



دانشگاه گورگان، دانشکده منابع طبیعی

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هفدهم، شماره سوم، ۱۳۸۹

www.gau.ac.ir/journals

## اثر تنش‌های رشد بر ویژگی‌های آناتومی و فیزیکی راش ایران (*Fagus orientalis* L.)

\*فاطمه نجفی‌هرسینی<sup>۱</sup>، کامبیز پورطهماسی<sup>۲</sup> و قنبر ابراهیمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، <sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع

چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، <sup>۳</sup> استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱۴

### چکیده

تنش‌های رشد طی تشکیل و بالغ شدن دواير رویش، در درخت گسترش می‌یابند. نبود تقارن بین مقدار تنش‌های رشد در درختان ایستاده، سبب ایجاد چوبی غیرطبیعی به‌نام چوب واکنشی، می‌شود. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر تنش‌های رشد بر ویژگی‌های آناتومی و فیزیکی گونه راش (*Fagus orientalis* L.)، انجام شده است. تنش طولی رشد در ارتفاع برابر سینه در ۸ نقطه هم‌فاصله از پیرامون تنه ۱۹ درخت سرپای راش از پارسل‌های ۱۱۷ و ۲۲۳/۲۲۰، جنگل آموزشی خیرودکنار، به‌وسیله تغییر مکان‌سنج اندازه‌گیری شده و نقاط دارای بیش‌ترین تنش مشخص گردید. سپس به‌منظور بررسی‌های فیزیکی و آناتومیکی، این درختان قطع شدند. در هر درخت قطع شده، از نقاط دارای بیش‌ترین تنش رشد و سمت مقابل آن، نمونه‌هایی برای مطالعات فیزیکی و آناتومی، تهیه گردید. نتایج بررسی وضعیت آوندها و الیاف نشان دادند که در نقاط دارای تنش طولی زیاد، چوب واکنشی ایجاد شده است و در آن‌ها نسبت به ناحیه مقابل در مقطع عرضی تنه، تراکم آوندها و قطر کلی فیبرها و قطر حفره آوندها کم‌تر، اما طول فیبرها و ضخامت دیواره آن‌ها بیش‌تر است. بازده الیاف، واکنشیدگی و هم‌کشیدگی نقاط پرتنش در مقایسه با نقاط مقابل، بیش‌تر می‌باشد. در مقدار درصد رطوبت و جرم ویژه پایه نقاط پرتنش در مقایسه با نقاط مقابل، تفاوت آماری معنی‌دار مشاهده نشد.

**واژه‌های کلیدی:** تنش‌های رشد، چوب کششی، لایه ژلاتینی، خواص آناتومیکی و فیزیکی، جنگل

خیرودکنار

\* مسئول مکاتبه: fn\_harsini@yahoo.com

## مقدمه

اهمیت مطالعه تنش‌های رشد به نقش آن‌ها در تعیین کیفیت و ارزش اقتصادی چوب مرتبط است. تنش‌های رشد طی بالغ شدن بافت‌های چوبی، در تنه درخت گسترش می‌یابند و در پاسخ به تعادل‌های مکانیکی تولید می‌شوند. تنش‌های رشد در دواير متوالی رویش، روی هم انباشته شده و در تعادل داخلی درخت مشارکت دارند (نیکلسون، ۱۹۷۳). تنش‌های رشد در همه درختان وجود دارند (بوید، ۱۹۷۲) اما مقدار آن‌ها در لایه‌های سطحی رویش متفاوت می‌باشد (بوید، ۱۹۵۰). تنش‌های رشد در همه گونه‌ها به وجود می‌آیند ولی مقدارشان متفاوت است. در درختان ایستاده، نبود تقارن بین مقدار تنش‌های رشد در پیرامون تنه، باعث ایجاد لنگر خمشی می‌شود. این لنگر خمشی در حفظ وضعیت عمودی و راست ماندن تنه و حفظ زاویه مناسب شاخه‌ها، دخالت دارد (آرچر، ۱۹۸۶).

وجود این لنگر و نبود تقارن تنش‌های رشد، سبب تولید چوبی غیرطبیعی به نام چوب واکنشی<sup>۱</sup> می‌شود. چوب واکنشی در سوزنی‌برگان چوب فشاری<sup>۲</sup> نام دارد که معمولاً در قسمت پایین ساقه و شاخه خمیده تشکیل می‌شود و در پهن‌برگان چوب کششی<sup>۳</sup> نام دارد که به طور معمول در سمت بالای ساقه یا شاخه خمیده تشکیل می‌شود (واردراپ، ۱۹۶۴؛ فیشر و استونسون، ۱۹۸۱). در چوب کششی، لایه‌ای به نام لایه ژلاتینی به وجود می‌آید. این لایه حاوی فیبرهایی است که دیواره ثانویه آن‌ها ژلاتینی شده است. وجود فیبرهای ژلاتینی معمولاً به عنوان شاخص تشخیص چوب کششی می‌باشد. چوب‌های بدون فیبرهای ژلاتینی نیز می‌توانند عمل چوب کششی را داشته باشند (ویلسون، ۱۹۸۸). لایه ژلاتینی در عملکرد مکانیکی درختان سرپا و ویژگی‌های چوب ماسیو تأثیر زیادی دارد (کلایر و تیپوت، ۲۰۰۵؛ لینگ لانگ و همکاران، ۲۰۰۷). در بسیاری از گونه‌ها از جمله راش، صنوبر و بلوط، چوب کششی با فیبرهای ژلاتینی همراه است (اوناکا، ۱۹۴۹). بررسی ساختار شیمیایی چوب کششی نشان داد که مقدار سلولز در چوب کششی بیش‌تر از چوب نرمال می‌باشد (نورنبرگ و میر، ۱۹۶۶). با وجود اهمیت بررسی تنش‌های رشد و تأثیر آن‌ها بر آناتومی گونه‌های مختلف و تولید چوب کششی، پژوهش‌های کمی در ایران صورت گرفته است. پژوهش‌ها روی تشکیل چوب کششی در دو گونه اکالیپتوس *E. gunnii* و *E. camaldulensis* با خم کردن ساقه آن، نشان داده است که چوب کششی حتی در ساقه‌های طبیعی و بدون تحریک آن‌ها تشکیل می‌شود و چوب کششی در اکالیپتوس‌ها با ایجاد فیبرهای ژلاتینی در این گونه، بسیار سریع تشکیل می‌گردد (طغرای، ۲۰۰۴).

- 1- Reaction Wood
- 2- Compression Wood
- 3- Tension Wood

بسیاری از محققان خواص فیزیکی از جمله درصد رطوبت و تغییر ابعاد چوب کشتی را مورد بررسی قرار داده‌اند (مارا، ۱۹۴۲؛ چو، ۱۹۴۶؛ پانشین و دیزو، ۱۹۸۰). مطالعاتی نیز بر روی رفتار خشک شدن و خواص فیزیکی و بیومتری الیاف چوب کشتی راش ایران انجام شده است (طارمیان، ۲۰۰۸؛ طارمیان و همکاران، ۲۰۰۷). اگرچه چوب کشتی عاملی طبیعی از عملکرد حیاتی درخت می‌باشد، اما به علت ویژگی‌های متفاوت نسبت به چوب نرمال، توسط مصرف‌کنندگان چوب، عیب تلقی می‌شود (کلایر و تیوت، ۲۰۰۵). در پژوهش‌های گذشته مشاهده شده است که چوب کشتی نسبت به چوب نرمال، از الیاف بلندتر و بازده الیاف بیشتر بر خوردار می‌باشد (کلمن و کوت، ۱۹۶۸؛ سارا، ۲۰۰۵). بررسی‌های دیگر نشان داده‌اند که بازده الیاف در چوب نرمال نسبت به چوب کشتی بیشتر است (واشوسن و همکاران، ۲۰۰۳). در برخی دیگر از پژوهش‌ها مشاهده شده است که الیاف چوب کشتی در مقایسه با الیاف چوب نرمال از ضخامت بیشتر دیواره و قطر حفره سلولی کم‌تری برخوردارند (لو و همکاران، ۲۰۰۶). برخی از مطالعات نیز نشان داده‌اند که قطر فیبر و ضخامت دیواره فیبر در چوب کشتی و چوب سمت مقابل آن تفاوت چندانی ندارد (روئل و همکاران، ۲۰۰۶). اثرات نامطلوب چوب واکنشی بر چوب‌آلات استحصالی و اهمیت اقتصادی آن سبب شده که محققان از ۱۰۰ سال پیش مطالعات خود را در مورد آن آغاز کنند. خواص مرفولوژیک و ویژگی‌های خاص لایه ژلاتینی، محققان را به تحقیق در مورد ساختار این لایه و مطالعه اثرات آن روی خواص چوب علاقه‌مند کرده است. ابهاماتی درباره منشأ تشکیل تنش‌های رشد وجود دارد و تلاش برای کاهش سطح تنش‌های رشد در درختان و گرده بینه‌ها، با موفقیت نسبی همراه بوده است. از طرفی آزاد شدن تنش‌های رشد هنگام تبدیل تنه، باعث ایجاد ترک‌هایی در چوب‌های استحصالی می‌گردد و بنابراین هر گونه پژوهشی در مورد این تنش‌ها و عوامل مرتبط به آن‌ها مانند تشکیل چوب واکنشی و فیبرهای ژلاتینی و تغییرات خواص فیزیکی می‌تواند مفید واقع شده و باعث افزایش بازده اقتصادی گونه‌های تجاری و استفاده بهینه از جنگل‌ها و ذخیره‌های چوبی شود. هدف از این پژوهش بررسی تفاوت در ساختار آناتومیکی، فیزیکی، ابعاد و بازده الیاف ناحیه دارای تنش‌های رشد زیاد و نیز سمت مقابل آن دربارۀ تنه بوده است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این پژوهش، تعداد ۱۹ اصله درخت راش ایران "*Fagus orientalis*" با میانگین قطر برابر سینه ۴۰ سانتی‌متر و دارای تقارن نسبی در تاج، از پارسل‌های ۲۲۰/۲۲۳ و پارسل ۱۱۷، سری

پاتم جنگل آموزشی خیرودکنار به‌طور تصادفی انتخاب شدند. با استفاده از دستگاه تغییر مکان‌سنج<sup>۱</sup>، GSI<sup>۲</sup> (شاخص تنش رشد) که معیاری از تنش‌های رویش باقی‌مانده در درخت می‌باشد، در ۸ نقطه به فاصله مساوی روی پیرامون درخت در ارتفاع برابر سینه اندازه‌گیری شد (فانگ و همکاران، ۲۰۰۸). از بین ۸ مقدار GSI اندازه‌گیری شده قسمت دارای بیش‌ترین GSI و سمت مقابل آن مشخص گردید. با توجه به این‌که مقدار نشان داده شده توسط تغییر مکان‌سنج، با مقدار تنش‌های طولی در پیرامون تنه نسبت مستقیم دارد، می‌توان بیان کرد که نقطه دارای بیش‌ترین مقدار GSI، بیش‌ترین تنش و نقطه دارای کم‌ترین GSI کم‌ترین مقدار تنش را دارد. برای بررسی‌های آناتومیکی، نمونه‌هایی به ابعاد ۱×۱×۱ سانتی‌متر از قسمت نزدیک به پوست بخش دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن تهیه شد. پس از آماده‌سازی برش‌های نازک از مقطع عرضی نمونه‌ها و رنگ‌آمیزی برش‌ها به مدت ۱ تا ۲ دقیقه با سافرانین و آسترابلو<sup>۳</sup> (روزر، ۱۹۷۲) وجود یا نبود فیبرهای ژلاتینی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن به‌وسیله میکروسکوپ نوری مجهز به پردازش‌گر تصویری بررسی شد. شمارش آوندها در هر یک از دو سمت درختان، در ۴۵ میدان به مساحت ۱ میلی‌متر مربع انجام شد. برای اندازه‌گیری ابعاد فیبر شامل طول، قطر کلی، قطر حفره و ضخامت دیواره فیبر از قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن، نمونه‌های چوبی از دو سمت تنه درخت با روش فرانکلین (۱۹۳۸) و ابری شد و ابعاد ۳۰ رشته فیبر سالم شامل طول، قطر کلی و قطر حفره و ضخامت دیواره آن‌ها به کمک میکروسکوپ نوری مدرج اندازه‌گیری گردید. برای تعیین بازده الیاف نیز از روش فرانکلین (۱۹۳۸) استفاده شد. خواص فیزیکی شامل جرم ویژه پایه، رطوبت تعادل، هم‌کشیدگی و واکشیدگی در سه جهت طولی، شعاعی و مماسی اندازه‌گیری گردید (استاندارد ASTM، آیین‌نامه‌های ۰۲-۲۳۹۵ D و ۹۲-۴۴۴۲ D). تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از آزمون T هم‌بسته و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

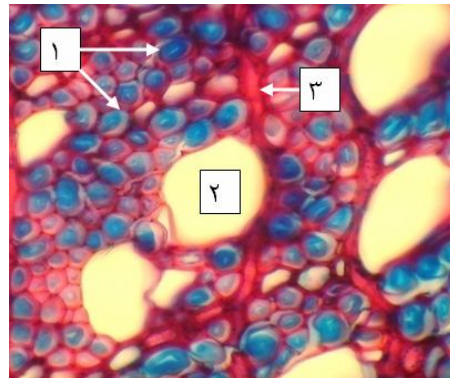
## نتایج

### نتایج مربوط به بررسی‌های آناتومیکی

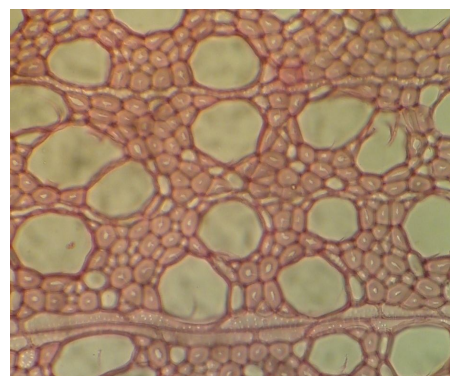
نتایج مربوط به تشخیص فیبرهای ژلاتینی: پس از رنگ‌آمیزی برش‌های نازک با سافرانین و آسترابلو و مطالعه میکروسکوپی مقاطع، مشاهده گردید که در ۹۰ درصد درختان مورد مطالعه، برخی از

- 1- Displacement Gauge
- 2- Growth Stress Indicator
- 3- Safranin and Asrta Blue

فیبرهای چوب بخش دارای بیشترین تنش به رنگ آبی در آمده‌اند و در دیواره آن‌ها، لایه ژلاتینی تشکیل شده است. همان‌طور که در بخش مقدمه ذکر شد، فیبرهای ژلاتینی به‌عنوان یک ملاک برای تشخیص چوب کشتی می‌باشد، بنابراین می‌توان بیان کرد که در بخش دارای بیشترین تنش، چوب کشتی تشکیل شده است. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود وجود تنش‌های رشد بالا باعث ایجاد چوب کشتی و فیبرهای ژلاتینی در چوب این قسمت شده است. این در حالی است که در شکل ۲ که مقطعی از سمت مقابل بخش دارای بیشترین تنش یکی از درختان می‌باشد، در سمت مقابل بخش دارای بیشترین تنش، چوب واکنشی تشکیل نشده و فیبرها ژلاتینی نشده و حالت طبیعی خود را حفظ کرده‌اند.

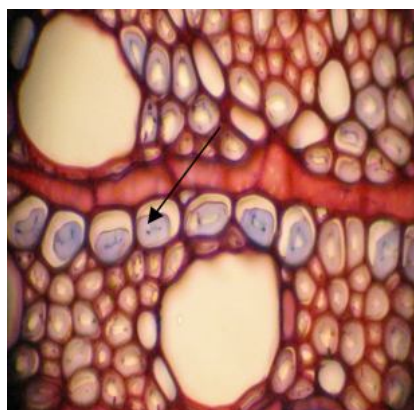


شکل ۱- مقطع عرضی قسمت دارای بیشترین تنش. مقیاس: میلی‌متر  $10=50$  میکرون.  
 ۱: فیبرهای ژلاتینی آبی شده که نشان‌دهنده تشکیل چوب کشتی‌اند، ۲: آوند، ۳: اشعه چوبی.



شکل ۲- مقطع عرضی سمت مقابل ناحیه دارای بیشترین تنش. مقیاس: میلی‌متر  $10=50$  میکرون.

در شکل ۳ نیز مشاهده می‌شود که در فیبرهای ژلاتینی شده، لایه ژلاتینی به سستی به دیواره سلول چسبیده و حتی در بعضی از نقاط این لایه کاملاً از دیواره سلولی جدا و به صورت چین خورده دیده می‌شود.



شکل ۳- فیبرهای ژلاتینی شده و جدا شدن لایه ژلاتینی از دیواره فیبرها. مقیاس: میلی‌متر ۱۰=۲۵ میکرون.

مطالعه تراکم آوندها و ابعاد فیبرها: نتایج به دست آمده از مطالعه آوندها و فیبرها به صورت کلی در جدول ۱ و درصد تفاوت بین ویژگی‌های آناتومیکی چوب دارای بیش‌ترین تنش با نقطه مقابل آن در جدول ۲ ارایه شده است.

جدول ۱- نتایج مطالعه تراکم آوندها و فیبرها در چوب قسمت دارای بیش‌ترین تنش و چوب سمت مقابل آن.

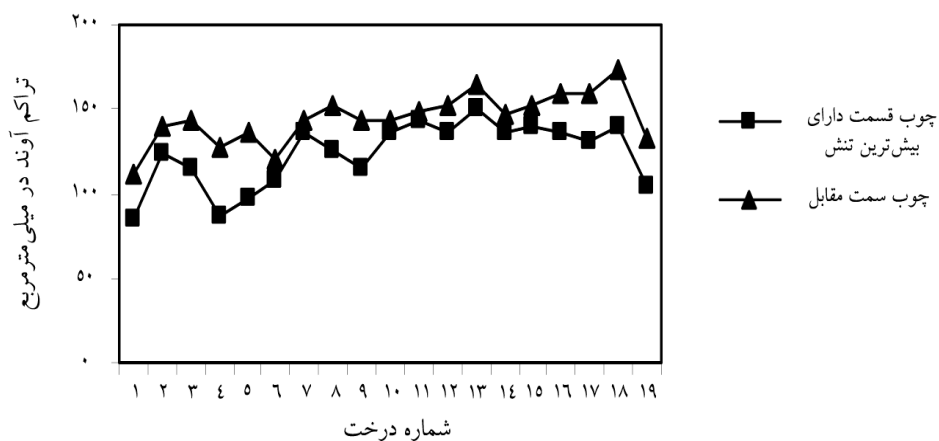
Sig.	قسمت دارای بیش‌ترین تنش				قسمت دارای بیش‌ترین تنش				پارامترهای مورد مقایسه
	مقدار t	انحراف معیار	C.V (درصد)	میانگین	انحراف معیار	C.V (درصد)	میانگین		
۰/۰۰*	-۸/۵۲	۱۵/۰۶	۱۰/۵۳	۱۴۳	۱۹/۴	۱۵/۷۷	۱۲۳	تراکم آوند در واحد سطح (تعداد/ میلی‌متر مربع)	
۰/۰۰*	۲۱/۵۸	۶۰/۳۳	۴/۶۳	۱۳۳۲/۸	۶۱/۷۳	۳/۸۲	۱۶۰۰/۲	طول الیاف (میکرون)	
۰/۰۰*	-۵/۲	۲/۲۸	۱۱/۱۵	۱۸/۸۴	۲/۱	۱۴/۴۷	۱۵/۹	قطر کلی الیاف (میکرون)	
۰/۰۰*	-۷/۹۹	۱/۴۵	۱۳/۱۹	۱۰/۹۹	۱/۹۱	۲۶/۱۶	۷/۳	قطر حفره الیاف (میکرون)	
۰/۰۰*	۳/۲۴	۰/۷۳	۱۰/۰۸	۳/۷۴	۰/۶۸	۸/۲۱	۴/۳	ضخامت دیواره (میکرون)	

\* معنی‌دار در سطح خطای آماری ۱ درصد.

جدول ۲- درصد تفاوت بین ویژگی‌های آناتومیکی چوب ناحیه پرتنش در مقایسه با چوب سمت مقابل آن.

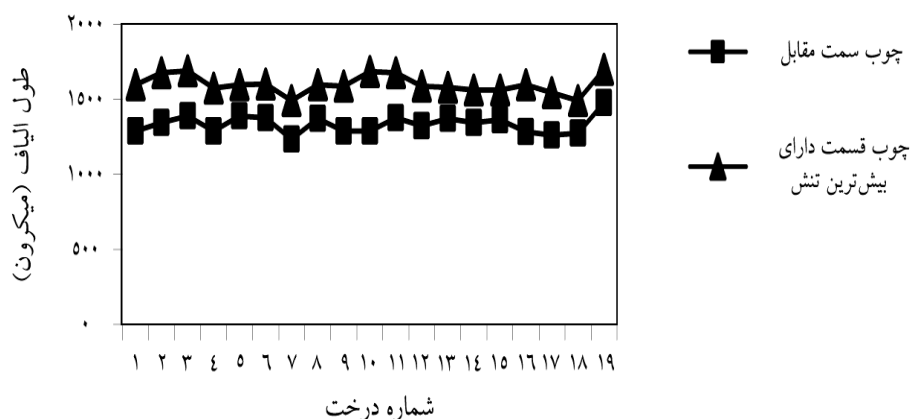
خواص آناتومی	تراکم آوند	طول الیاف	قطر کلی الیاف	قطر حفره	ضخامت دیواره الیاف
درصد تفاوت	-۱۴	۲۰/۰۶	-۱۵/۶	-۳۳/۵۸	۱۴/۹۷

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین تراکم آوند در قسمت دارای بیش‌ترین تنش کم‌تر از سمت مقابل آن می‌باشد. شکل ۴ نیز تفاوت تراکم آوند را در دو طرف هر درخت به خوبی نشان می‌دهد. بررسی‌های آماری نشان داده است که بین تراکم آوند در قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن، در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد.



شکل ۴- تراکم آوند چوب قسمت دارای بیش‌ترین تنش و چوب سمت مقابل آن.

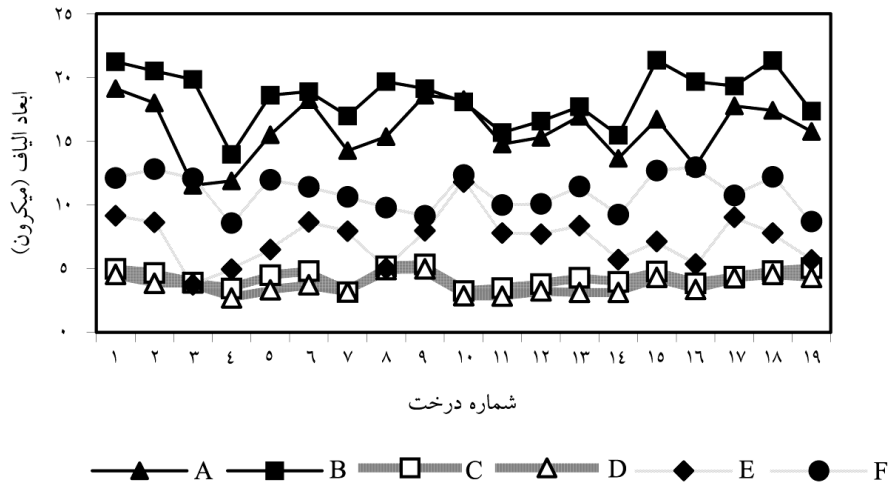
با بررسی جدول‌های ۱ و ۲ و مشاهده شکل ۵ ملاحظه می‌شود که میانگین طول الیاف در قسمت دارای بیش‌ترین تنش، ۲۰ درصد، بیش‌تر از سمت مقابل می‌باشد. تحلیل آماری نشان داده است که بین طول الیاف در قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد.



شکل ۵- طول الیاف چوب قسمت دارای بیشترین تنش و چوب سمت مقابل آن.

همچنین نتایج نشان دادند که تفاوت محسوسی بین قطر کلی و قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف چوب قسمت دارای بیشترین تنش و سمت مقابل آن وجود دارد. الیاف چوب قسمت دارای بیشترین تنش در مقایسه با الیاف چوب سمت مقابل آن از قطر کلی و قطر حفره کمتری برخوردار بودند. در جدول ۱ و شکل ۶ مقادیر مربوط به این پارامترها مشاهده می‌شود. شکل ۷ یکی از فیبرهای قسمت دارای بیشترین تنش و شکل ۸ نیز یکی از فیبرهای سمت مقابل بخش دارای بیشترین تنش را نشان می‌دهد. همان‌طور که مقایسه این شکل‌ها نشان می‌دهد قطر کلی و قطر حفره سلولی در بخش دارای بیشترین تنش کم‌تر و ضخامت دیواره الیاف بیش‌تر از چوب سمت مقابل می‌باشد. شکل ۸ نیز تأیید می‌کند تحلیل آماری نشان داده که بین قطر کلی و قطر حفره و ضخامت دیواره بخش دارای بیشترین تنش و سمت مقابل آن در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.





شکل ۶- قطر و ضخامت دیواره فیبر در چوب قسمت دارای بیشترین تنش و چوب سمت مقابل آن. A, C, E: به ترتیب قطر کلی الیاف، ضخامت دیواره و قطر حفره الیاف در چوب پرتنش ترین قسمت. B, D, F: به ترتیب قطر کلی الیاف، ضخامت دیواره و قطر حفره الیاف در چوب سمت مقابل.



شکل ۷- فیبر در چوب قسمت بیشترین تنش. میلی متر ۱۰=۲۵ میکرون.



شکل ۸- چوب سمت مقابل قسمت دارای بیش‌ترین تنش میلی‌متر ۱۰=۲۵ میکرون.

نتایج مربوط به بازده الیاف و خواص فیزیکی: نتایج به‌دست آمده از مطالعه بازده الیاف، هم‌کشیدگی، واکشیدگی، درصد رطوبت، جرم ویژه پایه و درصد تفاوت آن‌ها به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج مربوط به بازده الیاف و ویژگی‌های فیزیکی در ناحیه دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن.

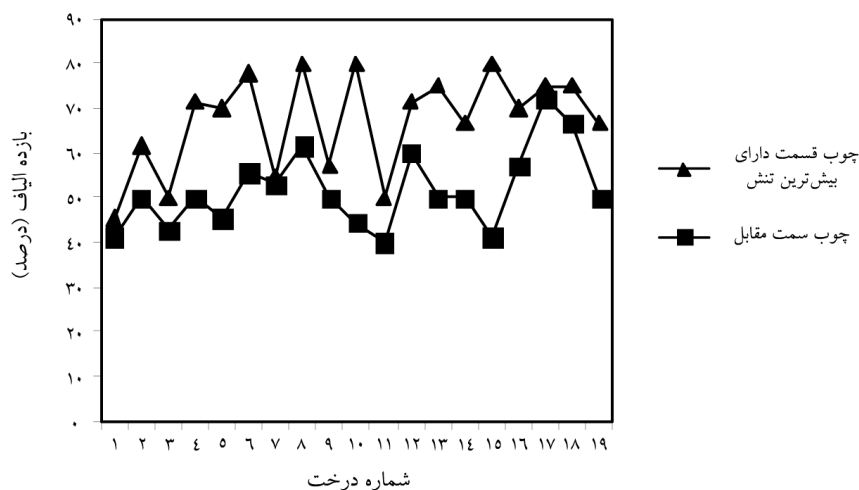
Sig.	مقدار t	سمت مقابل قسمت دارای بیش‌ترین تنش			قسمت دارای بیش‌ترین تنش			پارامترهای مورد مقایسه
		انحراف معیار	CV (درصد)	میانگین	انحراف معیار	CV (درصد)	میانگین	
۰/۰۰*	۶/۵۳۳	۸/۸۲	۱۷/۱	۵۱/۶۴	۱۱/۰۴	۱۶/۴۲	۶۷/۲۴	راندمان الیاف (درصد)
۰/۰۰۱*	۳/۸۲۸	۰/۱۱	۷۸/۵۶	۰/۱۴	۰/۱۷	۶۰/۷۱	۰/۲۸	هم‌کشیدگی طولی (درصد)
۰/۰۰۱*	۲/۱۹	۰/۴۷	۱۹/۱۱	۵/۹۳	۰/۳۲	۱۸/۰۲	۶/۲۸	هم‌کشیدگی شعاعی (درصد)
۰/۰۰*	۱/۱۷	۰/۷۴	۱۶/۳۴	۱۱	۰/۷۹	۱۶/۴۲	۱۱/۹۹	هم‌کشیدگی مماسی (درصد)
۰/۰۱۶**	۲/۶۴۷	۰/۱۵	۷۸/۹۵	۰/۱۹	۰/۱۴	۴۶/۰۵	۰/۳۰۴	واکشیدگی طولی (درصد)
۰/۰۹۱	۱/۷۸۸	۰/۸۴	۱۷/۳	۴/۸	۱/۱	۲۰/۶	۵/۳۴	واکشیدگی شعاعی (درصد)
۰/۵۵۲	۰/۶۰۶	۱۰/۴۱	۱۳/۸	۱۲/۳۳	۱۲/۶	۱۵/۸	۱۲/۷۴	واکشیدگی مماسی (درصد)
۰/۸۴۲	۰/۲۰۲	۰/۷۸	۷/۳۶	۱۰/۶	۰/۹۵	۸/۹۴	۱۰/۶۳	درصد رطوبت (درصد)
۰/۲۵	۲/۴۵۲	۰/۰۳	۴۳/۵	۰/۶۲	۰/۰۴	۶۷/۷	۰/۶۵	جرم ویژه پایه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

\* معنی‌دار در سطح خطای آماری ۱ درصد، \*\* معنی‌دار در سطح خطای آماری ۵ درصد.

جدول ۴- درصد تفاوت بین ویژگی‌های فیزیکی و بازده الیاف چوب ناحیه پرتنش در مقایسه با سمت مقابل آن.

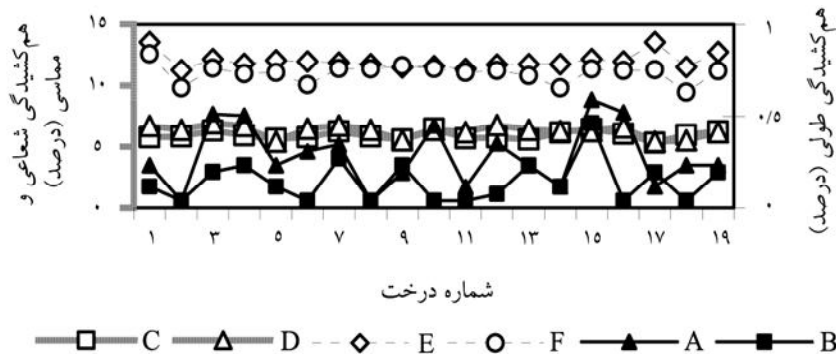
خواص	بازده الیاف	هم‌کشیدگی			واکشیدگی		
		طول	شعاعی	مماسی	طول	شعاعی	مماسی
درصد تفاوت	۳۰/۲۱	۱۰۰	۷/۷	۹	۶۰	۱۱/۲۵	۳/۳۲
جرم ویژه	۰/۲۸	۴/۸۳					

نتایج مربوط به بازده الیاف: همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، میانگین بازده الیاف در قسمت دارای بیش‌ترین تنش، ۳۰ درصد بیش‌تر از سمت مقابل آن می‌باشد. شکل ۹ نشان می‌دهد که در همه درختان بازده الیاف در قسمت دارای بیش‌ترین تنش بیش‌تر از سمت مقابل آن می‌باشد. تحلیل آماری نشان داد که اختلاف بین بازده الیاف در قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد، معنی‌دار است.



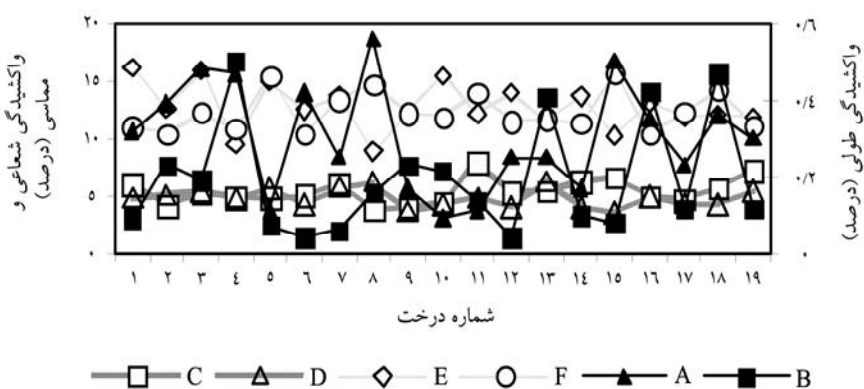
شکل ۹- درصد بازده الیاف در قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن.

نتایج مربوط به هم‌کشیدگی: همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد میانگین هم‌کشیدگی طولی و شعاعی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش بیش‌تر از سمت مقابل آن است. تحلیل آماری نشان داد که اختلاف هم‌کشیدگی طولی و شعاعی و مماسی بین قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. در شکل ۱۰ مقادیر هم‌کشیدگی در دو سمت درختان مورد مطالعه جهت مقایسه آورده شده است.



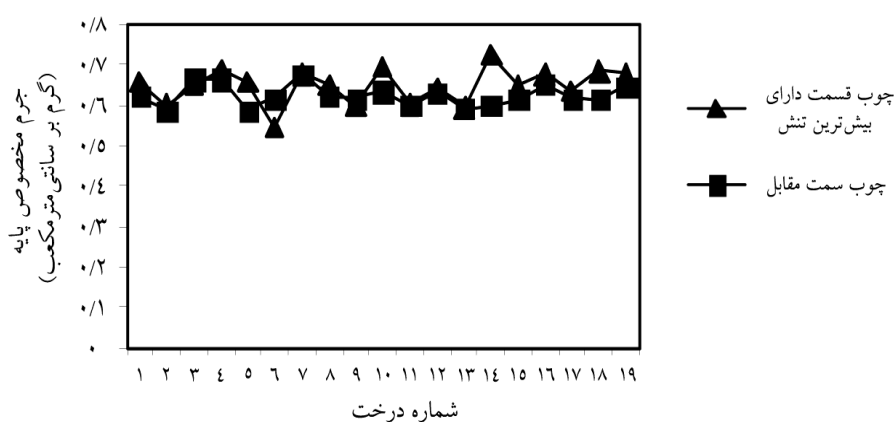
شکل ۱۰- هم‌کشیدگی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن.  
 A, D, E: به‌ترتیب هم‌کشیدگی طولی، شعاعی و مماسی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش.  
 B, C, F: به‌ترتیب هم‌کشیدگی طولی، شعاعی و مماسی در سمت مقابل قسمت دارای بیش‌ترین تنش.

نتایج مربوط به واکنش‌دهی: میانگین واکنش‌دهی طولی در ناحیه دارای بیش‌ترین تنش، ۶۰ درصد بیش‌تر از سمت مقابل آن است. تحلیل آماری نشان داد که اختلاف بین قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن در سطح اعتماد آماری ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. بررسی‌های آماری نشان دادند که اختلاف بین واکنش‌دهی شعاعی و همچنین واکنش‌دهی مماسی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن معنی‌دار نمی‌باشد، هر چند که میانگین واکنش‌دهی‌های مماسی و شعاعی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش بیش‌تر از سمت مقابل آن بوده است. در شکل ۱۱ منحنی‌های مربوط به واکنش‌دهی مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۱- واکنش‌دهی در بخش دارای بیش‌ترین تنش و سمت مقابل آن.  
 A, C, E: به‌ترتیب واکنش‌دهی طولی، شعاعی و مماسی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش.  
 B, D, F: به‌ترتیب واکنش‌دهی طولی، شعاعی و مماسی در سمت مقابل قسمت دارای بیش‌ترین تنش.

نتایج مربوط به درصد رطوبت و جرم ویژه پایه: از نظر آماری بین میانگین رطوبت در قسمت دارای بیشترین تنش و سمت مقابل آن تفاوت معنی داری وجود نداشت. تحلیل آماری نشان داد که اختلاف بین جرم ویژه پایه بین قسمت دارای بیشترین تنش و سمت مقابل آن از نظر آماری معنی دار نمی باشد. هر چند که مقدار آن در بخش بیشترین تنش کمی بالاتر از سمت مقابل آن بوده است. در شکل ۱۲ منحنی جرم ویژه پایه مشاهده می گردد.



شکل ۱۲- جرم ویژه پایه در بخش دارای بیشترین تنش و سمت مقابل آن.

### بحث و نتیجه گیری

آبی شدن رنگ فیبرها که به تغییر در ساختار شیمیایی فیبرها و تشکیل لایه ژلاتینی در دیواره آنها مربوط می شود، نشان دهنده وجود چوب کششی در درختان بررسی شده است. در این مطالعه همچنین مشاهده شد که تعداد حفرات آوندی در چوب سمت دارای بیشترین تنش (قسمت دارای چوب کششی) کم تر از چوب سمت مقابل آن است. نتایج مطالعات دیگر محققان این نتیجه را تأیید می کند (چو، ۱۹۴۶؛ روئل و همکاران، ۲۰۰۶).

همچنین مشاهده گردید که قطر کلی و قطر حفره فیبرها در بخش دارای حداکثر تنش کم تر از سمت مقابل و ضخامت دیواره فیبرها و طول آنها در بخش دارای حداکثر تنش بیش تر از سمت مقابل آن است. نتایج اندازه گیری بازده الیاف نشان داد که بازده الیاف در قسمت دارای تنش حداکثر بیش تر از سمت مقابل آن می باشد. می توان گفت که بازده الیاف چوب کششی راش بیش تر از بازده الیاف

چوب نرمال است. که بیانگر افزایش درصد فیبرها برای جبران کاهش درصد آوندها می‌باشد. این نتایج با مطالعات دیگر محققان مشابه است (طارمیان و همکاران، ۲۰۰۷؛ سارا، ۲۰۰۵).

برخی از محققان در مقایسه بازده الیاف چوب کشتی و نرمال نتیجه‌ای خلاف نتیجه به دست آمده از این پژوهش را گزارش داده‌اند (واشوسن و همکاران، ۲۰۰۳؛ لینگ لانگ و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج بررسی‌ها نشان داد که درصد هم‌کشیدگی و واکشیدگی طولی در قسمت دارای بیش‌ترین تنش بیش از سمت مقابل آن است. به عبارت دیگر، میزان هم‌کشیدگی و واکشیدگی طولی چوب کشتی بیش‌تر از چوب نرمال می‌باشد. نتایج مشابه توسط برخی محققان گزارش شده است (چو، ۱۹۴۶؛ پانشین و دیزو، ۱۹۸۰؛ طارمیان و همکاران، ۲۰۰۷).

هم‌کشیدگی شعاعی و هم‌کشیدگی مماسی نیز در قسمت دارای بیش‌ترین تنش، بیش از سمت مقابل است. مقادیر میانگین‌های واکشیدگی مماسی و واکشیدگی شعاعی در چوب قسمت دارای بیش‌ترین تنش بیش از چوب سمت مقابل آن بود ولی از نظر آماری، این تفاوت معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان گفت که تأثیر تشکیل چوب واکنشی بر هم‌کشیدگی و واکشیدگی چوب در این دو حالت کم‌تر از حالت‌های دیگر می‌باشد. بیش‌تر بودن هم‌کشیدگی در چوب کشتی می‌تواند به ترکیب شیمیایی خاص آن و مقدار زاویه میکروفیبریل مربوط شود. افزایش مقدار سلولز نسبت به لیگنین در چوب واکنشی (نورنبرگ و میر، ۱۹۶۶)، باعث می‌شود که الیاف آن آب بیش‌تری را جذب کرده و از هم دورتر شوند، بنابراین هم‌کشیدگی چوب کشتی بیش‌تر از چوب نرمال است. از طرفی اندازه زاویه میکروفیبریلی در چوب کشتی کم‌تر از چوب نرمال بوده و میکروفیبریل‌ها با زاویه‌ای حدود ۵ درجه انحراف نسبت به محور سلول قرار گرفته‌اند (اوناکا، ۱۹۴۹). بنابراین چوب کشتی نسبت به چوب نرمال بیش‌تر دچار هم‌کشیدگی و واکشیدگی به‌ویژه در جهت طولی می‌شود. محققان دیگر دلیل احتمالی افزایش هم‌کشیدگی طولی در چوب کشتی را ضخیم‌تر بودن لایه  $S_1$  و نبود کنترل ضخامت لایه  $S_1$  توسط لایه  $S_2$  بیان کرده‌اند (بوید، ۱۹۷۲).

جرم ویژه پایه، در بخش دارای بیش‌ترین تنش با سمت مقابل آن، قدری افزایش ولی تفاوت معنی‌داری نداشت که علت آن می‌تواند مقدار کم لایه ژلاتینی تشکیل شده در بخش دارای بیش‌ترین تنش نسبت به سمت مقابل باشد. تفاوت در جرم ویژه چوب کشتی و چوب نرمال به نوع سازمان دیواره سلولی در سلول‌های چوب کشتی بستگی دارد. لایه ژلاتینی ضخیم می‌تواند جرم ویژه سلول‌های چوب کشتی را تا ۳ درصد افزایش دهد. افزایش جرم ویژه در سلول‌های دارای لایه ژلاتینی نازک، کم‌تر است (حدود ۵ تا ۱۰ درصد) (پانشین و دیزو، ۱۹۸۰).

در این مطالعه تفاوت چندانی بین میزان درصد رطوبت در بخش دارای بیشترین و کمترین تنش مشاهده نشد. این نتیجه مشابه نتایج به دست آمده از بررسی های گذشته می باشد (طارمیان و همکاران، ۲۰۰۷). باتوجه به تأثیر تنش های رشد بر ویژگی های آناتومی و فیزیکی راش، پیشنهاد می شود که برای استفاده بهینه از چوب راش که گونه غالب چوب آلات صنعتی ایران است، به وجود تنش های کششی زیاد در چوب های مصرفی این گونه و خواص متأثر از تنش های رشد توجه شود و برای کاهش آن در درختان با اجرای درست اصول علمی عملیات پرورشی، اقدام های جدی صورت گیرد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از کارشناس محترم آزمایشگاه بیولوژی و آناتومی چوب دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، خانم مهندس عالیہ محمدالفت که در استفاده از امکانات آزمایشگاه، همکاری لازم را مبذول داشتند، قدردانی می گردد. این پروژه با حمایت مرکز مطالعات و همکاری های علمی بین المللی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و سفارت فرانسه در ایران به انجام رسیده است.

### منابع

1. Archer, R.R. 1986. Growth stresses and strains in trees. Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, 40: 120-126.
2. Book of ASTM Standard Test Methods. 1995. American Society for Testing Materials, Standard methods for testing small clear specimen of timber; ASTM D- 2395-02 and D- 4442-92. 4: 10. 120-134.
3. Boyd, J.D. 1950. Tree growth stresses, II, the development of shake and other visual failures in timber, Australian J. Appl. Sci. 1: 296-312.
4. Boyd, J.D. 1972. Tree growth stresses V. Evidence of an origin in differentiation and lignification. Wood Sci. Technol. 6: 251-162.
5. Chow, K.Y. 1946. A Comparative study of the structure and chemical composition of tension wood and normal wood in Beech (*Fagus sylvatica* L.), Forestry, 20: 62-77.
6. Clair, B. and Thibaut, B. 2005. Shrinkage of the gelatinous layer of poplar and beech tension wood. IAWA, 22: 2. 121-131.
7. Fang, C.H., Guibal, D., Clair, B., Gril, J., Liu, Y.M. and Liu, S.H. 2008. Relationships between growth stress and wood properties in Poplar I-69 (*Populus deltoids* Bartr. cv. "Lux" ex I-69/55). Annals of Forest Science, 65: 307. 1-16.

8. Fisher, J.B. and Stevenson, J.W. 1981. Occurrence of reaction wood in branches of dicotyledons and its role in tree architecture. Bot. Gaz. 142: 1. 82-95.
9. Franklin, G.L. 1938. The Preparation of wood tissues for microscopic examination. Leaflet Forest products research laboratory, 8p.
10. Kollmann, F.P. and Cote, W.A. 1968. Principles of wood Science and Technology. Springer-Verlag. New York, 1: 121-127.
11. Ling-Long, K.H., Shin-Shin, C., Yan-San, H., Shiang-Jiun, C. and Yi-In, H. 2007. Growth stress and related wood structure in the leaning trunks and branches of *Trochodendron aralioides* -A vessel-less dicotyledon. IAWA Journal, 28: 2. 211-222.
12. Lu, Q., Jones, G.L.I., Xu, F. and Sun, R.C. 2006. Comparative study of anatomy and lignin distribution in normal and tension wood of *Salix gordejecii*, Wood Science and Technology, 40: 5. 22-32.
13. Marra, A. 1942. Characteristics of tension wood in Hard Mapple (*Acer saccharum*) March., M.Sc. Thesis, Department of wood technology, New York State College of Forestry, Syracuse, 23: 2. 134-142.
14. Nicholson, J.E. 1973. Growth stress Differences in Eucalypts, Forest Science, 19: 3. 169-174.
15. Norberg, H. and Meier, L. 1966. Physical and chemical properties of the gelatinous layer in tension wood fiber of Aspen (*Populus tremula* L.), Holzforschung, 20: 6. 174-178.
16. Onaka, F. 1949. Studies on compression and tension-wood, Wood Research. Bulletin of Wood Research Institute, Kyoto University, Japan, Japan, 24: 3. 1-88.
17. Panshin, A.J. and De Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology, Fourth edition., Mc Graw Hill Inc, New York, 722p.
18. Roeser, K.R. 1972. Die nadel der Schwarzkiefermassenprodukt und kunstwerk der nature. Mikrokosmos, 6: 2. 33-36.
19. Ruelle, J., Clair, B., Beauchène, J., Prevost, M.F. and Fournier, M. 2006. Tension wood and opposite wood in 21 tropical rain forest species. 2. Comparison of some anatomical and ultrastructural criteria. IAWA J. 27: 4. 341-376.
20. Sara, A.G. 2005. Wood formation and transcript analysis with focus on tension wood and ethylene biology. Ph.D. Thesis, Department of forest genetics and plant physiology, Swedish university of agriculture science, 46p.
21. Tarmian, A. 2008, Drying kinetics of reaction woods and fluid transports through in comparison with those normal woods: compression wood in spruce and tension wood in beech (*Fagus orientalis*). Graduate studies office in partial fulfillment of the requirements, Ph.D. Thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University, 121p. (In Persian)
22. Taramian, A., Faezipoor, M., Karimi, A.N., Parsapajooh, D. and Moezipoor, A. 2007. Investigation on Physical Properties and Fiber Dimensions of Tension Wood and Normal Wood in Beech (*Fagus orientalis*). Pajuhesh and sazandegi Journal, 81: 39-45. (In Persian)



23. Toghraie, N. 2004. Tension wood formation and growth stress influence on some wood properties variation in two *Eucalyptus gunnii* Hook and *Eucalyptus camaldulensis* Dhnn. A thesis submitted to the Graduate studies office in partial fulfillment of the requirements, Ph.D. Thesis. Faculty of Natural Resources, Tehran University, 155p. (In Persian)
24. Wardrop, A.B. 1964. The reaction anatomy of arborescent angiosperms, P 144-152. In: Zimmermann (ed.), Formation of wood in forest trees. Academic Press, New York, London.
25. Washusen, R., Ilic, J. and Waugh, G. 2003. The relation between longitudinal growth strain and the occurrence of gelatinous fibers in 10 and 11-year-old Labill (*Eucalyptus globules*), Holz Roh- Werkstoff, 61: 299-303.
26. Wilson, B.F. 1988. The growing tree. Massachusetts University Press, 433p.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 17(3), 2010  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **The Effect of Growth Stresses on the Anatomical and Physical Properties of *Fagus orientalis* L.**

**\*F. Najafi Harsini<sup>1</sup>, K. Pourtahmasi<sup>2</sup> and Gh. Ebrahimi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student of Wood and Paper Science and Technology, University of Tehran,

<sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, University of Tehran,

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Wood and Paper Science and Technology, University of Tehran

Received: April, 21, 2010; Accepted: Dec., 5, 2010

### **Abstract**

Growth stresses develop in trees' trunks during formation and maturation of their growth rings. The asymmetric of growth stress field causes formation of abnormal wood called "reaction wood". This study has been conducted to characterize the effect of growth stresses on anatomical and physical properties of *Fagus orientalis*. Longitudinal growth stress was measured at 8 equidistant points on circumference, at breast height of 19 standing Beech trees in parcels 117 and 223/220 at Kheyroudkenar Research Forest. Using displacement gauge, longitudinal Point with greatest stress history on each sample tree was marked, and then trees were cut down to collect test materials for anatomical and physical properties. On cross-section of each sample bolt segment of harvested trees, area with greatest stress and its opposite were identified to cut out specimens. Results of investigations have shown that in the area with greatest values of longitudinal stress, tension wood has formed. In this area comparing with opposite wood of cross-section, number of vessels, diameter of vessels' lumen and typical fiber diameter were lower, but length and wall thickness of fibers and average percent of fiber content, shrinkage and swelling rates were higher. There were no significance statistical difference between moisture content and basic specific gravity in wood of both areas.

**Keyword:** Growth stresses, Tension wood, Gelatinous layer, Anatomical and physical properties, Kheyroudkenar forest

---

\* Corresponding Author; Email: [fn\\_harsini@yahoo.com](mailto:fn_harsini@yahoo.com)