

## АНАТОМСКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ДРВНИХ ВЛАКАНА ВРСТЕ *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl.

ЈАСМИНА ПОПОВИЋ<sup>1</sup>  
ГОРДАНА РАДОШЕВИЋ<sup>1</sup>

**Извод:** У раду су приказани резултати истраживања анатомске и хемијске грађе врсте *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl. са подручја Беле Цркве. Циљ овог рада је да се на бази података добијених истраживањима у оквиру пројекта „Истраживања морфолошких, анатомских и техничких својстава *Paulownia* spp. у циљу интродукције и коришћења” добије увид у карактеристике квалитета дрвета анализом дрвних влакана.

**Кључне речи:** *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl., прстенови прираста, дрвна влакна, лигнин, целулоза.

ANATOMICAL - CHEMICAL CHARACTERISTICS OF WOOD FIBRES  
OF THE SPECIES *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl.

**Abstract:** The anatomic and chemical structure of *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl. from the area of Bela Crkva was researched. The aim of the study was to assess the characteristics of wood quality by the analysis of wood fibres based on the data obtained by the research within the project “Research of morphological, anatomic and technical characters of *Paulownia* spp. in the aim of introduction and utilisation”.

**Key words:** *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl., growth rings, wood fibres, lignin, cellulose.

### 1. УВОД

Већ дуго низ година, али и у будућности, дрво је незаобилазна сировина за производњу различитих врста грађевинских материјала, плоча, намештаја, али и производњу влакана, папира и низа хемијских једињења као што су дрвени угаљ, смола, катран.

С обзиром на то, очигледно је да потрошња дрвета као сировине у свету непрекидно расте, што указује на чињеницу да недостатак дрвне сировине постаје лимитирајући фактор развоја дрвно-прерађивачке индустрије. Све више расте интересовање за узгајање брзорастућих врста у засадима кратке опходње, посебно у регионима који имају на располагању земљиште које не задовољава квалитет пољопривредног земљишта (В и л о т и ћ *et al.*, 2004; М и л е н к о в и ћ *et al.*, 2008).

---

<sup>1</sup> Јасмина Поповић, дипл. инж., асистент и управник; мр Гордана Радошевић, асистент; Шумарски факултет Универзитета у Београду.

Последњих година у свету, али и у Јужној Европи (Шпанија, Португалија), због погодних климатских услова, јавља се велико интересовање за плантажним узгајањем *Paulownia*.

Род *Paulownia* је пореклом из Кине, где је познат више од 2600 година. Познате су као брзорастуће врсте са кратким периодом опходње (под повољним условима стабло старости 5-7 година може достићи висину од 15-20 m), које имају релативно скромне захтеве у погледу квалитета земљишта, што их чини веома атрактивним за плантажно узгајање у циљу производње сировине за потребе дрвно-прерађивачке индустрије. Карактеришу их: отпорност на трулеж, димензиона стабилност и веома висока тачка паљења, а користе се за производњу ОСБ плоча (oriented strand board) и фурнира (В е r g m a n n , 1998) и за процесе пулповања (О l s o n и C a r p e n t e r , 1985).

У овом раду су проучене анатомско-хемијске карактеристике дрвета *Paulownia fortunei*, узгајане на подручју Беле Цркве, као најбољих показатеља квалитета дрвета као сировине у хемијско-механичкој преради дрвета.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Материјал за истраживање потиче са огледног поља дипл. инж. Слободана Вуковојца постављеног на подручју Беле Цркве. Саднице *Paulownia fortunei* добијене из културе ткива пресађене су 1996. године а стабла за анализу посечена су у јуну 2008. године.

Узорци у виду котурова дебљине 3 cm, за ово истраживање, узети су са три стабла са прсне висине (1,3m). Из овако добијених котурова сечене су стандардне епрувете (15x15x30 mm). За анализу следећих анатомских својстава: ширина прстена прираста, Средња бројна и Средња масена дужина влакана и Ранкеов коефицијент, коришћена је једна половина дрвене епрувете од сржи до коре. Из тако исечене епрувете анализирани су делови до сржи (1), из средине епрувете (2) и до коре (3). Друга половина епрувете коришћена је за испитивање хемијског састава.

Употребом Франклиновог реагенса за мацерацију, разлагањем међућелијске супстанце, издвојене су појединачне ћелије ткива погодне за мерење. Раствор за мацерацију чине 30% водоник пероксид и глацијална сирћетна киселина у односу 1:1. Припремљени реагенс је дозиран у стаклене епрувете на узорке дрвета уситњене до величине палидрвца, након чега су епрувете затваране плутаним чеповима. Материјал је у тако припремљеним епруветама преведен у пулпу у сушници на температури од 65<sup>0</sup> у трајању од 24h. Након испирања дестилованом водом и трешења добијене су појединачне ћелије ксилемског ткива погодне за мерење. На овај начин су одвојени проводни од механичких елемената анатомске грађе дрвета *Paulownia fortunei*.

Дужина влакана, дебљине ћелијских зидова и пречници лумена мерени су електронским лењиром на систему LEICA DMLS (камера: Leica DC 300, програм Leica IM 1000).

Из сваког узорка је на по 100 влакана мерена њихова дужина, са увеличањем од 50x. Ове вредности су, затим, изражене као Средња бројна дужина влакана (C l a r k , 1985) израчуната по формули:

$$S_b = \frac{\sum LN}{\sum N} \quad (1)$$

и Средња масена дужина влакана по формули:

$$S_m = \frac{\sum L^3 N}{\sum L^2 N} \quad (2)$$

Квалитет дрвних влакана изражен је Ранкеовим коефицијентом ( $RR^3$ ), као једним од често коришћених показатеља квалитета влакана, који карактерише морфологију попречног пресека влакана, а израчунава се из односа двоструке дебљине ћелијског зида и пречника лумена (W a g e n f u r, R., 1984). Вредност Ранкеовог коефицијента је добијена мерењем по 50 влакана из сваког узорка (дебљине ћелијског зида и пречника лумена), са увеличањем од 200x.

У оквиру анализе хемијског састава урађена је анализа садржаја воде, целулозе, Класоновог лигнина, пепела, екстрактивних супстанци дрвета растворних у смеси органских растварача и у врелој води.

Припрема узорака за анализу хемијског састава вршена је на стандардни начин по ТАРПИ методи Т 11 wd-76. По исецању стандардних епрувета од сржи до коре, извршено је њихово иверање, млевење и просејавање. За хемијску анализу узете су фракције величине честица дрвета 0,5 – 1,0 mm.

За одређивање садржаја воде коришћен је метод сушења дрвне сировине на температури  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  по методи ТАРПИ Т 12 wd-82 (такође и Browning, V.L., 1967a).

Садржај пепела у дрвету одређује се као остатак после жарења на температури  $575 \pm 25^{\circ}\text{C}$  у трајању од 3h, према стандардној методи ТАРПИ 15 wd –80 (такође и B r o w n i n g, V.L., 1967a).

Садржај целулозе одређен је Kurschner-Hoffer-овом методом, која се састоји у третирању дрвне сировине смешом концентроване  $\text{HNO}_3$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , у односу 20:80 (%v/v), у укупном трајању од 4h (B r o w n i n g, V.L., 1967b).

За одређивање садржаја лигнина коришћена је модификована Класонова метода. Дрвна сировина, претходно екстрахована у смеси толуола и етанола, третира се, најпре 72%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а затим разблаженом, 3%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Нерастворни остатак, после филтрирања, испирања дестилованом водом и сушења, дефинише се као Класонов лигнин (Solar Energy Reserch Institute, 1991).

Садржај екстрактивних компоненти одређиван је смешом толуол:етанол =2:1 у Сокслет апарату, стандардном методом ТАРПИ Т 6 os-50.

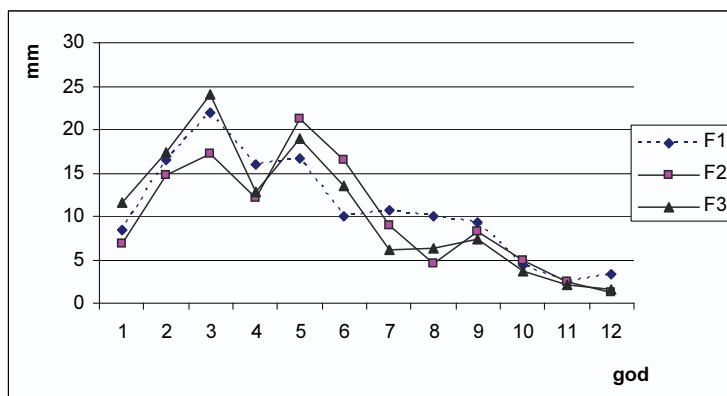
Такође је урађено и одређивање садржаја екстрактивних компоненти у врелој води, стандардном методом ТАРПИ Т1 os-50 (такође и B r o w n i n g, V.L., 1967a).

Добијени резултати анализе хемијског састава односе се на апсолутно суву дрвну супстанцу.

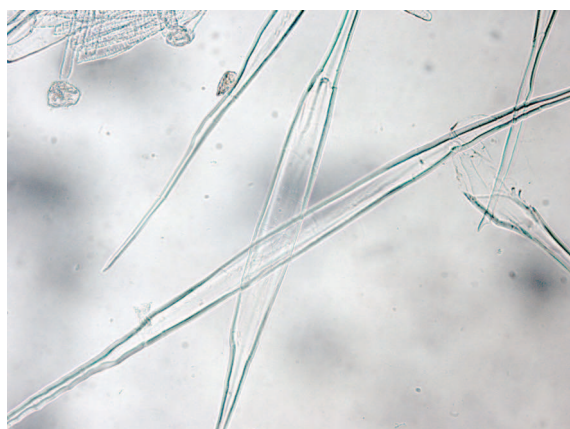
### 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Анализа годишњих прстенова прираста даје нам увид у макроструктуру дрвне масе, што даје могућност претходне оцене њених својстава. Ширина годишњих

прстенова прираста је у директној зависности од повољности услова раста. Анализирана стабла показују максималне вредности ширине прстенова прираста од 3-5. анализирани године што је у складу са описаним подацима о краткој опходњи ове врсте (C a r r o s *et al.*, 2007).



**Графикон 1.** Ширина прстенова прираста  
**Diagram 1.** Growth ring width



**Слика 1.** Дрвна влакна (мацерат)  
**Figure 1.** Wood fibres (macerate)

Механички елементи заступљени у дрвету *Paulownia* су дрвна влакна. То су прозенхимски, на крајевима зашиљени елементи веома лигнификованих ћелијских зидова. Резултати мерења Средње бројне и Средње масене дужине влакана и Ранкеовог коефицијента указују на тренд раста ових вредности са старошћу стабла (табела 1).

Такође, у табели 1 приказане су и средње вредности садржаја основних конституената дрвног ткива – целулозе (C) и лигнина (L), као и садржај пепела (P) и екстрактивних материја у органском растварачу (E) и врелој води (F).

**Табела 1.** *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl. – хемијско-анатомске карактеристике  
**Table 1.** *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl. – chemical-anatomical characteristics

Делови епрувете	Стабло 1			Стабло 2			Стабло 3			Просечне вредности
	1/1	1/6	1/10	2/1	2/6	2/10	3/1	3/6	3/10	
Sb, mm	0,581	0,843	0,920	0,487	0,886	0,900	0,541	0,908	0,985	0,783
Sm, mm	0,615	0,874	0,957	0,511	0,924	0,943	0,564	0,951	1,019	0,818
RR <sup>3</sup>	0,162	0,116	0,149	0,089	0,099	0,212	0,131	0,116	0,136	0,134
C, %	45,69			45,70			45,56			45,71
L, %	18,80			18,14			18,61			18,52
P, %	0,28			0,27			0,26			0,27
E, %	11,62			11,75			11,08			11,48
F, %	10,05			9,93			9,57			9,85

Просечан садржај целулозе у испитиваним узорцима је релативно висок и износи 45,71%, што се знатно разликује од вредности наведених за ову врсту у литератури: 37,44% (Jimenez *et al.*, 2005), 34,2% (Carrros *et al.*, 2008) и 38,50 - 41,46% (Jun - Q i n g, *et al.*, 1983), али је неопходно имати у виду велики број фактора који могу да утичу на варијације хемијског састава дрвета исте врсте, пре свега станиште, климатски услови, услови раста и сл. У односу на тополе (*Populus x euramericana* cv. Robusta i cl. I-214, *Populus deltoides* cl. 618 i cl. 450 старости 9-16 год.), садржај целулозе је нешто нижи, 50,27-52,05% (К л а ш њ а *et al.*, 2006).

Просечан садржај лигнина у испитиваним узорцима износи 18,52%. У поређењу са доступним подацима из ранијих истраживања, може се констатовати да су добијене вредности Класоновог лигнина знатно ниже: 22,4% (Jimenez *et al.*, 2005), 27,2% (Carrros *et al.*, 2008) и 21,24 - 24,28% (Jun - Q i n g *et al.*, 1983), а ниже су и у односу на податке за тополе: 21,21-23,16% (К л а ш њ а *et al.*, 2006).

Вредност просечног садржаја неорганских материја (пепела) је 0,27%, што се у потпуности слаже са подацима да садржај неорганских материја у дрвним врстама умерено-континенталне климатске зоне и износи 0,2 - 1% (Стевановић-Јанежић, Т. 1993), али и наводима других аутора за род *Paulownia*: 0,21 - 0,74% (Jun - Q i n g *et al.*, 1983).

Просечан садржај екстракта у врелој води испитиваних узорака износи 9,85%, што је неубичајено висока вредност, али је у складу са резултатима других аутора за ову врсту: 6,2-11,3% (Jun - Q i n g *et al.*, 1983), док, такође неубичајено висока вредност садржаја екстрактивних материја у смеси органских растварача (толуол/етанол) од 11,48% знатно одступа од литературних података: 7,2% (Olson, J.R., Carpenter, S.B., 1985). Вредности садржаја екстрактивних материја у смеси толуол/етанол и у врућој води знатно су веће у односу на вредности код топола: 3,30-3,60% и 0,81-1,39%, (К л а ш њ а *et al.*, 2006).

Овако висока вредност садржаја екстрактивних материја неповољна је са становишта примене овог дрвета како у механичкој, тако и у хемијској преради.

Измерене вредности Средње бројне и Средње масене дужине влакана у складу су са наводима других аутора за ову врсту - 0,84mm (Ј и м е н е з *et al.*, 2005), и 0,80 mm (О l s o n , J.R., С a r p e n t e r , S.B., 1985), а нешто нижих вредности него код брзорастућих лишћара (*Populus x euramericana* cv. *Robusta* i cl. I-214, *Populus deltoides* cl. 618 i cl. 450 старости 9-16 год.), који се користе као сировина за производњу влакана, 1,078-1,116 mm (К л а ш њ а *et al.*, 2006).

Израчунате вредности Ранкеовог коефицијента од 0,134 ниже су од констатованих код топола (*Populus x euramericana* cv. *Robusta* i cl. I-214, *Populus deltoides* cl. 618 i cl. 450): 0,29 - 0,46 (К л а ш њ а *et al.*, 1991).

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Извршена је анатомско-хемијска анализа дрвета врсте *Paulownia fortunei* старости 12 година са подручја Беле Цркве. Резултати хемијске анализе показују релативно висок садржај целулозе. Такође је веома висок садржај екстрактивних материја у врелој води, а нарочито у смеси етанол/толуол.

Може се констатовати да садржај испитиваних компонената хемијског састава дрвета врсте *Paulownia fortunei*, пре свега целулозе и лигнина, показује велика одступања од претходних истраживања. Међутим, треба узети у обзир да, иако у овом раду није извршено поређење, несумњиво постоје велике разлике у погледу услова раста, квалитета земљишта и климатских фактора.

Вредности Средње бројне и Средње масене дужине влакана нешто су нижих вредности него код других брзорастућих лишћара (топола), као и вредности Ранкеовог коефицијента.

С обзиром да је *Paulownia fortunei* позната као брзорастућа врста са кратком опходњом и да је утврђен релативно висок садржај целулозе, може се разматрати могућност примене дрвета *Paulownia fortunei* као сировине у хемијско-прерађивачкој дрвној индустрији.

Установљен је и веома висок садржај екстрактивних материја, па би требало извршити идентификацију присутних екстрактивних материја са аспекта разматрања могућности експлоатације дрвета *Paulownia fortunei* као сировине у екстрактивној индустрији.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Bergmann, B.A. (1998): Propagation method influences first year field survival and growth of *Paulownia*, *New Forests*, Vol. 16, Num.3/November, 251-264
- Browning, B.L. (1967a): *Methods of Wood Chemistry*, Intersci. Publ. New York, London, Vol. 1.
- Browning, B.L. (1967b): *Methods of Wood Chemistry*, Intersci. Publ. New York, London, Vol. 2.
- Caparros, S., Diaz, M.J., Ariza, J., Lopez, F., Jimenez, L. (2008): New perspectives for *Paulownia fortunei* L. Valorisation of the autohydrolysis and pulping processes, *Bioresour. Technology* 99, 741-749
- Clark J. d'A (1985): Some thoughts on fiber classification and length. *Tappi Journal*. Vol. 68, No.8. 119-121.
- Grosser, D. (1977): *Die Holyer Mitteleuropas*, New York

- Franklin, G.L. (1945): Preparation of thin sections of synthetic resins and woodresin composites, and a new macerating method for wood. *Nature* 51: 145.
- Jimenez, L., Rodriguez, A., Ferrer, J. L., Perez, A., Angulo, V. (2005): La *Paulownia*: una planta de rapido crecimiento como materia prima para la fabricacion de papel. *Afinidad* 62 (516), 100-105
- Jun-Qing, *et al.* (1983): Studies on the wood propertis of the genus *Paulownia* I. *Scienta Silvae Sinicae* 19(1) :57-63.
- Клaшња, Б., Копитовић, Ш. (2006): Дрво топола као сировина за производњу влакана, Пољопривредни факултет Нови Сад, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад.
- Клaшња, Б. (1991): Испитивање утицаја структурних, физичких и хемијских својстава дрвета појединих клонова топола на процес добијања и особине сулфатне целулозе. Књига 25. Нови Сад.
- Миленковић, М., Вилотић, Д., Радошевић, Г. (2008): Могућности примене врста Пауловниа елонгата и П. фортунеи у биолошким противпожарним појасевима. И међународна научна конференција Безбедносни инжењеринг и ХИ међународна конференција Заштита од пожара и експлозије. Нови Сад, 268-273.
- Olson, J.R., Carpenter, S.B. (1985): Specific Gravity, Fiber length and extractive content of Young *Paulownia*, *Wood and Fiber Science*, Vol. 7, Num. 4/Oct., 428-438
- Solar Energy Research Institute (1991): *Methods of Analysis Biomass for Fuels and Chemicals*, Solar Energy Research Institute. Golden, Colorado, USA.
- Стевановић-Јанежић, Т. (1993): Хемија дрвета са хемијском прерадом. Југославија публик, Београд.
- Tren delenburg, R. (1955): *Dad Holy als Rohstoff*. Munchen.
- Vilotic, D., Radošević, G. (2004): Comparative studies of anatomic structures of *Paulownia elongata* and *Paulownia fortunei*. *Forestry and sustainable development*. Brasov, Romania, pp.4.
- Wagenfur, R. (1984): *Anatomie des Holzes*, VEB Fachbuchverlag, Leipzig

ANATOMICAL - CHEMICAL CHARACTERISTICS OF WOOD FIBRES  
OF THE SPECIES *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl.

*Jasmina Popović*  
*Gordana Radošević*

S u m m a r y

The material for this research originates from the area of Bela Crkva. The samples of *Paulownia fortunei* Seem. Hemsl. aged 12 were taken at the breast height (1.3m) of the trees, in the form of disks 3cm thick, and standard specimens (15x15x30cm) were produced. One half of the wood specimens, from the pit to the bark, were used for the analysis of following anatomic characters: growth ring width, mean numerical length and mean mass length of fibres and Ranke coefficient. The second half of specimens was used for the analysis of the chemical composition: the content of cellulose, lignin, ash, the extractives in organic solution (T/E) and hot water.

The average value of mean numerical fibre length was 0.784mm. Mean mass fibre length was 0.818mm, and Ranke coefficient 0.134.

The content of cellulose was relatively high, 45.71%, while the content of lignin of 18.52% and ash – 0.27% was within the usual limits. The extremely high content of the extractives – 11.48% in the mixture toluol/ethanol and 9.85% in hot water is unfavourable from the aspect of utilisation in chemical and mechanical processing, but the possibility of *Paulownie fortunei* wood exploitation as a raw material in extractive industry should be considered.