanjuju sa starošću drveta, i da je rast najveći u juvenilnoj fazi, ili do osme godine u ispitanim relacijama. Vrednosti dužine vlakana su u porastu sa povećanjem starosti drveta i sasvim su u korelaciji sa dostupnim podacima iz literature. Prosečna vrednost apsolutno suve zapremine mase drveta od 670 kg/m^3 , kao i vrednosti preko 700 kg/m^3 u trinaestoj godini, u kombinaciji sa visokim prirastom iskazanim kroz porast širine prstena rasta u juvenilnoj fazi, ukazuje na veliki potencijal koji ova drvena vrsta ima u naporima za obezbeđenjem obnovljivih izvora energije.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Intergriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

LITERATURA

- Adamopoulos S., Voulgaridis E. (2002): Within-tree variation in growth rate and cell dimensions in the wood of black locust (*Robinia Pseudoacacia*). IAWA Journal, Vol.23(2): 191-199.
- Clark J. (1978): Pulp technology and treatment for paper (translated to russian). Lesnaja promislennost, Moskva.
- Geyer W.A., Walawender W.P. (1994): Biomass properties and gasification behavior of young black locust. Wood and fiber sci.26(3): 354-359.
- Hernea C., Corneanu M., Visolu D. (2009): Reserches concerning the wood density of *Robinia pseudoacacia* L. var. *Ortenica*. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology vol.13: 334-336.
- Kamdern D.P., Francis R.C., Sabourin M.J.(1995): Black locust, a potential fiber source for the pulp and paper industry. Cellulose Chem. Technol. 29: 181-189.
- Klašnja B., Kopitović Š.(1994): Some changes of chemical composition of Robinia wood during hydrothermal treatment. Drevarsky vyskum, (1-2): 1-7
- Klašnja, B., Kopitović, Š., Orlović, S., Galić, Z. (2000): Variability of some structural and physical properties of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) wood. Genetika 32(1): 9-17.
- 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 Š. (1995): Parallel examination of some characteristics of young Robinia wood. Drevarsky vyskum 40(2): 1-9.
- Kopitović Š., Klašnja B. (2000): Study of some young wood properties of several black locust clones. Drevarsky vyskum 45(2): 15-24.
- Kopitović Š., Klašnja B., Guzina V. (1989): Importance of structural, physical and chemical properties of *Robinia* wood (*Robinia pseudoacacia* L.) for its mechanical characteristics. Drevarsky vyskum (122): 13-29.

- Redei K., Osvath-Bujtash Z., Veperdi I. (2008): Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Improvement in Hungary: a Review. Acta Silv. Lign. Hun., Vol.4:127-132.
- Stringer J.W. (1992): Wood properties of black locust (*Robinia pseudoacacia*). Proceedings of International Conference on Black Locust, Michigan State University: 277.

