

ПРОМЕНЕ У ХЕМИЈСКОМ САСТАВУ ДРВЕТА ТОПОЛЕ НАСТАЛЕ ДЕЈСТВОМ ГЉИВЕ *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer

ЈАСМИНА ПОПОВИЋ
ЗЛАТАН РАДУЛОВИЋ
БОЈАНА КЛАШЊА

Извод: При расту на дрвним супстратима гљиве својим ферментима разлажу дрво користећи за своју исхрану материје садржане у ћелијама. У зависности од комплекса фермената који поседује гљива, конституенти дрвета се неједнако разлажу што доводи до анатомских и хемијских промена у дрвету. У дрвету тополе, које је годину дана било изложено дејству гљиве *Pleurotus ostreatus* дошло је до промена у хемијском саставу. Резултати показују релативно повећање садржаја целулозе, а смањење садржаја лигнина, екстрактивних материја и пепела.

Кључне речи: *Pleurotus ostreatus*, топола, целулоза, лигнин, бела трулеж

CHANGES IN CHEMICAL COMPOSITION OF POPLAR WOOD CAUSED
BY THE FUNGUS *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer

Abstract: Fungi growing on wood substrates decompose wood by their ferments, using cell substances in their nutrition. Depending on the complex of ferments in the fungus, wood constituents decompose unequally, leading to anatomic and chemical changes in wood. Poplar wood exposed to the action of the fungus *Pleurotus ostreatus* for a year changed its chemical composition. The study results show a relative increase in cellulose content, and a decrease in the contents of lignin, the extractives and ash.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, poplar, cellulose, lignin, white rot

1. УВОД

Растући на дрвету гљиве делују на дрвну масу својим ферментима, који имају велику дифузиону способност, разлажући и користећи за исхрану материје садржане у ћелијама. На тај начин оне истовремено доводе до анатомских и хемијских промена у дрвету. У зависности од комплекса фермената који поседује гљива, конституенти дрвета се неједнако разлажу, при чему се јављају различити типови трулежи.

Ипак, без обзира на неке заједничке карактеристике, процес разлагања дрвета гљивама има и своје специфичности. Оне су првенствено изазване различитим комплексом фермената које поседује гљива, а такође и различитим физичко-хемијским и анатомским особинама врсте дрвета.

*Јасмина Поповић, дипл. инж., асистент приправник, Шумарски факултет,
Београд*

*Мр Златан Радуловић, истраживач сарадник, Институт за шумарство,
Београд*

*Др Бојана Клашња, научни савешник, Институт за низијско шумарство и
животињу средину, Нови Сад*

О значају гљива као могућим узрочницима трулежи први говори Теодор Хартиг 1827. године (цит. Раунер и Бодди, 1988). Роберт Хартиг 1874 године (цит. Раунер и Бодди, 1988) у својим радовима доказује да су гљиве стварни узрочници деструкције дрвног ткива, а 1878. године даје прва тумачења о класификацији трулежи. На основу разлике у садржају угљеника, кисеоника, водоника и азота у здравом, и нападнутом дрвету јавора од *Polyporus squamosus*, Булер (1906, цит. Сампелл 1960), даје прве податке о хемијским променама у дрвету под дејством гљива.

Гљиве изазивачи беле трулежи нападају углавном лишћарско дрво, разлажући првенствено лигнин, али и полисахариде. Ове гљиве, како помиње Моунт (1978), могу потпуно да разграде лигнин, и то понекад много брже него полисахариде. Дрво је светле боје, меко, механичке особине су слабије, а бубрење дрвета се повећава. Дејство гљива изазивача беле трулежи на ћелијски зид, како наводе Раунер и Бодди (1988) најчешће почиње из лумелне ћелије, па се преко (s_3) слоја секундарног зида шири у правцу средње ламеле. Изузетак је гљива *Phanerochaete sanguinea* која осим на овај начин може да делује и са стране средње ламеле. Осим гљива изазивача беле трулежи и неки други микроорганизми могу да разлажу лигнин. Тако Кирк и Шимада (1985), поред гљива изазивача беле трулежи, наводе да и неке актиномицете из родова *Nocardia* и *Streptomyces* и аскомицетне гљиве из рода *Xylaria* могу да разлажу лигнин.

Гљиве изазивачи мрке трулежи нападају углавном четинарско дрво, зарађујући полисахаридну компоненту дрвног ткива, али доводе и до знатних промена на лигнину. У почетном стадијуму свога дејства првенствено делују на секундарни зид остављајући, како наводе Озолиња и Крејцберг (1973), друге слојеве скоро нетакнуте. После разградње целулозе у централном (s_2) слоју, почиње разградња угљено хидратних компоненти у спољашњем (s_1), а затим и у унутрашњем (s_3) слоју секундарног зида. На крају се дешавају промене у средњој ламели која скоро до потпуне разградње секундарног зида остаје нетакнута. Поред промене боје дрвета (дрво постаје смеђе), долази до пада вредности механичких особина, уз појаву ненормалног утезања и деформација на ћелијском зиду.

Проучавајући деградацију лигнина Огиан и сар. (1989) су утврдили да гљива *Pleurotus ostreatus* изазива знатно већи губитак масе код дрвета храста него код дрвета смрче. Дрво храста је за тридесет дана изгубило 5,82%, а дрво смрче 2,98%. У истом временском периоду садржај лигнина је у дрвету храста смањен са 21,25% на 19,48%, а садржај целулозе са 46,60% на 46,52%. Код дрвета смрче ове промене су биле незнатне, па је тако садржај лигнина са почетних 25,68% смањен на 25,42%, а садржај целулозе са 43,62% на 43,44%.

Циљ овог рада је да се дође до података о променама у хемијском саставу дрвета тополе услед дејства гљиве *Pleurotus ostreatus*, затим, да се сагледа могућност гајења гљиве *Pleurotus ostreatus* на свеже посеченим пањевима, као и да се отворе могућности истраживања биодеградације пањева после сече дрвета као начина побољшања квалитета земљишта, односно, припреме земљишта за нову садњу, а све то у циљу повећања степена искоришћења дрвета.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Теренска истраживања су вршена на подручју Шумске управе Панчево, у ГЈ "Доње Подунавље" у одељењу 46 h. Оглед за гајење буковаче постављен је на свеже посеченим пањевима тополе *Populus euramericana* cl. I – 214, старости 24 године.

После обарања стабала са пањева је одрезан колут дебљине 5-7 cm. На пању је моторном тестером направљено неколико резова дубине око 3 cm, да би се лакше ставила мицелија. За производњу мицелије гљиве *Pleurotus ostreatus* (буковача) неопходне за инокулацију пањева коришћен је изолат из микотеке Института за шумарство из Београда. Претходно измрвљена мицелија је нанесена на пресек, колут је враћен на своје место и закован ексерима на неколико места. Једном литром мицелије је инокулисано просечно по четири пања. Пошто су делимично били у засени, а и ниво воде у земљишту је био висок, пањеви нису покривани.

Годину дана после инокулације, са пањева су узети узорци и донети у лабораторију. Урађена је хемијска анализа дрвета тополе cl.I-214 које је у овом периоду било изложено дејству гљиве *Pleurotus ostreatus*. Такође, урађена је и анализа дрвета свежег пања тополе I-214 које није било изложено дејству гљиве. Узорци за анализу су припремљени на стандардан начин описан Тарри методом Т11 wd-76. После окоравања и иверања, узорци су самлевени и просејани. За хемијску анализу узете су фракције чија величина честица износи 0,5-1mm. Испитивање хемијског састава дрвета је урађено на осам узорака (четири узорка дрвета изложеног дејству гљиве и четири узорка здравог дрвета).

Поред тога, да би резултати промене садржаја хемијских конституената дрвета били изражени у односу на почетне вредности, неопходно је било одредити губитак масе дрвета које је годину дана било изложено дејству гљиве. Губитак масе је одређен по формули:

$$G_m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

G_m – губитак масе дрвета у %;

m_1 – маса апсолутно сувог дрвета пре излагања дејству гљиве;

m_2 – маса апсолутно сувог дрвета после дејства гљиве.

За одређивање садржаја влаге коришћен је метод сушења дрвне сировине по методи Тарри Т 12 wd-82 (такође и Browning, B.L.,1967a).

Садржај целулозе одређен је Kurschner-Hoffer-овом методом (Browning, B.L.,1967b).

Садржај лигнина одређиван је модификованом Класоновом методом (Solar Energy Research Institute, 1991).

Садржај екстрактивних супстанци растворних у смеси органских растварача (толуол/етанол = 2:1) одређен је стандардном методом Тарри Т₆ os-50.

Садржај пепела одређиван је према стандардној методи Тарри 15 wd-80, (такође и Browning, B.L, 1967a).

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У испитиваном периоду дрво тополе, изложено дејству гљиве *Pleurotus ostreatus* имало је губитак масе од 13,8%.

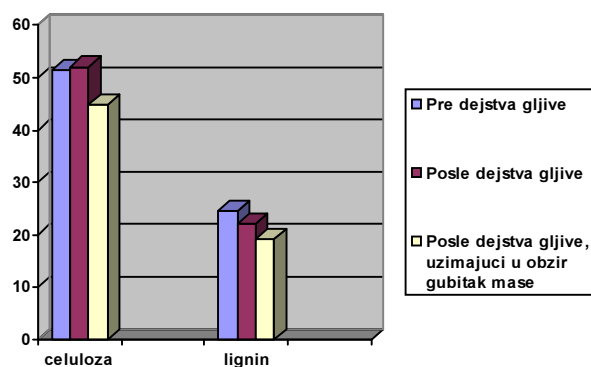
Узорцима је одређен садржај влаге и израчунат коефицијент сувоће. Резултати ове анализе односе се на влагу коју је дрво имало у моменту анализе, а не у моменту узимања узорка на терену. Коефицијент сувоће дрвне сировине која није била изложена дејству гљива је 0,93, а дрвне сировине изложене дејству гљива 0,91.

Одређен је просечни садржај целулозе, лигнина, екстрактивних материја и пепела у узорцима пре дејства и после дејства гљиве *Pleurotus ostreatus*. Такође, с обзиром да су узорци услед дејства гљиве *Pleurotus ostreatus* у једногодишњем периоду изгубили 13,8% од своје почетне масе, садржај ових компоненти дрвета после дејства гљиве је израчунат узимајући у обзир ову промену масе. Израчуната је и процентуална промена у садржају хемијских компоненти дрвета после дејства гљиве. Резултати су приказани у табели 1. и графиконима 1и 2.

Табела 1 - Садржај неких хемијских компоненти дрвета тополе *Populus euramericana* cl. I – 214 пре и после дејства гљиве *Pleurotus ostreatus*

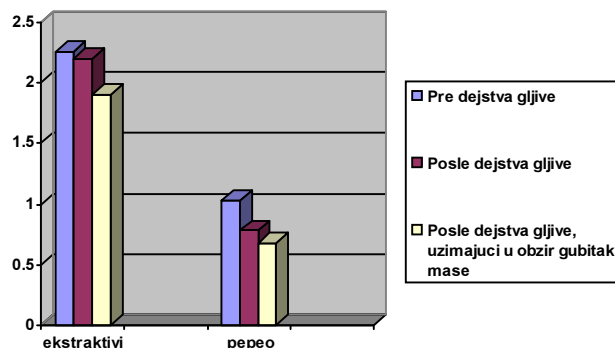
Table 1 - Content of some chemical components of poplar wood of *Populus euramericana* cl. and – 214 before and after the effect of *Pleurotus ostreatus*

Р. бр.	Садржај, %	Пре дејства гљиве	После дејства гљиве	После дејства гљиве, узимајући у обзир губитак масе	Промена, (%)
1.	Целулоза	51,39	52,04	44,86	12,70
2.	Лигнин	24,62	22,19	19,13	22,30
3.	Екстрактиви	2,26	2,20	1,90	15,93
4.	Пепео	1,03	0,78	0,67	34,95



Графикон 1 - Садржај целулозе и лигнина пре и после дејства гљиве, (%)

Diagram 1 - Content of cellulose and lignin before and after the effect of fungus, %



Графикон 2 - Садржај екстрактивних материја и пепела пре и после дејства гљиве, (%)

Diagram 2 - Content of the extractives and ash before and after the effect of fungus, %

4. ДИСКУСИЈА

Оглед за гајење буковаче постављен је на свеже посеченим пањевима тополе *Populus euramericana* cl. I – 214 старости 24 године. Резултати анализа хемијског састава свежег дрвета (пре инокулације) и после дејства гљиве приказани су у табели 1 и графиконима 1 и 2.

Према истраживањима дрво тополе које је годину дана било изложено дејству гљиве *Pleurotus ostreatus* имало је губитак масе од 13,8%. Према истраживањима Клашња и сар., (1997), који су проучавали микробиолошку деградацију дрвета тополе условљену деловањем ензима различитих врста гљива током складиштења на отвореном, губитак дрвне супстанце после 12 месеци износио је преко 7%, што је нижа вредност у односу на наша истраживања, али је оглед изведен у природним условима.

У дрвету тополе cl. I – 214, које је годину дана било изложено дејству гљиве *Pleurotus ostreatus*, дошло је до релативног повећања учешћа целулозе са 51,39 на 52,04%. Међутим, уколико се садржај целулозе изрази у односу на почетно стање, запажа се да је дошло до смањења за 12,70%. Ови резултати се у потпуности слажу са наводима других аутора који констатују да је садржај целулозе за cl. I – 214 старости 19 година 50,60% (Станковић *et al.*, 1985), односно, 50,98% за дрво старости 24 године (Копитовић *et al.*, 1989), док млађа стабла имају од 50,20% (3 год.), (Маширевић, Облак, 1966) до 50,92% (9-15 год.) (Клашња, 1991).

Клашња и сар. (1997), проучавајући микробиолошку деградацију дрвета тополе условљену деловањем ензима различитих врста гљива током складиштења на отвореном, такође наводе релативно повећање учешћа целулозе са 50,03 на 51,43% (у односу на свеже дрво), односно, релативни пораст садржаја целулозе од 7,8%. То је пропорционално губитку дрвне супстанце услед деловања гљива, тако да је садржај целулозе практично непромењен.

Hawley и сар. (1924) су у дрвету смрче које је било изложено дејству гљиве *Polyporus hirsutus* забележили смањење садржаја целулозе од 12,2% до 14,7%.

Садржај лигнина испитиваног клона тополе пре инокулације износио је 24,62%. По наводима других аутора, садржај лигнина за cl. I – 214 старости

19 година износи 22,80% (Станковић *et al.*, 1985), односно 22,15% за дрво старости 24 године (Копитовић *et al.*, 1989), док се код млађих стабала вредности крећу од 25,10% (3 год.), (Маширевић,Облак, 1966) до 23,16% (9-15 год.), (Клашња, 1991). После годину дана дејства гљиве *Pleurotus ostreatus* дошло је до опадања садржаја лигнина са 24,62% на 22,19%. Уколико се садржај лигнина изрази у односу на почетно стање, смањење износи 22,30%.

Клашња и сар., (1997) установили су да је код дрвета тополе изложеног дејству ензима различитих врста гљива током складиштења на отвореном дошло до снижења садржаја лигнина са 22,78 % на 18,92 % (у односу на свеже дрво), што износи око 17 %, што је нешто мање од нашег резултата, али одговара различитим условима извођења огледа.

Садржај екстрактивних материја у испитиваним узорцима дрвета пањева тополе пре инокулације износио је 2,26 %, што је у оквиру вредности других аутора који наводе вредности од 2,40% за дрво старости 19 година, (Станковић *et al.*, 1985), односно 3,22% за дрво старости 24 године (Копитовић *et al.*, 1989), а за млађа стабла од 2,90% (3 год.), (Маширевић,Облак, 1966) до 3,14% (9-15 год.) (Клашња, 1991).

Годину дана после инокулације садржај екстрактивних материја у испитиваним узорцима дрвета тополе *cl. I – 214* смањен је на 2,20%. Уколико се садржај изрази у односу на почетно стање, запажа се смањење од 15,93%. До сличних резултата дошли су и Клашња и сар., (1997), који наводе смањење садржаја екстрактивних материја са 3,25 на 2,68 % (у односу на свеже дрво), што износи промену од око 13,5%.

Садржај пепела у испитиваним узорцима дрвета пањева тополе је на почетку огледа износио 1,03 %, што се у потпуности слаже са подацима да садржај неорганичних материја у дрвећу умерене климатске зоне износи од 0,2–1% (Стевановић-Јанежић, 1993). Након завршетка огледа (који је трајао годину дана) садржај пепела смањен је на 0,78%, односно за 34,95%, ако се вредност садржаја пепела изрази у односу на почетно стање.

5. ЗАКЉУЧАК

Свеже посечени пањеви тополе *Populus euramericana cl. I – 214* старости 24 године инокулисани су мицелијом гљиве *Pleurotus ostreatus*. У дрвету тополе које је годину дана на отвореном било изложено дејству гљиве *Pleurotus ostreatus* констатоване су промене у хемијском саставу. Резултати хемијске анализе показују релативно повећање садржаја целулозе а смањења садржаја лигнина, екстрактивних материја и пепела. Такође је повећан садржај влаге код дрвне сировине изложене дејству гљиве.

Уколико се промене хемијских компоненти дрвета изразе у односу на почетне вредности запажа се смањење учешћа свих анализираних компоненти.

Анализа садржаја главних компоненти дрвета (целулозе и лигнина) показује да гљива *Pleurotus ostreatus* својим ферментним системом разлаже и целулозу и лигнин, али је процес разлагања лигнина знатно бржи.

Поред економске користи остварене пласманом гљива, по завршеном циклусу гајења, пањеви су толико разложени да се не морају vadити или иврати. На тај начин се знатне количине органске материје (дрвета) разлажу и укључују у циклус биолошког кружења материје у природи. Дејством других

организама ове материје ће бити додатно разложене, чиме ће бити побољшане физичке и хемијске особине земљишта, односно, његова плодност и смањиће се проценат неискоришћеног дрвета. Осим тога, неопходна припрема земљишта за нову садњу, након сече много је једноставнија, бржа и захтева мање финансијских средстава.

ЛИТЕРАТУРА

- Browning, B.L. (1967 a): Methods of Wood Chemistry, Intersci. Publ. New York, London, Vol. 1.
- Browning, B.L. (1967 b): Methods of Wood Chemistry, Intersci. Publ. New York, London, Vol. 2.
- Campbell, W.G. (1960): Биологическое разложение древесины. Химия древесины, том 2, стр. 335-376. Москва-Ленинград.
- Fengel, D., Wegener, G. (1984): Wood chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Harlow, W. (1960): Химия клеточних стенок древесины. Химия древесины, Том 1, Москва-Ленинград.
- Hawley, L.F., Fleck, L.C., Richards C.A. (1924), The relation between durability and chemical composition in wood. Ind. eng. Chem. 16 pp. 699-706
- Kirk, K.T., Shimada, M. (1985): Lignin biodegradation: the microorganisms involved and the physiology and biochemistry of degradation by white-rot fungi. In: Higuchi T., ed. Biosynthesis and biodegradation of wood component. Academic Press, Chapter 21, San Diego.
- Клашња, Б. (1991): Испитивање утицаја структурних, физичких и хемијских својстава дрвета појединих клонова топола на процес добијања и особине сулфатне целулозе. Радови Института за тополарство, књига 25.
- Клашња, Б., Копитовић, Ш. (2006): Дрво топола као сировина за производњу влакана, Пољопривредни факултет Нови Сад, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад
- Клашња, В., Копитовић, Ш., Poljaković Pajnik, L. (1997): Characteristics of kraft pulp obtained from microbiologically degraded poplar and willow wood. 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology, Proceedings vol.II: 517-525
- Копитовић, Ш., Клашња В. (1989): Some characteristics of the process of sulphate pulping of poplar and willows wood obtained from short rotation plantations. 5th European Conference „Biomass for Energy and Industries“, Conference Proceedings 2:957-961
- Маширевић Ђ., Облак М. (1966): Могућности искоришћавања танког тополовог дрвета клона I-214 у индустрији целулозе и папира. Топола 10 (55-56):2-9.
- Mount, S.M. (1978): Tissue is desintegrated. In: Horsfall G.J, Cowling B.E.: Plant Disease an Advanced Treatise, III, Academic Press, pp. 279-297.
- Oriaran, T.P., Labovsky, P., Royse, D. (1989): Lignin degradation capabilities of *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* and *Phanerochaete chrysosporium*. Wood and Fiber Science, 21 (2), pp.183-192.
- Озолиня, Н.Р., Крейцберг, З.Н. (1973): Исследование энзиматически разрушенной древесины. VIII. Микроскопическое исследование клеточной стенки древесины березы и ели, разрушенной грибом *Fomitopsis pinicola* I. Химия древесины, Но. 13, стр. 31-36.
- Rayner, A.D.M., Boddy, L. (1988): Fungal decomposition of wood - It's biology and ecology. A Wiley-Interscience publication, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Solar Energy Research Institute (1991): Methods of Analysis Biomass for Fuels and Chemicals, Solar Energy Research Institute. Golden, Colorado, USA.

- Станковић, М., Коралија, Ж., Копитовић, Ш., Ђоковић, П. (1985): Коришћење дрвета кореновог система за производњу сулфатне целулозе и полуцелулозе. Папир (2): 84-87.
- Стевановић-Јанежић, Т. (1993): Хемија дрвета са хемијском прерадом. Југославија публик, Београд.

CHANGES IN CHEMICAL COMPOSITION OF POPLAR WOOD CAUSED BY THE FUNGUS
Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kummer

Jasmina Popović
Zlatan Radulović
Bojana Klašnja

Summary

Fungi growing on wood substrates decompose wood by their ferments, using cell substances for nutrition. In this way, fungi decompose wood tissue, leading to changes in wood chemical composition. Depending on the complex of ferments in the fungus, wood constituents decompose unequally, which leads to different types of rot. The agents of white rot primarily decompose lignin, and the fungi causing dark rot decompose cellulose to a greater extent.

This paper studies the changes in chemical composition of poplar *Populus euramericana* cl. and – 214 stumps, exposed to the fungus *Pleurotus ostreatus*, in the open, for a year. The result was a relative increase in cellulose content, and a decrease in the contents of lignin, the extractives and ash. Moisture content in wood raw material exposed to fungal action also increased. If the changes in wood chemical components are compared to the initial values, it is observed that the percentages of all analysed components decrease, meaning that *Pleurotus ostreatus*, by its ferment system, decomposes both the cellulose and lignin, but the process of lignin decomposition is considerably faster. In this way, significant quantities of wood organic matter decompose and enter the cycle of biological cycling in nature.