

## خواص فیزیکی و مکانیکی چوب گونه کاج تدا (*Pinus taeda L.*) در رویشگاههای شمال کشور

فرداد گلبابائی<sup>\*۱</sup>، حسین حسینخانی<sup>۲</sup>، ابوالفضل کارگرفرد<sup>۳</sup>، امیر نوربخش<sup>۳</sup>

رضا حاجی حسنی<sup>۴</sup> و عباس فخریان<sup>۲</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، مربی پژوهشی، صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

پست الکترونیک: golbabaei@rifr-ac.ir

۲- مربی پژوهشی، ارشد صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۳- دانشیار، صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۴- کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۰

### چکیده

کاج تدا (*Pinus Taeda L.*) از سوزنی‌برگانی است که طی حدود چهل سال گذشته در ایران کشت شده و به‌عنوان یک منبع چوبی الیاف بلند جهت تولید کاغذ و صنایع چوب مورد توجه است. با توجه به نقش مقاومت مکانیکی در ویژگی‌های ساختمانی، این تحقیق، به‌منظور تعیین مقاومت‌های مکانیکی این گونه چوبی و تعیین امکان استفاده از آن در صنایع چوب انجام شد. جهت اجرای طرح محل‌های مختلف کاشت گونه کاج تدا از نظر تراکم و رویش مناسب مورد بررسی قرار گرفت و در نتیجه دو منطقه از استانهای گیلان و مازندران مناسب برای اجرای طرح تشخیص داده شد و نمونه‌برداری و اندازه‌گیری خواص مکانیکی چوب کاج تدا در این دو منطقه با رعایت آیین‌نامه D143-94 استاندارد ASTM در دو حالت سبز (تر) و خشک اندازه‌گیری شد. برای تعیین تأثیر عوامل منطقه رویش، رطوبت و ارتفاع تنه داده‌های حاصل از آزمایش‌های مختلف با استفاده از روش آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با استفاده از گروه‌بندی دانکن گروه‌بندی شدند. نتایج تجزیه و تحلیل آماری میانگین مقاومت‌های مکانیکی نشان‌دهنده این است که کاج تدا رویشگاه گیلان با توجه به داشتن وزن مخصوص ۰/۳۷ گرم بر سانتیمتر مکعب بالاترین مقدار و دارای مقاومت‌های مکانیکی بالاتری نسبت به کاج تدا رویشگاه مازندران با وزن مخصوص ۰/۳۶ گرم بر متر مکعب بوده است. اما در مقایسه نتایج آزمایش‌های آزمایشگاه ملی صنایع چوب آمریکا (USDA) بر روی کاج تدا از منطقه آمریکا رویشگاه اصلی این گونه (مدول الاستیسیته ۱۱۱۶۵)، مدول گسیختگی (۶۴/۵۶)، مقاومت به فشار موازی الیاف (۳۷/۲۴) و برش موازی الیاف (۷/۸۸) مگاپاسکال) با میانگین نتایج آزمایش‌های انجام شده در ایران (مدول الاستیسیته ۴۸۰۵/۵)، مدول گسیختگی (۴۳/۷۴)، مقاومت به فشار موازی الیاف (۲۳/۹۵) و برش موازی الیاف (۸/۱۷) مگاپاسکال) ملاحظه گردید و مشخص شد که مقاومت‌های این گونه در رویشگاه اصلی کاج تدا (آمریکا) بیشتر ایران است.

واژه‌های کلیدی: کاج تدا، گیلان، مازندران، مقاومت مکانیکی.

## مقدمه

به دلیل ساختار همگن، راست تاری و سبک بودن چوب سوزنی برگان (Jim L. Bowyer, 2002) تلاش گسترده‌ای در بیشتر نقاط دنیا جهت کاشت سوزنی برگان (به خصوص کاج‌ها) و شناسایی خصوصیات آنها انجام شده است. در این راستا کاج تدا به عنوان یکی از گونه‌های سوزنی برگ با ویژگی‌های مطلوب مورد توجه بسیاری از محققان و صاحبان صنایع چوب قرار گرفته و تحقیقات گسترده‌ای در مورد آنها انجام شده است.

Cramer و همکاران (۲۰۰۰) خواص الاستیک گونه کاج تدا را مورد بررسی قرار داده و این خاصیت را در ارتباط نزدیک با خصوصیات ساختمانی و ژنتیکی آن می‌دانند.

Harry A. Alden (۲۰۰۳) در کتاب سوزنی برگان امریکای شمالی کلیه سوزنی برگان را از نظر مقاومت مکانیکی و خصوصیات محیطی مورد بررسی قرار داده و مقایسه نموده است.

Zobel و همکاران (۱۹۷۶) در تحقیقی درباره کاج تدا، ۳۶ پایه در گروه درختان ۱۱ ساله، ۱۶ پایه در گروه درختان بالغ ۳۰ ساله شامل چوبهای تجاری و ۶ پایه در گروه درختان بالغ ۳۰ ساله شامل سرشاخه درختان کاج تدا، میانگین طول تراکنید درختان ۱۱ ساله، ۳۰ ساله و سرشاخه درختان بالغ را به ترتیب ۲/۹۸، ۴/۲۸ و ۳/۵۹ میلیمتر و میانگین قطر تراکنیدها را به ترتیب ۵۰/۰۱، ۴۸/۸۶ و ۴۵/۹۱ میکرون گزارش کرده‌اند. طبق این بررسی طول و ضخامت دیواره تراکنیدهای درختان بالغ زیاده‌ترین مقدار را نشان می‌دهد و قطر تراکنید و ضخامت دیواره آن کمترین مقدار است.

Cole و همکاران (۱۹۶۶) در سلسله تحقیقاتی درباره کاجهای ۱۶ تا ۲۱ ساله تدا، الیوتی، *Pinus palustris* و *Pinus serotina* در منطقه Jorjia، عنوان کردند که تراکنیدهای کاج *Pinus palustris* در حدود ۰/۳ میلیمتر بلندتر از سه گونه دیگر می‌باشد.

Jackson (۱۹۴۸) با مطالعه درباره قسمتهای مختلف کاج تدا به این نتیجه رسید که طول تراکنیدهای تنه کاج تدا از مغز به سمت پوست افزایش می‌یابد و این افزایش در سن ۲۰ تا ۶۰ سالگی به حداکثر خواهد رسید. همچنین طول تراکنیدهای یک درخت از قسمت پایین تنه به سمت تاج درخت افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به حداکثر با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.

Palmer و Gibbs (۱۹۶۷) با توجه به اثر عوامل محیطی و اکولوژیکی بر تغییرات طول تراکنید، قطر تراکنید و ضخامت دیواره، تحقیقاتی درباره گونه *Pinus caribaea* در سه منطقه کشور Fiji به انجام رسانیده‌اند. طول تراکنیدها در این سه منطقه ۲/۹۳، ۲/۶۷ و ۳/۳۸ میلیمتر؛ قطر الیاف ۳۸، ۳۸ و ۳۹ میکرون و ضخامت دیواره ۴، ۴ و ۵ میکرون بوده است.

McMillin (۱۹۶۸) پس از تحقیقاتی عنوان می‌کند که میانگین طول تراکنید بدون در نظر گرفتن وزن مخصوص و میزان رویش با افزایش تعداد دوایر از مغز به پوست افزایش می‌یابد.

طباطبایی و Terver (۱۳۴۹) ابعاد تراکنید کاج الداریکا (کاج تهران) را در منطقه کرج اندازه‌گیری کرده‌اند. طبق نتایج این بررسی قطر تراکنیدهای آغاز در جهت شعاعی و مماسی به ترتیب ۳۵ و ۳۰ میکرون و قطر تراکنیدهای پایان در جهت شعاعی و مماسی به ترتیب ۲۱ و ۲۳ میکرون می‌باشد. میانگین طول تراکنیدها ۱/۳۴ میلیمتر و حداقل و

### مواد و روشها

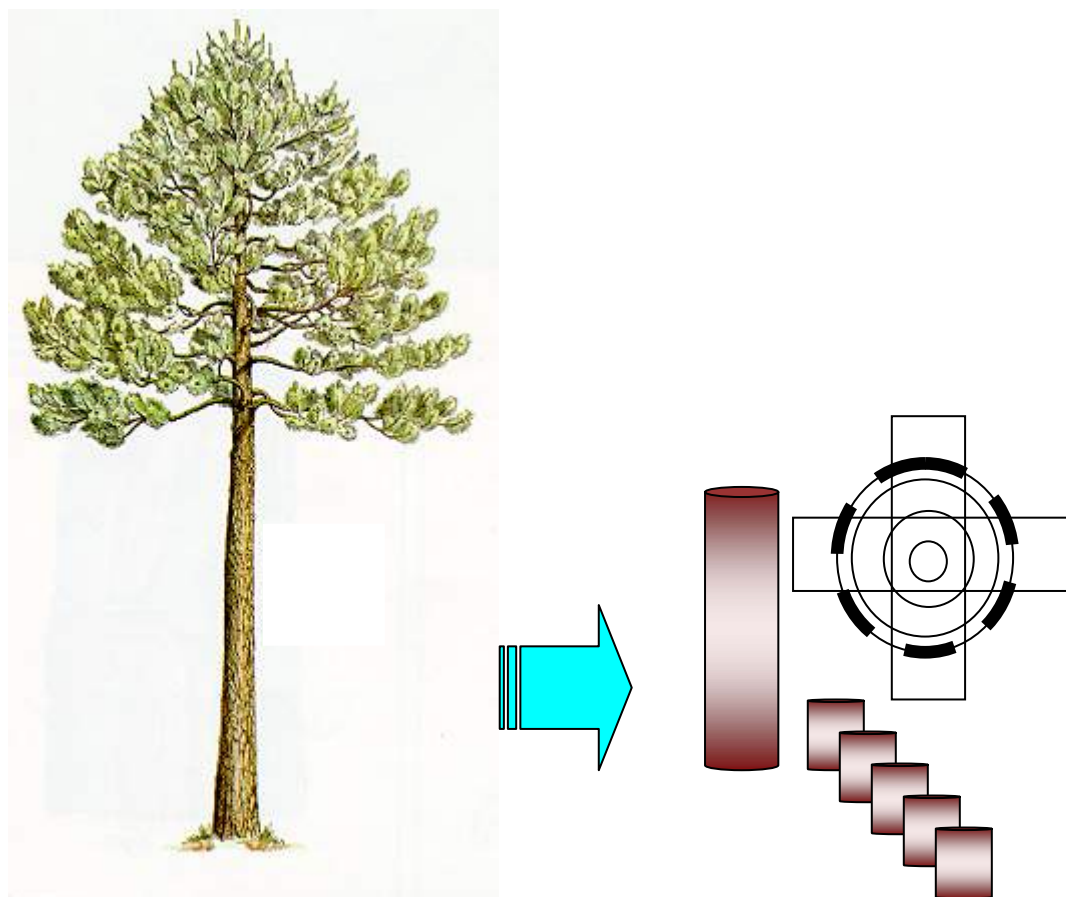
نمونه برداری از جنگل کاریهای طرح های سازگاری گونه های سوزنی برگ در منطقه پیلیمبرا و در حوزه چوب و کاغذ ایران (چوکا) واقع در استان گیلان و منطقه زاغمرز استان مازندران انجام شده است. جنگل کاری آن در سال ۱۳۴۳ شروع شده و دامنه سنی بیشتر گونه های چوبی بین ۲۸-۳۴ سال می باشد. نمونه برداری به صورت تصادفی با قطع سه اصله درخت کاج تدا از هر منطقه انتخاب و مطابق با طرح ۱، گرده بینه ها بریده شده و به صورت تخته هایی با ضخامت ۵/۵ سانتیمتر تبدیل گردیدند. سپس قطعات مورد نیاز مطابق با رعایت آیین نامه D143-94 استاندارد ASTM به شکل های مناسب انجام آزمایش تبدیل شدند. به منظور بررسی تأثیر عامل رطوبت در مقاومت های مکانیکی، تخته های تهیه شده به دو دسته تحت عنوان مواد آزمون تر و مواد آزمون خشک (خشک شده در هوای آزاد) تقسیم گردیدند. برای تهیه نمونه های خشک تخته ها در هوای آزاد برای رسیدن به رطوبت تعادل به صورت مناسب و اصولی چیده شد و از مواد آزمون تر، نمونه های آزمون طبق استاندارد مطبوع تهیه و برای حفظ رطوبت به سردخانه انتقال و به تدریج مورد آزمایش قرار گرفتند. نمونه های خشک نیز بعد از رسیدن به رطوبت تعادل با محیط به ابعاد و شکل نمونه آزمون تبدیل و مورد آزمایش قرار گرفتند. در این بررسی اثر ارتفاع منطقه، ارتفاع نمونه در تنه درخت و رطوبت بر روی مقاومت های مکانیکی با استفاده از طرح آزمون فاکتوریل در قالب بلوک های کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند.

حداکثر آن به ترتیب ۰/۶۷ و ۲/۰۹ میلیمتر اندازه گیری شده است.

حبیبی و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی خصوصیات فیزیکی و تشریحی کاج الداریکا منطقه گرگان، تغییرات طول الیاف و ضخامت دیواره را با توجه به دو عامل ارتفاع از سطح زمین و فاصله از مغز، مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که طول تراکئیدهای چوب آغاز و پایان و میانگین کلی طول تراکئیدهای چوب آغاز با افزایش فاصله از سطح زمین افزایش می یابد و طول تراکئیدهای چوب آغاز با افزایش فاصله از مغز اندکی کاهش و طول تراکئید چوب پایان اندکی افزایش نشان می دهد. در این تحقیق میانگین طول تراکئیدها، قطر و حفره سلولی و ضخامت دیواره به ترتیب ۲/۲۶ میلیمتر، ۳۹/۳۹، ۲۹/۵۳ و ۵/۲۸ میکرون اندازه گیری شده است. ضریب درهم رفتگی ۵۸/۵۹، ضریب مقاومت به پاره شدن ۳۶/۲۶ درصد و ضریب انعطاف پذیری ۱۸/۱۶ درصد محاسبه شده است.

### معرفی کاج تدا

*Pinus teada* L. از خانواده Pinaceae و در امریکا به *Loblolly pine* معروف می باشد. این گونه یکی از درختان جنگلی چوب ده آمریکای شمالی بوده و بلندی تنه آن در رویشگاه طبیعی اش به بیش از ۳۰ متر و قطر تنه آن به حدود ۸۰ سانتی متر می رسد. این کاج بیشتر در اراضی مرطوب می روید و برای شمال ایران بسیار مناسب است. چوب آن صمغ دار، محکم، نسبتاً سخت، به رنگ زرد متمایل به قهوه ای، با کیفیت خوب و با دوام و مناسب برای قسمتهای داخلی ساختمان است.



شکل ۱- طرح برش شماتیک نمونه ها

### نتایج

خشک و تر بدست آمده برای چوب گونه کاج تدا در دو استان کشور در جدولهای ۱ و ۲ نشان داده شده است.

خواص فیزیکی، درصد رطوبت سرپا و مشخصات

درختان قطع شده و همچنین میانگین جرم ویژه نسبی

جدول ۱- مشخصات درختان قطع شده

گیلان سفارود			مازندران			شماره درخت
ارتفاع درخت (متر)	قطر برابر سینه (سانتیمتر)	رطوبت (درصد)	ارتفاع درخت (متر)	قطر برابر سینه (سانتیمتر)	رطوبت (درصد)	
۹	۴۵	۱۱۰	۱۲	۴۰	۱۲۰	۱
۱۰	۳۸	۱۰۰	۱۱	۳۸	۱۱۰	۲
۱۰	۳۷	۱۱۰	۱۰	۳۶	۱۲۰	۳

جدول ۲- پراکنش وزن مخصوص خشک و بحرانی گونه تدا در ارتفاعات مختلف گیلان و مازندران

فاکتور اندازه‌گیری	مازندران (زاغمرز)	گیلان (شفارود)
وزن مخصوص خشک	۰/۳۶	۰/۳۷
وزن مخصوص بحرانی	۰/۳۴	۰/۳۵
میانگین کل	۰/۳۵	۰/۳۶

همان طوری که در جدولهای بالا ملاحظه می‌شود در واقع میانگین میزان رطوبت سرپا برای گونه فوق در دو منطقه ۱۱۱/۶۷٪ بوده و میانگین جرم ویژه نسبی خشک آن ۰/۳۶۵ بوده است.

آزمایش خمش استاتیک میانگین مقاومت به خمش استاتیک در حد الاستیک، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته در دو حالت تر و خشک در دو استان گیلان و مازندران در جدول ۳ آورده شده است.

### خواص مکانیکی

نتایج مربوط به ویژگیهای مکانیکی این گونه شامل ۹ آزمایش مختلف می‌باشد که در جدولهای ۳ تا ۷ به شرح زیر ارائه شده است

جدول ۳- تغییرات مقاومت به خمش استاتیک گونه کاج تدا با تغییرات رویشگاه

رویشگاه	در حالت تر (رطوبت بیش از ۳۰٪)		در حالت خشک (خشک شده در هوای آزاد)		مدول الاستیسیته
	مقاومت به خمش در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به خمش در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به خمش در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به خمش در حد الاستیک (Mpa)	
مازندران	۲۱/۲۳	۳۹/۳۵	۳۳/۳۳	۴۶/۴۵	۶۶۲۵
گیلان	۲۰/۹۵	۳۸/۶۸	۲۹/۴۷	۵۰/۴۵	۴۲۴۰
میانگین کل	۲۱/۰۹	۳۹/۰۲	۳۱/۴	۴۸/۴۵	۵۴۳۲/۵

### آزمایش فشار موازی الیاف

وارد می‌شود که در این بررسی مقاومت به فشار موازی و عمود بر الیاف اندازه‌گیری شده‌اند که جدولهای ۳ و ۴ نتایج میانگین این مقاومتها را نشان می‌دهند.

نیروی فشار وارده به یک قطعه چوب به سه حالت موازی با الیاف، عمود بر الیاف و جهت زاویه‌دار با الیاف

جدول ۴- تغییرات مقاومت به فشار موازی الیاف گونه کاج تدا با تغییرات رویشگاه

رویشگاه	در حالت تر (رطوبت بیش از ۳۰٪)		در حالت خشک (خشک شده در هوای آزاد)	
	مقاومت به فشار موازی الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به فشار موازی الیاف در حداکثر بار (Mpa)	مقاومت به فشار موازی الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به فشار موازی الیاف در حداکثر بار (Mpa)
مازندران	۱۴/۶۹	۱۸/۵۷	۱۸۳۰	۲۹/۲۶
گیلان	۱۳/۴۶	۱۷/۳۸	۱۸۴۷	۳۰/۵۷
میانگین کل	۱۴/۰۸	۱۷/۹۸	۱۸۳۸/۵	۲۹/۹۲

جدول ۵- تغییرات مقاومت به فشار عمود برالیاف گونه کاج تدا با تغییرات رویشگاه

رویشگاه	در حالت تر (رطوبت بیش از ۳۰٪)		در حالت خشک (خشک شده در هوای آزاد)	
	مقاومت به فشار عمود بر الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به فشار عمود بر الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به فشار عمود بر الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به فشار عمود بر الیاف در حد الاستیک (Mpa)
مازندران	۳/۳۰۸	۵/۴۵		
گیلان	۳/۸۷۳	۶/۶۵		
میانگین کل	۳/۵۹۱	۶/۰۵		

## آزمایش کشش و مقاومت به میخ کشی

خشک در جدول ۶ ارائه شده است.

نتایج مربوط به آزمایشهای کشش و مقاومت به میخ کشی در دو جهت جانبی و انتهایی در دو حالت تر و

جدول ۶- تغییرات مقاومت کشش عمود بر الیاف و مقاومت به میخ کشی گونه کاج تدا با تغییرات رویشگاه

رویشگاه	در حالت تر (رطوبت بیش از ۳۰٪)		در حالت خشک (خشک شده در هوای آزاد)	
	مقاومت به کشش عمود بر الیاف (Mpa)	مقاومت به کشش عمود بر الیاف (Mpa)	مقاومت به کشش عمود بر الیاف (Mpa)	مقاومت به کشش عمود بر الیاف (Mpa)
مازندران	۲/۹	۰/۲۹۱	۰/۲۶۹	۰/۴۳۵
گیلان	۳/۹	۰/۲۸۶	۰/۱۲۹	۰/۲۵۸
میانگین کل	۳/۴	۰/۲۸۸۵	۰/۱۹۹	۰/۳۴۷

## آزمایش شکافخوری و برش موازی الیاف

می‌شود. این عامل در مقایسه گونه‌های چوبی مؤثر است. البته میانگین این مقاومتها و مقاومت به برش موازی الیاف در جدول ۷ در حالت تر و خشک برای دو استان ارائه شده است.

مقاومت به شکافخوری فاکتوری است که در هنگام استفاده از چوب به‌عنوان سازه ساختمانی بسیار مهم بوده است، و برای مقایسه بین گونه‌های مختلف اندازه‌گیری

جدول ۷- تغییرات مقاومت شکافخوری و برش موازی الیاف گونه کاج تدا با تغییرات رویشگاه

رویشگاه	در حالت تر (رطوبت بیش از ۳۰٪)		در حالت خشک (خشک شده در هوای آزاد)	
	مقاومت به برش موازی الیاف (Mpa)	مقاومت به شکافخوری (KN.cm)	مقاومت به برش موازی الیاف (Mpa)	مقاومت به شکافخوری (KN.cm)
مازندران	۶/۱۳۰	۰/۳۸۵	۱۰/۵۴	۰/۴۴۶
گیلان	۶/۵۴۳	۰/۳۲۴	۹/۴۵	۰/۳۸۶
میانگین کل	۶/۳۳۷	۰/۳۵۵	۹/۹۹۵	۰/۴۱۶

## مقاومت به سختی و ضربه

در این روش میزان مقاومت یک قطعه چوب به ابعاد ۱۵\*۵\*۵ سانتیمتر در برابر نفوذ شعاع یک ساچمه فلزی به قطر ۱۱/۲ میلیمتر استفاده می‌باشد. همچنین مقاومت به ضربه در حالت خشک و تر در جدول ۸ بیانگر میانگین نتایج حاصل از این آزمایش‌هاست.

در مکانیک چوب برای بررسی مقاومت به سختی چوب روشهای مختلفی وجود دارد، یکی از آنها اندازه‌گیری مقاومت به سختی چوب با استفاده از آئین‌نامه D143-94 در جهات جانبی و انتهایی نمونه چوبی است.

جدول ۸- تغییرات مقاومت به ضربه و مقاومت به سختی گونه کاج تدا با تغییرات رویشگاه

رویشگاه	در حالت تر ( رطوبت بیش از ۳۰٪)			در حالت خشک ( خشک شده در هوای آزاد)		
	مقاومت به ضربه (Kg.m)	مقاومت به سختی در جهت جانبی (KN)	مقاومت به سختی در جهت انتهایی (KN)	مقاومت به ضربه (Kg.m)	مقاومت به سختی در جهت جانبی (KN)	مقاومت به سختی در جهت انتهایی (KN)
مازندران	۲/۹۸	۲/۷۳۹	۲/۴۵۵	۲/۵۹۲	۳/۲۳	۳/۸۹
گیلان	۲/۷۸	۲/۱۹۴	۲/۴۶۷	۲/۵۸۷	۳/۲۰۰	۲/۴۹۶
میانگین کل	۲/۵۸۷	۲/۴۶۷	۲/۴۶۱	۲/۵۵۵	۳/۲۱۵	۳/۱۹۳

## بحث

با توجه به لزوم تأمین چوب صنعتی مورد نیاز، تحقیق و بررسی در مورد گونه‌های درختی بیگانه به ویژه انواع سوزنی‌برگان سریع‌الرشد و صنعتی جهان در رویشگاههای مختلف جنگلی در شمال ایران حائز اهمیت بوده و در حال انجام است که در میان آنها کاج تدا دارای سازگاری بیشتری با شرایط ایران بوده و رشد خیلی خوبی در شمال کشور داشته است. اگر در درخت سوزنی‌برگ رویش قطری سالیانه کم باشد درصد چوب پایان افزایش می‌یابد.

با افزایش درصد چوب پایان به دلیل ضخامت بیشتر دیواره‌های تراکتید این چوب مقاومت مکانیکی آن زیاد می‌گردد. زمانی که پهنای دایره رویشی سالیانه درخت زیادتر شود، از درصد چوب پایان و در نتیجه از مقاومتهای مکانیکی آن کاسته می‌گردد، ولی تعداد تراکتید بیشتری در یک سال رویشی تشکیل می‌شود. این نکته برای صنایعی از قبیل کاغذسازی که تعداد تراکتید در واحد حجم چوب و محصول مهم می‌باشد با ارزش محسوب می‌شود.

جدول ۹- مقاومت های مکانیکی گونه کاج تدا در ایران

وزن مخصوص	مدول الاستیسیته (MPa)	مدول گسیختگی (MPa)	مقاومت به فشار موازی الیاف (MPa)	مقاومت به فشار عمود بر الیاف (MPa)	بُرش موازی الیاف (MPa)	مقاومت به سختی (KN)	شکافخوری (KN/cm)	مقاومت به ضربه (J)	
-	۴۱۷۸/۵	۳۹/۰۲	۱۷/۹۸	۳/۵۹۱	۶/۳۳۷	۲/۴۶۴	۰/۳۵۵	۲/۸۸	تر
۳۵/۷۵	۵۴۳۲/۵	۴۸/۴۵	۲۹/۹۲	۶/۰۵	۹/۹۹۵	۳/۲۰۴	۰/۴۱۶	۲/۵۹	خشک

آزمایشگاه ملی صنایع چوب آمریکا (USDA) نتایج ایالات متحده را بصورت جدول زیر اعلام نموده است. آزمایش‌های انجام شده بر روی کاج تدا رویش یافته در

جدول ۱۰- مقاومتهای مکانیکی کاج تدا آزمایشگاه آمریکا USDA

وزن مخصوص	مدول الاستیسیته (MPa)	مدول گسیختگی (MPa)	مقاومت به فشار موازی الیاف (MPa)	مقاومت به فشار عمود بر الیاف (MPa)	بُرش موازی الیاف (MPa)	مقاومت به سختی (KN)	
۰/۴۷	۹۸۰۰	۵۱/۱	۲۴/۵۷	۲/۷۳	۶/۰۲	۲/۰۰۲	تر
۰/۵۴	۱۲۵۳۰	۸۹/۶	۴۹/۹۱	۵/۵۳	۹/۷۳	۳/۰۶۹	خشک



- Cole, D.E.; Zobel, B.J. and Roberds, J.H., 1966. Slash, loblolly and longleaf pine in a mixed natural stand. A comparison of their wood properties, pulp yield and paper properties. Tappi 49:161-166.
- Franklin, G. L. (1954). A rapid method of softening wood for tropical woods 88, 35-6
- Jackson, A. B. and Dallimore, W. (1948). *A Handbook of coniferae*.
- Jim L. Bowyer, Rubin Shmulsky and John G. Haygreen, 2002. *Forest products and wood science an introduction, 4 th.*
- McMillan, W. B. (1968). A study in the comparative lengths of tracheids of red spruce grown under ree a and suppressed conditions. J. for. 23, 34-42.
- Palmer, E.R., Gibbs, J.A., 1967. The pulping characteristics of *Pinus caribaea* from Sabah. Tropical prod. Ins. Report L 12.
- Zobel, B. J. (1976). Wood properties as affected by changes in the wood supply of southern pines. Tappi: 59 (4): 126-128.

با مقایسه دو جدول فوق، ملاحظه می شود که چوب رویش یافته در ایران دارای وزن مخصوص پایین بوده و از نظر مقاومت های خمش استاتیک، فشار موازی الیاف آن در ایران پایین بوده و در سایر مقاومتها اختلاف معنی داری وجود ندارد. چوب کاج تدای رویش یافته در ایران دارای مدول لاستیسیتیته پایین بوده و الاستیک تر است. در کل دارای مقاومت کمتری نسبت به این گونه در زادگاهش داشته می باشد.

### منابع مورد استفاده

- حبیبی، م، حسین زاده، ع، فامیلیان، ح. و حسین خانی، ح، ۱۳۸۱. بررسی روند تغییرات ابعاد الیاف گونه کاج الداریکا. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، شماره انتشار ۲۹۳.
- طباطبایی، م. و ترور، ف، ۱۳۴۹. بررسی مقایسه ای دو گونه کاج در ایران، نشریه دانشگاه تهران. شماره ۱۷، دانشکده جنگلداری.
- گلبابایی، ف، جهان لیبیاری، ا، حسین زاده، ع، سپیده دم، ج. و نوربخش، ا، ۱۳۷۷. بررسی ویژگیهای کاربردی خمیر کاغذ کرافت از کاج الداریکا. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، شماره انتشار ۱۸۲.

## The mechanical properties of *Pinus taeda* L. wood growing in different regions of Caspian forests

Golbabaie, F<sup>\*1</sup>, Hosseinkhani, H.<sup>2</sup>, Noorbahsh, A.<sup>3</sup>, Kargarfard, A.<sup>3</sup>,  
Hajihassani, R.<sup>2</sup> and Fakhryan, A.<sup>2</sup>.

1\*- Corresponding author, M.Sc., Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, E-mail: golbabaie@rifr-ac.ir

2- M.Sc., Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

3- Ph.D, Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: Sep., 2011

Accepted: Feb., 2012

### Abstract

The major engineering properties of *Pinus taeda* L. wood growing in different regions of Caspian forests (North of Iran) was determined. Test materials were selected randomly from *Pinus teada* tree plantation and the test specimens were prepared according to ASTM D-143 standard. Mechanical and physical properties were measured on both green and air-dried samples (12% moisture content). The results of the measurement were statistically analyzed based on randomized block design and factorial experiment. The influence of specimen locations at different stem heights was examined. Based on the results of this study, statistically significant difference of the measured properties was not observed between the samples collected from different regions. Toughness was not influenced by moisture content, but the compression strength perpendicular to the grain of wet and air-dry specimens was not similar. Mechanical properties of *Pinus teada* wood grown in Iran is generally of lower quality compare to those in their original habitat.

**Key words:** *Pinus taeda*, physical, mechanical, properties