



دانشگاه گورگان

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هفدهم، شماره دوم، ۱۳۸۹

www.gau.ac.ir/journals

بررسی تأثیر شکل‌گیری چوب‌کشی بر ویژگی‌های آناتومی و تشکیل لایه ژلاتینی در الیاف چوب تبریزی (*P. nigra*)

*مائده سیّار^۱ و اصغر طارمیان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، آستادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۶

چکیده

در این پژوهش، تأثیر شکل‌گیری چوب‌کشی در گونه تبریزی (*P. nigra*) بر ویژگی‌های آناتومی آن مطالعه شد. تراکم عناصر آوندی و اشعه چوبی در واحد سطح (N/mm^2)، قطر آوندها و ابعاد اشعه چوبی در چوب‌کشی و نرمال اندازه‌گیری گردید. همچنین، شکل‌گیری لایه ژلاتینی در سلول‌های فیبری چوب‌کشی بررسی شد. نتایج نشان داد که فراوانی و قطر آوندها در چوب نرمال بیشتر از چوب‌کشی است. در مقابل، تراکم اشعه چوبی در چوب‌کشی بیشتر بود. برخلاف طول اشعه چوبی، پهنای اشعه در چوب‌کشی در مقایسه با چوب نرمال بیشتر بوده است. مطالعات میکروسکوپ الکترونی نیز نشان داد که حفره سلولی بیشتر فیبرهای چوب‌کشی با لایه ژلاتینی مسدود هستند. یکی از دلایل وقوع تغییرات در ویژگی‌های آناتومی چوب‌کشی، واکنش درخت به تنش‌های رشد است.

واژه‌های کلیدی: چوب گونه تبریزی، ویژگی‌های آناتومی، چوب نرمال، چوب‌کشی و لایه ژلاتینی

مقدمه

چوب واکنشی^۱ در تنه‌ها و شاخه‌های خمیده درختان در واکنش به تنش‌های رشد تشکیل می‌شود (تیمل، ۱۹۸۶؛ بورگرت و همکاران، ۲۰۰۴). تشکیل عناصر چوبی در ناحیه چوب‌کشی با سرعت بیشتری انجام می‌پذیرد. چوب واکنشی ممکن است در هر سنی از درخت تشکیل شود؛ ولی احتمال

*مسئول مکاتبه: sayar@ut.ac.ir

1. Reaction Wood

تشکیل آن در سنین جوانی و به‌ویژه در گونه‌های تند رشد بیشتر است (تیمل، ۱۹۸۶). به چوب واکنشی که در پهن‌برگان تشکیل می‌شود چوب کششی^۱ می‌گویند. این چوب در قسمت فوقانی تنه یا شاخه خمیده تشکیل می‌شود. با این وجود، طبق نظر واشوسن و همکاران (۲۰۰۱)، وقوع چوب کششی در تنه راست و مستقیم گونه *Eucalyptus globules* رایج است. هم‌چنین هیلیس و همکاران (۲۰۰۴) به تشکیل غیرطبیعی چوب کششی در جنگل‌های آکاسیا پی بردند. آن‌ها دریافتند که چوب کششی در تنه‌های کاملاً راست این گونه نیز تشکیل می‌شود.

بررسی‌های طغرائی (۲۰۰۳) بر روی تشکیل چوب کششی در دو گونه اکالیپتوس *E.gunnii Hook* و *E.camaldulensis Dehn* با تحریک ساقه (خم کردن آن) نیز مؤید این مسأله است که چوب کششی حتی در ساقه‌های طبیعی و بدون تحریک آن تشکیل می‌شود. جوزز و همکاران (۲۰۰۱) به این نتیجه رسیدند که چوب کششی نسبت به چوب نرمال، عناصر آوندی کمتری دارد. آن‌ها هم‌چنین دریافتند که عناصر آوندی در چوب کششی نسبت به چوب نرمال از قطر کمتر و طول بیشتری برخوردار هستند. چوب کششی از درصد فیبر بیشتری نسبت به چوب نرمال برخوردار است و ساختمان فیبر آن کاملاً متفاوت از چوب نرمال می‌باشد. دیواره فیبرهای طویل چوب کششی ضخیم و سرشار از لایه ژلاتینی است (کلیر و سیبانت، ۲۰۰۱؛ هیلیس و همکاران، ۲۰۰۴). پژوهش‌های اکویاما و همکاران (۱۹۹۴) نشان داد که در بعضی از گونه‌های جنس ماگنولیا، چوب کششی فاقد لایه ژلاتینی است. به‌علت حضور این لایه، ممکن است لایه S_3 و گاهی اوقات هر دو لایه S_2 و S_3 در دیوار سلولی تشکیل نشود. نتایج بررسی‌ها بیانگر آن است که چوب کششی حاوی اشعه چوبی کمتری است (اندرسون، ۲۰۰۵) و مطالعات هنریچ و همکاران (۲۰۰۷) بر روی چوب کششی گونه راش (*F.sylvatica*) نیز نشان می‌دهد که چوب کششی این گونه آوندهای کوچک‌تر و کمتری دارد و در ابتدای حلقه‌های سالیانه آن، آثاری از آوندها دیده نمی‌شود. از لحاظ ترکیبات شیمیایی دیواره سلولی، چوب کششی نسبت به چوب نرمال معادل خود دارای سلولز بیشتر و لیگنین کمتری است (یوشیزاوا و همکاران، ۱۹۹۲). بسیاری از خواص کاربردی نامطلوب چوب کششی از ویژگی‌های آناتومی خاص آن ناشی می‌شود. به‌عنوان مثال، پرزدار شدن سطح چوب کششی پس از برش ناشی از جدا شدن لایه ژلاتینی از دیواره فیبرهاست. چوب‌های واکنشی برای بیشتر کاربردها نامطلوب می‌باشند (بان و همکاران، ۲۰۰۴؛ وارنجو و رون، ۲۰۰۴). چوب کششی قابلیت ماشین‌کاری ضعیفی دارد و موجب می‌شود که سطح چوب بعد از برش پرزدار شود.

1. Tension Wood

پژوهش‌های طارمیان و همکاران (۲۰۰۹) بر روی ضریب نفوذپذیری چوب کششی راش اروپا (*F. sylvatica*) در مقایسه با چوب نرمال نشان داد که ضریب نفوذپذیری طولی و شعاعی چوب کششی کمتر از چوب نرمال است. آن‌ها کم بودن ضریب نفوذپذیری طولی چوب کششی را به قطر کم عناصر آوندی و تراکم کم این نوع عناصر چوبی در چوب کششی نسبت دادند. همچنین، آن‌ها پی بردند که در هر دو نوع چوب کششی و نرمال راش منافذ بین دیواره آوندی^۱ به دو شکل متناوب^۲ و نردبانی^۳ شکل دیده می‌شود؛ ولی قطر این منافذ و فراوانی آن‌ها در چوب کششی کمتر از چوب نرمال است. نتایج آزمایش‌های طارمیان و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که در چوب کششی به دلیل درصد بالای فیبرهای چوبی و در نتیجه جرم ویژه بیشتر آن در مقایسه با چوب نرمال، ضریب انتشار آب آغشتگی کم و سرعت خشک شدن چوب در دامنه نم‌گیری، آهسته‌تر است. بنابراین با توجه به ارتباط تنگاتنگی که بین خواص کاربردی چوب کششی و ویژگی‌های آناتومی آن وجود دارد، در این پژوهش ویژگی‌های آناتومی چوب کششی گونه تبریزی (*P. nigra*) در مقایسه با چوب نرمال آن مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. لازم به یاد است که به‌علت تند رشد بودن چوب تبریزی و دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت آن، وقوع چوب کششی شدید در این گونه گزارش شده است (طارمیان و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین، وقوع چوب کششی شدید شاید با تغییرات قابل توجه در خواص آناتومی این چوب همراه باشد که در نتیجه کاربرد آن را در بعضی از صنایع تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، در این پژوهش تلاش می‌شود که به بررسی تأثیر شکل‌گیری چوب کششی در درختان تبریزی بر خواص مهم آناتومی چوب این گونه پرداخته شود. همچنین، بررسی شدت تشکیل لایه ژلاتینی در الیاف چوب کششی این گونه که منشأ بسیاری از خواص کاربردی چوب کششی است، یکی دیگر از اهداف این پژوهش محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: در این بررسی از گرده‌بینه‌های صنوبر (تبریزی) تازه قطع شده (*Populus nigra*) از منطقه طالقان در نزدیکی کرج برای مطالعه استفاده شد. به این منظور، یکی از گرده‌بینه‌ها که حاوی برون مرکزی و چوب کششی شدید بود، انتخاب گردید. در این گرده‌بینه، چوب کششی به‌شدت

1. Intervessel Pit
2. Alternate Pit
3. Scalariform Pit

تشکیل شده و ناحیه چوب کششی به دلیل درخشندگی خاص آن، قابل شناسایی بود. علاوه بر آن، از معرف شیمیایی هرزبرگ^۱ (ترکیبی از کلرید روی، ید و یدید پتاسیم در آب مقطر) برای شناسایی ماکروسکوپی و دقیق چوب کششی در مقطع عرضی گرده‌بینه استفاده شد. در اثر اعمال این معرف بر روی چوب کششی، پس از حدود چند دقیقه، رنگ ناحیه چوب کششی به رنگ ارغوانی تا آبی تیره مبدل می‌شود. با توجه به پایداری کم این نوع تغییر رنگ در ناحیه چوب کششی (به مدت حدود ۱۰ دقیقه)، ناحیه چوب کششی بلافاصله بعد از بروز تغییر رنگ، علامت‌گذاری شد. سپس، بلوک‌های چوبی از هر دو ناحیه چوب کششی و نرمال به ابعاد $20 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ تهیه گردید.

آماده‌سازی نمونه‌ها: در ابتدا، بلوک‌های چوبی در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شدند تا مقطع‌گیری از آنها به راحتی انجام شود. سپس از آنها با استفاده از میکروتوم مقاطع میکروسکوپی عرضی، شعاعی و مماسی تهیه شد. بعد از برش، مقاطع میکروسکوپی رنگ‌آمیزی شده و بر روی لام برای مطالعات آناتومی تثبیت شدند.

ویژگی‌های آناتومی مورد مطالعه: ویژگی‌های آناتومی مورد مطالعه شامل تراکم آوندها در واحد سطح، تراکم اشعه در واحد سطح، قطر شعاعی و مماسی عناصر آوندی و طول و پهنای اشعه بود. همه مطالعه‌ها با استفاده از یک میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین انجام شد.

مطالعات میکروسکوپ الکترونی^۲: از بلوک‌های چوبی بریده شده از هر دو ناحیه چوب کششی و نرمال، یک نمونه به ابعاد $10 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$ برای مطالعات میکروسکوپ الکترونی تهیه گردید. سپس، با استفاده از یک تیغ جراحی لایه نازکی از مقطع عرضی نمونه‌ها برداشته شد تا سطح صاف و مناسبی برای مطالعات میکروسکوپی فراهم شود. از میکروسکوپ الکترونی SEM به منظور مطالعه‌های میکروسکوپی استفاده شد. تراکم فیبرها و حضور یا حضور نداشتن لایه ژلاتینی^۳ در دیوار فیبرها و شدت تشکیل چوب کششی مورد بررسی قرار گرفت.

طرح آماری مورد استفاده: در این پژوهش، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. همه ویژگی‌های آناتومی با حداقل ۳۰ تکرار اندازه‌گیری گردید. مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون t مستقل انجام شد.

1. Herzberg
2. Scanning Electron Microscope (SEM)
3. Gelatinous Layer

نتایج و بحث

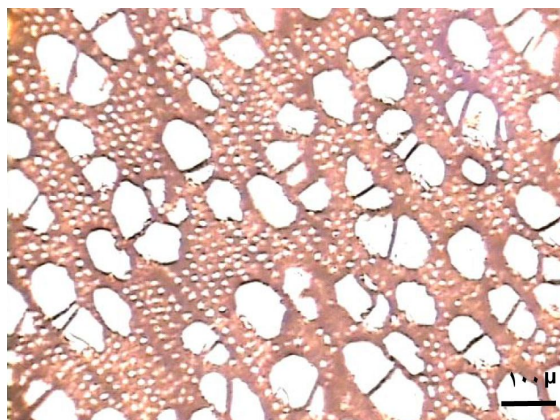
فراوانی آوندها: نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد بین هر دو نوع چوب از لحاظ فراوانی آوندها وجود دارد. نتایج مطالعه‌های میکروسکوپ نوری نیز نشان داد که تراکم آوندها در چوب نرمال بیشتر از چوب کشتی است (جدول ۱ و شکل‌های ۱ و ۲). تراکم آوندها برای چوب کشتی در واحد سطح (N/mm^2) در دامنه ۱۶-۳۰ و برای چوب نرمال در دامنه ۵۶-۸۳ بود. میانگین تراکم آوندها در چوب کشتی برابر با ۱۹/۹ و در چوب نرمال برابر با ۷۲/۱ بود. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج مطالعه‌های طارمیان و همکاران (۲۰۰۹) در مورد چوب کشتی راش ایران (*F.orientalis*)، جوز و همکاران (۲۰۰۱) در مورد چوب کشتی *Populus euramericana cv. Ghoy* و هنریچ و همکاران (۲۰۰۷) بر روی چوب کشتی راش اروپا (*F.sylvatica*) مطابقت دارد. بنابراین می‌توان گفت که ویژگی‌های کاربردی چوب تبریزی که با درصد تخلخل آن ارتباط دارد، مانند ویژگی‌های مربوط به فرآیند انتقال سیال در چوب شاید تحت‌تأثیر شکل‌گیری چوب کشتی قرار گیرد.

قطر شعاعی و مماسی آوندها: نتایج آزمایش‌ها نشان داد که قطر شعاعی و مماسی آوندها در چوب نرمال و چوب کشتی تفاوت معنی‌داری ندارند (جدول ۱ و شکل‌های ۱ و ۲). قطر مماسی آوندها در چوب کشتی در دامنه $20-40 \mu$ و در چوب نرمال در دامنه $25-50 \mu$ بوده است. میانگین قطر مماسی آوند در چوب کشتی برابر با $29/8 \mu$ و در چوب نرمال برابر با $36/2 \mu$ بوده و قطر شعاعی آوندها در چوب کشتی در دامنه $15-35 \mu$ و در چوب نرمال در دامنه $25-35 \mu$ متغیر بوده است. میانگین قطر شعاعی آوندها در چوب کشتی برابر با $25/2 \mu$ و در چوب نرمال برابر با $28/8 \mu$ به‌دست آمد. مطالعه‌های جوز و همکاران (۲۰۰۱) و طارمیان و همکاران (۲۰۰۹) و هنریچ و همکاران (۲۰۰۷) با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش هم‌خوانی ندارد. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو نوع چوب کشتی و نرمال، قطر مماسی آوندها بیشتر از قطر شعاعی آن‌ها است. برخلاف نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، طارمیان و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که قطر مماسی عناصر آوندی در چوب کشتی راش *F.sylvatica* بیشتر از قطر شعاعی آن می‌باشد.

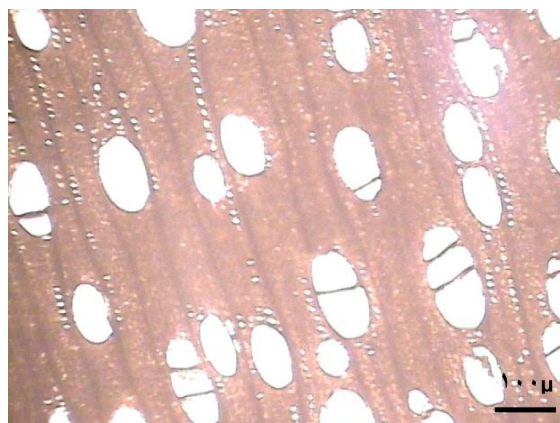
جدول ۱- میانگین ابعاد و فراوانی سلول‌های چوبی در چوب کششی و نرمال تبریزی (*P.nigra*).

ویژگی آناتومی	چوب نرمال	چوب کششی
فراوانی عناصر آوندی (N/mm^2)	۷۲/۱(۷/۳)*	۱۹/۹(۳/۴)
فراوانی اشعه چوبی (N/mm^2)	۱۹/۹(۱/۶)	۲۱/۴(۲/۴)
قطر مماسی آوند (μ)	۳۶۲(۶/۹)	۲۹/۸(۵/۸)
قطر شعاعی آوند (μ)	۲۸۸(۳/۴)	۲۵/۲(۴/۴)
طول اشعه چوبی (μ)	۱۳۱/۶(۵۲/۵)	۹۴/۵(۵۸/۷)
پهنای اشعه چوبی (μ)	۱۲(۴/۱)	۱۳/۳(۴/۷)

* اعداد داخل پرانتز، انحراف معیار است.



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی چوب نرمال تبریزی (*P.nigra*).



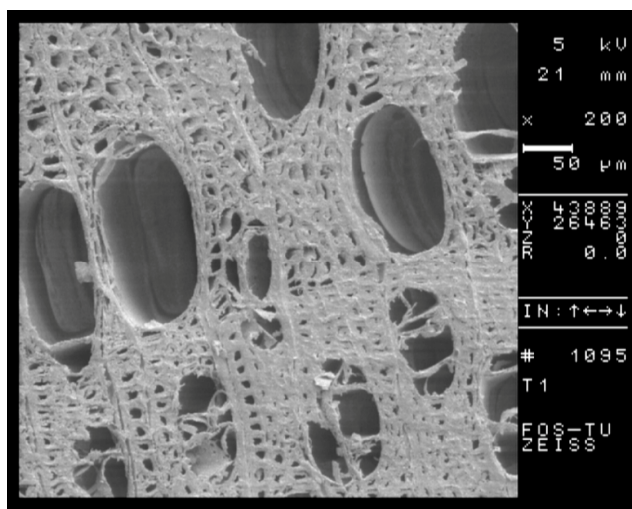
شکل ۲- تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی چوب کششی تبریزی (*P.nigra*).

فراوانی اشعه چوبی: نتایج نشان داد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین دو نوع چوب از نظر فراوانی اشعه وجود دارد. متوسط تراکم اشعه در واحد سطح در چوب کشتی و نرمال تبریزی در جدول ۱ نشان داده شده است. تراکم اشعه در واحد سطح (N/mm^2) در چوب کشتی در دامنه ۲۷-۱۸ و در چوب نرمال در دامنه ۲۳-۱۷ متغیر بود. میانگین تراکم اشعه در چوب کشتی برابر با ۲۱/۴ و در چوب نرمال برابر با ۱۹/۹ بوده است. به‌طورکلی نتایج نشان داد که تراکم اشعه در چوب کشتی بیشتر از چوب نرمال است. با این وجود، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در فراوانی اشعه چوبی بین چوب کشتی و نرمال دیده نمی‌شود. طارمیان و همکاران (۲۰۰۹) نیز دریافتند که اشعه چوبی در چوب کشتی راش (*F. sylvatica*) از فراوانی بیشتری در مقایسه با چوب نرمال آن برخوردار است. برخلاف نتایج به‌دست آمده در این پژوهش و طارمیان و همکاران (۲۰۰۹)، مطالعات اندرسون (۲۰۰۵) بر روی چوب کشتی *Populus tremula L. × tremuloides Michx.* نشان داد که در چوب کشتی فراوانی اشعه چوبی در مقایسه با چوب نرمال کمتر است.

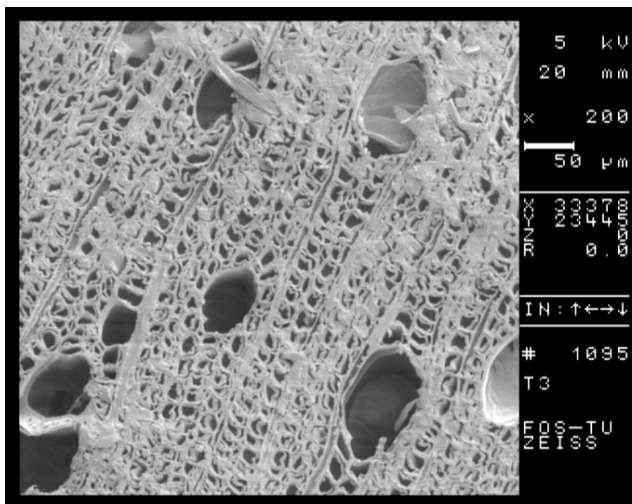
ابعاد اشعه چوبی: نتایج مربوط به طول اشعه (میکرون) و تعداد سلول‌های تشکیل‌دهنده آن و پهنای اشعه (میکرون) و تعداد سلول‌های تشکیل‌دهنده آن در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که طول اشعه در چوب نرمال بیشتر از چوب کشتی است، ولی تعداد سلول‌های تشکیل‌دهنده در اشعه چوبی چوب کشتی بیشتر از چوب نرمال است. طول اشعه در چوب کشتی در دامنه ۲۵۰-۲۵ میکرون و در چوب نرمال در دامنه ۲۵۰-۳۵ میکرون متغیر بود. تعداد سلول‌های پارانشیمی تشکیل‌دهنده اشعه چوبی در چوب کشتی در دامنه ۲۴-۷ و در چوب نرمال در دامنه ۲۳-۴ متغیر بوده است. میانگین طول اشعه در چوب کشتی برابر با ۹۴/۵ و در چوب نرمال برابر با ۱۳۱/۶ به‌دست آمد. برخلاف طول اشعه، پهنای اشعه در چوب کشتی اندکی بیشتر از چوب نرمال بوده و میانگین پهنای اشعه در چوب کشتی برابر با ۱۳/۳ میکرون و در چوب نرمال برابر با ۱۲ میکرون بوده است. اشعه چوبی در هر دو چوب نرمال و کشتی تک‌سلولی بود. طول و پهنای اشعه چوبی در دو نوع چوب نرمال و کشتی در سطح اعتماد ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد.

تشکیل لایه ژلاتینی در دیوار فیبرهای چوب کشتی: مطالعات میکروسکوپ الکترونی نشان داد که چوب کشتی از درصد فیبر بیشتری در مقایسه با چوب نرمال برخوردار است (شکل‌های ۳ و ۴). هم‌چنین، در تصویر میکروسکوپ نوری تهیه شده از چوب کشتی (شکل ۲)، به‌دلیل مسدود شدن حفره سلولی با لایه ژلاتینی و نبود امکان عبور نور از مقاطع میکروسکوپی تهیه شده، بافت زمینه (بافت فیبری) چوب کشتی تیره رنگ به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین، تصاویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که لایه ژلاتینی به فراوانی در دیوار سلول‌های فیبری چوب کشتی تشکیل می‌شود و شدت

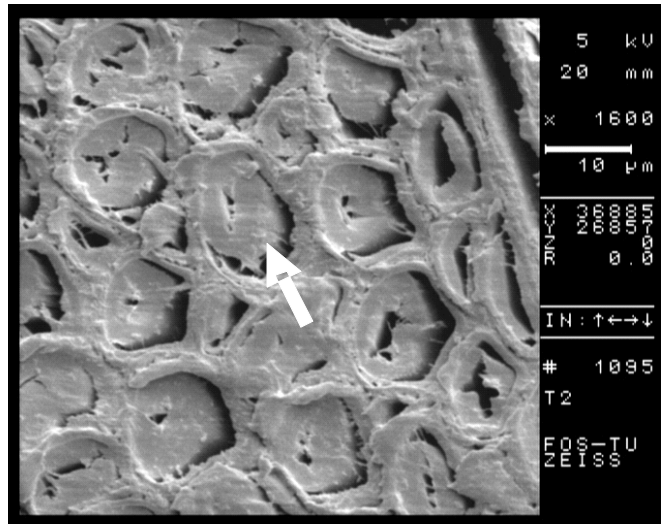
تشکیل چوب کششی در چوب تبریزی به حدی زیاد است که حفرات سلولی بیشتر فیبرها با لایه ژلاتینی مسدود شده است (شکل ۵). برخلاف چوب کششی، در چوب نرمال اثری از شکل‌گیری لایه ژلاتینی در دیوار فیبرها مشاهده نشد (شکل ۶). نتایج مطالعات محققان گذشته کلیر و سیانت (۲۰۰۱)، هیلیس و همکاران (۲۰۰۴) و طارمیان و همکاران (۲۰۰۹) با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.



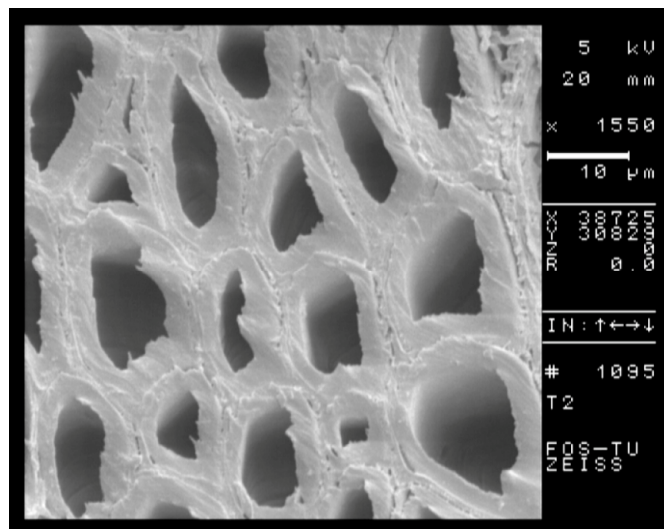
شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی از مقطع عرضی چوب نرمال تبریزی (*P. nigra*).



شکل ۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی از مقطع عرضی چوب کششی تبریزی (*P. nigra*).



شکل ۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی از سلول‌های فیبری چوب کششی (حفره سلول‌ها کاملاً با لایه ژلاتینی مسدود شده‌اند).



شکل ۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی از سلول‌های فیبری چوب نرمال تبریزی (*P.nigra*).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که از لحاظ ویژگی‌های آناتومی مهم، بین چوب کششی و چوب نرمال گونه تبریزی (*P.nigra*) تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. چوب کششی در این گونه به‌شدت تشکیل شده و منجر به تغییرات چشم‌گیری در ویژگی‌های آناتومی آن می‌شود. برخلاف تراکم آوندها، تراکم اشعه چوبی در چوب کششی بیشتر بود. قطر میانگین آوندها در چوب کششی کمتر از چوب نرمال بوده است. در چوب کششی، اشعه چوبی از طول کمتر ولی پهنای بیشتری در مقایسه با چوب نرمال برخوردار بود. مطالعه‌های میکروسکوپ الکترونی سلول‌های فیبری فراوان و حضور لایه ژلاتینی را در دیوار این سلول‌ها نشان داد به‌طوری‌که حفرات سلولی بیشتر فیبرها با لایه ژلاتینی مسدود شده بود. این مسأله بیانگر آن است که چوب کششی مورد مطالعه در گونه تبریزی از نوع شدید^۱ محسوب می‌شود. با توجه به این‌که ممکن است شدت تشکیل چوب کششی در بروز ویژگی‌های آناتومی خاص در این چوب غیرنرمال مؤثر باشد، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی، ویژگی‌های آناتومی چوب کششی ملایم^۲ و شدید گونه تبریزی مورد مطالعه و مقایسه قرار گیرد و از طریق اندازه‌گیری ویژگی آناتومی چوب کششی به‌ویژه تشکیل لایه ژلاتینی در دیواره فیبرها، معیاری برای درجه‌بندی شدت شکل‌گیری چوب کششی انتخاب شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی قطب علمی مدیریت کاربردی گونه‌های چوبی تند رشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد.

منابع

1. Andersson, G. 2005. Wood formation and transcript analysis with focus on tension wood and ethylene biology. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. 15. ISSN 1652-6880.
2. Ban, W., Doug, M., Lucian, L. and Academy, R. 2004. Evaluation of the pulping response of juvenile and mature black spruce compression wood. Cell. Chem. and Tech. 38: 79-85.

1. Severe Tension Wood
2. Mild Tension Wood

3. Burgert, I., Fruhmann, K., Keckes, J., Fratzl, P. and Tschegg, S.S. 2004. Structure-function relationships of four compression wood types: micromechanical properties at the tissue and Fiber level. *Trees*, 18:480-485.
4. Clair, B. and Thibant, B. 2001. Shrinkage of the gelatinous layer of poplar and beech tension wood. *IAWA J.* 22:121-131.
5. Heinrich, I., Garther, H. and Monbaron, M. 2007. Tension wood formed in Beech (*Fagus sylvatica*) and Alder *glutinosa* after simulated mass movement event. *IAWA. J.* 28:39-48.
6. Hillis, W.E., Evans, R. and Washusen, R. 2004. An unusual formation of tension wood in a natural forest (*Acacia sp.*) *Holzforchung*, 58:241-245.
7. Jourez, B., Riboux, A. and Leclecrcq, A. 2001. Comparison of basic density and longitudinal shrinkage in tension wood and opposite wood in young stems of poplar (*populous euramericana* cv. Choy) when subjected to a gravitational stimulus. *Can. J. For. Res.* 31:1676-1683.
8. Okuyama, T., Yamamota, H., Yoshida, M., Hattori, Y. and Archer, R. 1994. Growth stresses in tension wood: role of micro fibrils and lignifications. *Ann. Fore. Sci.* 51:291-300.
9. Tarmian, A., Remond, R., Faezipur, M., Karimi, A. and Perre, P. 2009a. Reaction wood drying kinetics: tension wood in (*Eucalyptus sp. Fagus sylvatica*) and compression wood in (*Eucalyptus sp. Picea abies.*) *Woo. Sci. Tech.* 43:113-130.
10. Tarmian, A., Sepehr, A. and Rahimi, S. 2009b. Drying Stress and Strain in Tension Wood: A Conventional Kiln Schedule to Efficiently Dry Mixed Tension/Normal Wood Boards in Poplar. *Woo. Sci. Tech.* 27:1033-1040.
11. Timell, T.E. 1986. Compression wood in Gymnosperms. Springer-Verlag, Berlin. 3:1340-2150.
12. Toghraee, N. 2003. Tension wood formation and effect of growth stimulating on changes of some properties this group of woods in (*Eucalyptus sp.*) Ph.D. Thesis. Faculty of Natural Resources, Tehran University. 157p. (In Persian)
13. Warensjo, M. and Rune, G. 2004. Effect of compression wood and grain angle on deformation of studs from 22-year-old Scots pine tree. *Scand. J. For. Res.* 19:48-54.
14. Washusen, R., Ades, P. and Vinden, P. 2001. Tension wood occurrence in (*Eucalyptus globules*) Labill, I. The spatial distribution of tension wood in one 11-year-old tree. *Australian forestry*, 65:120-126.
15. Washusen, R.J. 2001. Relationship between transverse shrinkage and tension wood from tree provenances of blue gum *Eucalyptus globules* Labill. *Holz ALS Roh und Werkstoff.* 59: 85-93.
16. Yoshizawa, N., Satoh, N.M., Yokota, S. and Idei, T. 1992. Formation and structure of reaction wood in (*Buxus microphylla var. Insular*) is Nakai. *Woo. Sci. Tech.* 27:1-10.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 17(2), 2010
www.gau.ac.ir/journals

The Effect of Tension Wood Formation on The Anatomical Characteristics and Gelatinous Layer Formation in The Fibers of Poplar (*P. nigra*)

***M. Sayar¹ and A. Tarmian²**

¹M.Sc. Student, Dept. of Wood and Paper Technology, Tehran University,

²Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Technology, Tehran University

Abstract

In this research, the effect of tension wood formation in *Populus nigra* on its anatomical characteristics was studied. Vessel element and ray frequency (N/mm²), vessel diameter and ray dimensions were measured in both normal and tension wood. Furthermore, the formation of gelatinous layer (G-layer) in the fibers of tension wood was studied. The results showed that the vessel proportion and diameter in normal wood were greater than those in tension wood but ray proportion in tension wood was higher. Unlike ray length, ray width in tension wood was greater than that in normal wood. The SEM studies also revealed that most of the fiber cell lumens in tension wood were blocked by gelatinous layer. The tree response to growth stresses is one of the main causes for anatomical variation in tension wood.

Keywords: Poplar Wood, Anatomical Characteristics, Normal Wood, Tension Wood, Gelatinous Layer

* Corresponding Author; Email: sayar@ut.ac.ir