بررسی خواص فیزیکی و بیومتری چوب مهم‌ترین گونه‌های سوزنی‌برگ در منطقه ارتفاعی پایین‌بند نکا (کوهسار کنده)

محمد فارسی[۱*]
مجید کیائی[۲]
میلاد منتظری[۳]

[۱] دانشیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ساری، ایران

[۲] دانشیار گروه صنایع چوب و کاغذ ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران

[۳] دانش‌آموخته گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ساری، ایران
مسئول مکاتبات:
moh_farsi@iausari.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵

چکیده

در این تحقیق، خواص فیزیکی و بیومتری چوب و الیاف چوبی هشت گونه سوزنی‌برگ وارداتی در طرح جنگلداری کوهسارکنده شهرستان نکاء موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور، تعداد چهل اصله درخت سالم از هشت گونه سوزنی‌برگ (کاج تدا، کاج رادیاتا، کاج بروسیا، کاج سیاه، کاج دریایی، کاج کاشفی، کریپتومریای ژاپن و سدر) انتخاب شدند. از هر درخت یک گرده‌بینه ۱۰ سانتی‌متری برای محاسبه خواص فیزیکی چوب (دانسیته بحرانی و هم کشیدگی حجمی) و بیومتری الیاف چوبی (ابعاد تراکئید و نسبت‌های بیومتری) قطع شد. نمونه‌های آزمونی (بعد از حذف مغز درختان) به صورت پراکنده در سطح دیسک تهیه شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های چوبی سوزنی‌برگ غیربومی وارداتی ازنظر خواص فیزیکی و بیومتری وجود دارد. بیشترین مقدار دانسیته بحرانی و همکشیدگی حجمی، طول تراکئید، قطر تراکئید، قطر حفره، ضخامت دیواره سلولی، نسبت انعطاف‌پذیری، نسبت درهم‌رفتگی و نسبت رانکل به ترتیب متعلق به گونه‌های کاج بروسیا، کاج کاشفی، کاج کاشفی، کاج کاشفی، کاج کاشفی، کاج بروسیا، کریپتومریای ژاپن، کاج بروسیا و سدر است. ازنظر دانسیته، طول تراکئید، نسبت‌های بیومتری الیاف (انعطاف‌پذیری، رانکل و درهم‌رفتگی)، گونه های موردبررسی در دامنه مطلوبی برای تولید کاغذ قرار داشتند.

واژگان کلیدی: سوزنی‌برگ، دانسیته بحرانی، همکشیدگی حجمی، ابعاد الیاف، نسبت‌های بیومتری.

مقدمه

گونه سوزنی‌برگ در اراضی فقیر و کم بازده، سازگاری بیشتری داشته و زمین را با سرعت بیشتری پوشانده و خاک را در مقابل عوامل فرسایش محافظت می‌کند. بعضی سوزنی‌برگان در مناطق نامساعد و عاری از پوشش گیاهی، رشد سریع داشته و به‌عنوان گونه پیشاهنگ عرصه را برای ورود تدریجی پهن‌برگان (گونه‌های کلیماکس) آماده می‌کنند. جنگل‌کاری با سوزنی‌برگان، هزینه کمتری داشته و در تپه‌های شنی ساحل دریا (در منطقه معتدله)، جنگل کاری با سوزنی‌برگان انجام می‌شود (حوزه مدیترانه). سوزنی‌برگان دامنه وسیع اکولوژی دارند و به شرایط نامساعد محیط (یخبندان و خشکی شدید) بردبارند. در ارتفاعات زیاد و مناطق کوهستانی، برای جلوگیری از ریزش و فرسایش خاک (توسعه جنگل) جنگل‌کاری با سوزنی‌برگان انجام می‌شود [۱، ۲].

بسیاری از گونه‌های سوزنی‌برگ به دلیل تند رشد بودن و تولید الوار و خمیر کاغذ مطلوب در کشورهای مختلف به‌طور وسیع کشت می‌شوند. وسعت توده‌های طبیعی کاج رادیاتا در آمریکا کمتر از ۸۰۰۰ هکتار است و سطح وسیعی از این کشور با این‌گونه به‌صورت دست‌کشت جنگل‌کاری شده است.[۳]. گونه کاج تدا نیز با وسعت ۱۱/۷ میلیون هکتار مهم‌ترین جنگل‌های تجاری را در ایالت‌های جنوبی امریکا به خود اختصاص داده است [۴].از سویی دیگر در اراضی تخریب یافته و کم بازده برای تعدادی از گونه‌های سوزنی‌برگ امکان استقرار بسیار بیشتر از پهن‌برگ است. مساحت جنگل‌های کاج بروسیا که در کشور ترکیه در حدود ۳ میلیون هکتار است مناسب کاشت در اراضی کم بازده و نیمه‌خشک شمال کشور می‌باشند [۵]. یکی از بزرگ‌ترین جنگل‌های دست کاشت جهان نیز، شامل ۹۰۰ هزار هکتار در سواحل آتلانتیک جنوب غربی فرانسه است که پس از سال ۱۷۸۹ به‌طور تقریباً خالص از گونه کاج دریایی جنگل‌کاری گردید [۲]. از سال‌های گذشته با استفاده از همین‌گونه در سواحل دریای خزر جنگل‌کاری شده است که اکنون در برخی مناطق توده‌هایی کوچک از آن باقی مانده است. بررسی بوم‌شناسی و تولید اقتصادی کاج سیاه در منطقه فریم نشان داده که با کاشت این‌گونه در عرصه فاقد جنگل پس از گذشت ۲۰ سال، کاج سیاه با ایجاد پوشش جنگلی و تولید ۸۹ مترمکعب چوب، موجب افزایش فعالیت زیستی بی‌مهرگان خاکزی، افزایش تنوع پوشش گیاهی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گردیده است [۶].

Antwi-Aslako و Aylmasu (۲۰۱۲) در تحقیقی تحت عنوان تغییرات ابعاد الیاف در سه خانواده Meliaceae, Sterculiaceae, Ulmaceae اشاره کردند که خانواده گونه چوبی تأثیر معنی‌داری بر طول، قطر و ضخامت دیواره سلولی داشته است [۷]. این نتایج توسط Bhat و Rugmini (۱۹۸۵) و Taylor (۱۹۷۱) نیز گزارش شده است [۸، ۹].

موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع از سال ۱۳۷۱ نُه طرح پژوهشی در زمینه سازگاری گونه‌های مختلف سوزنی‌برگان در سه منطقه ارتفاعی از جنگل‌های گیلان و مازندران و در هر منطقه در سه‌نقطه ارتفاعی به اجرا گذاشته است. مطالعات سازگاری این گونه‌ها (سدر، کاج بروسیا، کاج کاشفی، کاج دریایی با مبدأ پاسند و گونه کاج سیاه با مبدأ اتریش و گونه کریپتومریای ژاپن و کاج رادیاتا با مبدأ نوشهر و گونه کاج تدا با مبدأ پیلمبرا) در سطح دو هکتار از جنگل‌های پایین‌بند نکا (کوهسار کنده) توسط Mohammadnezhad Kiasari و همکاران (۲۰۱۲) موردبررسی قرار گرفته است (جدول ۱ و ۲). نتایج کمی و کیفی نشان داد که گونه کاج تدا و بروسیا از بهترین وضعیت برخوردار بوده و گونه‌های سدر و کریپتومریای ژاپن را می‌توان به‌عنوان گونه‌های امیدوارکننده معرفی نمود. با توجه به کاربردی بودن چوب سوزنی‌برگان در صنایع کاغذ سازی، مطالعه و بررسی خواص بنیادی چوب آن‌ها برای استفاده در صنعت کاغذ از اهمیت زیادی برخوردار است؛ بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی خواص فیزیکی چوب و بیومتری الیاف چوبی سوزنی‌برگان وارداتی غیربومی در منطقه رویشگاهی کوهسارکنده نکا صورت پذیرفت.

جدول ۱- خلاصه مقایسه صفات کمی تیمارهای سوزنی‌برگان در منطقه کوهسار کنده [۲]

نام گونه	مبدأ	قطر درخت (سانتی‌متر)	ارتفاع درخت (متر)	زنده‌مانی (٪)
کاج سیاه	اتریش	۱۵/۳	۱۴/۲	۶۰
سدر	پاسند	۱۵/۲	۱۵/۳	۲۶/۳
کاج بروسیا	پاسند	۱۷/۷	۱۶/۱	۵۵
کریپتومریا ژاپن	نوشهر	۱۸/۲	۱۰	۵۳/۷
کاج کاشفی	پاسند	۹/۴	۵/۶	۱۶/۷
کاج رادیاتا	نوشهر	۱۷/۳	۱۳/۹	۵۰/۳
کاج تدا	پیلمبرا	۱۱/۴	۹/۵	۸۹
کاج دریایی	پاسند	۱۵/۱	۱۴/۲	۳۷/۳

جدول ۲- مقایسه متوسط درصد فراوانی هر یک از تیمارهای سوزنی‌برگ به لحاظ کیفی [۲]

نام گونه	مبدأ	خوب	مناسب	ضعیف	نامناسب
کاج سیاه	اتریش	۶۸	۲۸	۴	۰
سدر	پاسند	۱۹/۴	۲۵/۴	۳۵/۹	۱۹/۳
کاج بروسیا	پاسند	۹۰/۲	۸/۸	۱	۰
کریپتومریا ژاپن	نوشهر	۳۹/۳۰	۳۰/۴	۲۱/۴	۸/۴
کاج کاشفی	پاسند	۵۳/۶۰	۳۷/۵	۵/۴	۳/۶
کاج رادیاتا	نوشهر	۸۳/۱	۱۳/۸	۳/۱	۰
کاج تدا	پیلمبرا	۹۳/۹	۶/۱	۰	۰
کاج دریایی	پاسند	۸۶/۱	۱۱/۵۰	۱/۶	۰

مواد و روش‌ها

برای مطالعه خواص فیزیکی و بیومتری چوب سوزنی‌برگ وارداتی تعداد ۴۰ درخت سالم از ۸ گونه موردبررسی (از هرگونه چوبی ۵ درخت با سن ۱۶ سال) که شامل گونه‌های سدروس، کاج بروسیا، کاج کاشفی، کاج دریایی با مبدأ پاسند و گونه کاج سیاه با مبدأ اتریش و گونه کریپتومریای ژاپن و کاج رادیاتا با مبدأ نوشهر و گونه کاج تدا با مبدأ پیلمبرا از منطقه رویشگاهی کوهسار کنده نکا به صورت تصادفی انتخاب شد (جدول ۳). از هر درخت یک دیسک از ارتفاع برابرسینه برای محاسبه خواص فیزیکی چوب و بیومتری الیاف قطع شد. نمونه‌های آزمونی به‌صورت پراکنده در سطح دیسک (بعد از حذف مغز درختان) تهیه شد. همه گونه‌ها به‌غیراز گونه کریپتومریای ژاپن از خانواده کاج‌ها و کریپتومریای ژاپن از خانواده Taxodiaceae هستند.

منطقه کوهسارکنده از خاک عمیق تا خیلی عمیق با بافت سطحی نسبتاً سنگین برخوردار بوده که با افزایش عمق، میزان رس خاک نیز افزوده می‌شود [۲]. اطلاعات به‌دست‌آمده از نتایج ۲۶ ساله آب و هوایی ایستگاه سینوپتیک قراخیل قائمشهر در طول سال‌های ۱۳۵۹ لغایت ۱۳۸۴ نشان داد حداکثر مطلق دما (مردادماه) ۳۹/۲ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق دما (ماه‌های دی و بهمن) ۴/۲- درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت سالیانه ۷۹ درصد است. میانگین مجموع بارندگی در طول ۲۶ سال برابر با ۷۳۲/۸ میلی‌متر تعیین شد که بین حداقل ۵۲۶/۹ میلی‌متر در سال ۱۳۶۵ و حداکثر ۹۹۷/۶ میلی‌متر در سال ۱۳۶۰ در نوسان بوده است [۲].

جدول ۳- مشخصات گونه‌ها و سن آن‌ها در طرح سازگاری سوزنی‌برگان منطقه کوهسارکنده (نکاء) [۲]

نام گونه	نام علمی گونه	وضعیت نهال	سن نهال	مبدأ	نهالستان
کاج سیاه	*Pinus nigra* Arn. ssp. *austriaca*	گلدانی	۳ سال (۱+۲)	اتریش	کلاردشت
سدر هیمالیا	*Cedrus deodara* D. Don.	گلدانی	۳ سال (۱+۲)	پاسند	پاسند
کاج بروسیا	*Pinus brutia* Ten.	گلدانی	۳ سال (۱+۲)	پاسند	پاسند
کریپتومریای ژاپن	*Cryptomeria japonica* D. Don.	گلدانی	۱ سال (۰+۱)	نوشهر	نوشهر
کاج کاشفی	*Pinus longifolia* Sarg.	گلدانی	۳ سال (۲+۱)	پاسند	پاسند
کاج رادیاتا	*Pinus radiata* D. Don	ریشه‌ای	۲ سال (۲+۰)	نوشهر	شهرپشت
کاج تدا	*Pinus taeda* L.	گلدانی	۲ سال (۱+۱)	پیلمبرا	پیلمبرا
کاج دریایی	*Pinus pinaster*Aitt.	گلدانی	۳ سال (۱+۲)	پاسند	پاسند

آزمون خواص فیزیکی چوب

بعد از تهیه نمونه (تعداد ۶۰ نمونه به ازای هرگونه به‌طوری‌که طول نمونه‌ها ۲/۵ سانتیمتر و سطح مقطع آن ۲ ×۲ سانتیمتر بود) بر اساس استاندارد ISO-۳۱۳۱ در مرحله اول میزان حجم و وزن نمونه‌ها (پس از برش نمونه) اندازه‌گیری شد. در مرحله دوم نمونه‌ها را در آب به مدت ۴۸ ساعت قرار داده، به‌طوری‌که تمام نمونه‌ها به زیر آب بروند و یا به‌اصطلاح از آب اشباع شوند. سپس وزن و حجم اشباع نمونه‌ها در حالت اشباع با استفاده از ترازوی دیجیتال (۰/۰۰۱ گرم) و کولیس (۰/۰۰۱ میلی‌متر) تعیین شد. در مرحله سوم نمونه‌ها در داخل اجاق به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا نمونه‌ها کاملاً خشک شوند. میزان حجم و وزن نمونه‌ها در حالت خشک محاسبه شد. سپس دانسیته بحرانی از تقسیم وزن خشک به حجم اشباع محاسبه شد.

همکشیدگی حجمی (تعداد ۶۰ نمونه به ازای هرگونه به‌طوری‌که طول نمونه‌ها ۲/۵ سانتیمتر و سطح مقطع آن ۲ ×۲ سانتیمتر بود) بر اساس استاندارد ISO-۴۸۵۸ و ISO-۴۴۶۹ تحت تأثیر تغییرات رطوبتی چوب در بین دو حد نقطه اشباع فبیر و حالت خشک چوب از طریق رابطه ذیل محاسبه گردید:

$$\text{همکشیدگی حجمی} = \frac{\text{حجم خشک} - \text{حجم اشباع}}{\text{حجم اشباع}} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

خواص بیومتری الیاف چوبی

از روش Franklin (۱۹۴۵) برای جداسازی تراکئیدها استفاده شد [۱۰]. به‌منظور مشاهده تراکئید و همچنین اندازه‌گیری ابعاد آن‌ها (طول، قطر و ضخامت فیبر)، خرده چوب‌ها به‌اندازه خلال کبریت در لوله آزمایشگاهی حاوی مخلوط آب‌اکسیژنه ۳۰ درصد و اسید استیک به نسبت ۱ به ۱ در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خیسانده شدند. سپس خرده چوب‌های سفید شده در یک بشر کوچک قرارگرفته و توسط یک آهنربا بر روی همزن مغناطیسی الکتریکی کوچک الیاف از یکدیگر جدا شدند و بعد یک تا سه قطره الیاف غلیظ در یک بشر حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب رقیق‌شده و بعد توسط قطره‌چکان بر روی لام های تمیز منتقل شدند. لام‌های میکروسکوپی مرطوب و حاوی الیاف به مدت ۲۴ ساعت در هوای آزاد بر روی یک میز ثابت و تمیز گذاشته شد تا رطوبت آن به‌تدریج و در دمای محیط آزمایشگاه تبخیر گردد. بر روی الیاف خشک‌شده سفید چند قطره محلول رنگی سفرانین یک درصد چکانده و بر روی آن لامل قرار داده شد. درنهایت ابعاد تراکئید (۶۰ تراکئید برای هرگونه سوزنی‌برگ) با استفاده از میکروسکوپ نوری (Nikon microscopic, Eclipse 50i, Japan) موردراندازه‌گیری قرار گرفت (برای طول تراکئید از بزرگنمایی ۴۰ برابر و برای قطر تراکئید و ضخامت دیواره سلولی ۴۰۰ برابر).

نسبت‌های بیومتری الیاف شامل: نسبت رانکل از تقسیم ضخامت دو دیواره سلولی بر قطر حفره سلولی، نسبت درهم‌رفتگی (نسبت لاغری) از تقسیم طول تراکئید بر قطر آن و نسبت انعطاف‌پذیری از تقسیم قطر حفره سلولی بر قطر تراکئید به دست آمد [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴].

روش تجزیه‌وتحلیل آماری

در تحقیق حاضر، تأثیر گونه‌های سوزنی‌برگ بر خواص فیزیکی چوب و بیومتری الیاف چوبی در رویشگاه کوهسار کنده نکا موردبررسی قرار گرفت. از آزمون تجزیه واریانس به کمک نرم‌افزار SPSS 21 برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری و همچنین برای گروه‌بندی میانگین ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌دار ازنظر دانسیته بحرانی، همکشیدگی حجمی، طول تراکئید، قطر تراکئید، ضخامت دیواره سلولی، نسبت رانکل، نسبت درهم‌رفتگی و نسبت انعطاف‌پذیری در بین گونه‌های سوزنی‌برگ موردبررسی وجود داشت.

آناتومی تراکئید و دانسیته چوب شاخص بسیار مهم در تخمین کیفیت خمیر، دوام چوب، خواص فیزیکی و مکانیکی است [۱۶]. خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ ساخته شده از الیاف چوبی به مورفولوژی الیاف به‌خصوص طول تراکئید و ضخامت دیواره سلولی بستگی دارد. عواملی مانند نوع گونه چوبی، خانواده آن‌ها و غیره بر ابعادتراکئیدها مؤثر است [۱۵]. اختلاف خواص فیزیکی و بیومتری در بین گونه‌های چوبی تو سط محققین مختلف گزارش شده است [۸، ۹، ۱۶].

خواص فیزیکی

دانسیته بحرانی

بیشترین میزان دانسیته متعلق به گونه بروسیا (۰/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و کمترین میزان دانسیته بحرانی کریپتومر یای ژاپن به میزان (۰/۳۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود. میانگین دانسیته بحرانی کاج سیاه، کاج رادیاتا و سدروس (۰/۴۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب) تقریباً برابر بود. آزمون دانکن میانگین حاصل از دانسیته بحرانی در چوب‌های کاج دریایی، کاج رادیاتا و سدر و همچنین چوب‌های کاج کاشفی و کاج تدا را در یک گروه طبقه‌بندی نمود (جدول ۴).

گونه‌هایی برای کاغذسازی ازنظر دانسیته مناسب‌تر است که دارای دانسیته بالاتری باشد. در یک حجم مشخصی از دیگ پخت (دایجستر) چوب سنگین‌تر، خمیر بیشتری تولید می‌کند [۱۷، ۱۸]. ازنظر دانسیته بحرانی، چوبی برای کاغذ سازی مناسب است که در محدوده ۰/۶-۰/۴ گرم بر سانتی مترمکعب قرار داشته باشد [۱۹]، که این ویژگی در چوب‌های سدر، کاج بروسیا، کاج سیاه، کاج دریایی و کاج رادیاتا مشاهده شد.

جدول ۴-نتایج آمارهای توصیفی خواص فیزیکی چوب سوزنی‌برگان وارداتی

گونه‌های سوزنی‌برگ	دانسیته بحرانی (گرم بر سانتیمتر مکعب)	همکشیدگی حجمی (درصد)
کاج کاشفی	۰/۳۶ (۰/۰۵)b	۹/۰۵ (۲/۹۴) b
کاج سیاه	۰/۴۱ (۰/۰۵) c	۸/۳۶(۱/۵۵) b
کاج تدا	۰/۳۶ (۰/۰۳)b	۶/۳۲ (۱/۴۸)ab
کاج رادیاتا	۰/۴۲ (۰/۰۳)c	۷/۵۴ (۲/۶۴)b
کاج دریایی	۰/۴۰ (۰/۰۶)c	۷/۶۵ (۱/۵۵) b
کاج بروسیا	۰/۵۵ (۰/۰۷) d	۸/۸۵ (۲/۳۹) b
سدروس	۰/۴۲ (۰/۰۲) e	۵/۶۷ (۰/۹۸) a
کریپتومریای ژاپن	۰/۳۱ (۰/۰۲)a	۶/۰۹ (۱/۵۹) ab

حروف انگلیسی گروه‌بندی دانکن و اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهد.

همکشیدگی حجمی

اصولاً نوسانات همکشیدگی در نمونه‌های چوبی مختلف یک درخت تحت تأثیر اندازه و شکل نمونه‌ها، دانسیته، سرعت خشک شدن و میزان ترکیبات شیمیایی آن‌ها قرار می‌گیرد [۲۰] در چوب بالغ سوزنی‌برگان و پهن‌برگان مقدار همکشیدگی با دانسیته، زاویه میکروفبیریل‌ها و راستای الیاف ارتباط مستقیم دارد [۲۰]. پارامتر مهمی که بر همکشیدگی و واکشیدگی حجمی چوب مؤثر است دانسیته است [۲۱]. آزمون دانکن میانگین حاصل از همکشیدگی حجمی در چوب‌های کاج کاشفی، کاج سیاه، کاج رادیاتا، و کاج بروسیا را در یک گروه طبقه‌بندی نمود (جدول ۴). بیشترین میزان همکشیدگی حجمی متعلق به گونه کاج کاشفی (۹/۰۵ درصد) و کمترین میزان همکشیدگی حجمی متعلق به سدروس (۵/۶۷ درصد) بود. مقدار همکشیدگی حجمی چوب سوزنی‌برگان بررسی‌شده در محدوده ۱۰-۵ درصد قرار دارند. میانگین همکشیدگی حجمی کاج سیاه موردبررسی حدود ۲ درصد کمتر از کاج سیاه ترکیه [۲۱] بود. این مقدار کم همکشیدگی حجمی چوب‌های بررسی‌شده را می‌توان به وجود چوب جوان به دلیل سن پایین درختان نسبت داد.

خواص بیومتری

طول تراکئید

بیشترین میزان طول تراکئید متعلق به گونه کاج کاشفی (۳/۳۹ میلی‌متر) و کمترین میزان طول تراکئید مربوط به گونه رادیاتا (۲/۰۶ میلی‌متر) بود. طول تراکئید چوب سدروس و کریپتومریای ژاپن تقریباً یکسان بود. آزمون دانکن میانگین حاصل از طول تراکئید در چوب‌های کاج سیاه و سدروس را در یک گروه طبقه‌بندی نمود. طول تراکئید چوب سوزنی‌برگان موردبررسی در محدوده ۳/۳ – ۲ میلی میلی‌متر قرار دارند (جدول ۵) . میانگین طول تراکئید چوب کاج سیاه، کاج تدا و کاج رادیاتا کمتر از گونه مشابه خارجی بوده درحالی‌که میانگین این صفت در گونه‌های کاج دریایی و کریپتومریای ژاپن تقریباً برابر

است [۲۲]. میانگین طول تراکئید برای گونه کاج سیاه، تدا، رادیاتا، کریپتومریای ژاپن و کاج دریایی به ترتیب ۳/۲، ۴، ۳، ۲/۸-۲ و ۲/۷ میلی‌متر توسط Pfaffli و Sisko (۱۹۹۵)گزارش شده است [۲۲].

اندازه سلول و ابعاد الیاف تأثیر بسیار مهمی بر کیفیت خمیر و کاغذ و محصولات چوبی دارد. برای تولید کاغذ، گونه‌هایی مناسب هستند که طول الیاف آن بلندتر بوده که درنتیجه به افزایش مقاومت کاغذ می‌انجامد [۲۳]. گونه‌های چوبی ازنظر طول الیاف در سه دسته کوتاه (کمتر از ۰/۹ میلی‌متر)، متوسط (۰/۹ تا ۱/۹ میلی‌متر) و بلند (با طول بیش از ۱/۹ میلی‌متر) طبقه‌بندی می‌شوند [۲۴]. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده الیاف چوب سوزنی‌برگان در گروه الیاف بلند قرار داشت.

یکی از شاخص های مهم و تأثیر گذار بر کیفیت کاغذهای تولیدی، طول تراکئید می‌باشد. چوبی که دارای طول تراکئید بلندتر با شد، منا سب برای تولید کاغذ ا ست [۱۸]. بنابراین کاج کا شفی دارای تراکئید بلندتری نسبت به سایر گونه‌های موردبررسی بود.

تحقیقات نشان داده است که برای کاغذ کرافت با مقاومت پاره شدن قابل‌قبول، آستانه مناسب طول تراکئید ۲ میلی‌متر است و بعدازاین آستانه، سلول‌های بلندتر از آن اثر کمی روی کیفیت فرآورده نهایی می‌گذارند [۲۰]. طول تراکئید همه گونه‌های بررسی‌شده بیش از ۲ میلی‌متر بود.

جدول ۵- نتایج آمارهای توصیفی ابعاد الیاف چوب سوزنی‌برگان وارداتی

گونه‌های سوزنی‌برگ	طول الیاف (میلی‌متر)	قطر الیاف (میکرون)	قطر حفره سلولی (میکرون)	ضخامت دیواره سلولی (میکرون)
کاج کاشفی	۳/۳۹ (۰/۴۴۸)e	۵۲/۴۲ (۶/۹۵)d	۴۱/۵۹ (۶/۱۴) e	۵/۴۱ (۲/۰۶) d
کاج سیاه	۲/۴۳ (۰/۲۷۵) b	۳۴/۴۶ (۶/۶۲)a	۲۳/۴۸ (۴/۹۶) a	۵/۴۹ (۱/۷۶) d
کاج تدا	۲/۵۸ (۰/۴۳۵) bc	۳۷/۹۳ (۷/۵۴) bc	۲۹/۹۳ (۷/۴۶) cd	۳/۹۹ (۱/۴۷) abc
کاج رادیاتا	۲/۰۶ (۰/۳۷۶) a	۳۶/۲۸ (۳/۴۰) abc	۲۹/۰۹ (۳/۸۴)cd	۳/۵۹ (۰/۸۹) ab
کاج دریایی	۲/۸۰ (۰/۳۲۴)d	۳۸/۹۳ (۵/۳۶)c	۳۰/۵۳ (۶/۰۴) d	۴/۲۰ (۱/۱۲) bc
کاج بروسیا	۲/۶۷ (۰/۱۷۶) cd	۳۶/۰۶ (۵/۴۲) abc	۲۶/۹۶ (۵/۹۰) bc	۴/۵۴ (۱/۹۱) c
سدروس	۲/۴۶ (۰/۲۷۷) b	۳۳/۹۳ (۴/۵۰) a	۲۵/۰۷ (۴/۴۰) ab	۴/۴۳ (۱/۵۳) bc
کریپتومریای ژاپن	۲/۴۳ (۰/۲۷۵) bc	۳۴/۹۵ (۴/۲۲) ab	۲۸/۴۴ (۳/۶۲) cd	۳/۲۵ (۱/۰۸) a

حروف انگلیسی گروه‌بندی دانکن و اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهد.

قطر تراکئید

بیشترین میانگین قطر تراکئیدمتعلق به گونه کاج کاشفی (۵۲/۴۲ میکرون) و کمترین آن مربوط به گونه سدروس (۳۳/۹۳ میکرون) بود. آزمون دانکن میانگین حاصل از قطر تراکئید در چوب‌های کاج سیاه و سدروس و همچنین کاج راد یا تا و کاج بروسیا را در یک گروه طبقه‌بندی نمود (جدول ۵).

میانگین به‌د ست‌آمده از قطر تراکئید چوب کاج سیاه، کاج تدا، کاج رادیاتا، کریپتومریای ژاپن و کاج دریایی کمتر از گونه مشابه خارجی است [۲۲]. میانگین این صفت برای گونه کاج سیاه، تدا، رادیاتا، کریپتومریای و کاج دریایی به ترتیب ۳۹، ۴۵، ۴۴، ۴۱-۲۹ و ۴۱ میکرون تو سط Pfaffli وSisko (۱۹۹۵) گزارش شده است [۲۲].

قطر حفره

بیشترین میزان قطر حفره متعلق به گونه کاج کاشفی (۴۱/۵۹ میکرون) و کمترین میزان قطر حفره مربوط به گونه کاج سیاه (۲۳/۴۸ میکرون) بود. آزمون دانکن میانگین حاصل از قطر حفره در چوب‌های کاج رادیاتا، کاج تدا و کریپتومریای ژاپنی را در یک گروه طبقه‌بندی نمود (جدول ۵).

ضخامت دیواره سلولی

بیشترین میزان ضخامت دیواره متعلق به گونه کاج سیاه و کمترین میزان ضخامت دیواره سلولی متعلق به گونه کریپتومریای ژاپن بود. اختلاف معنی‌دار در بین چوب‌های کاج کاشفی و کاج سیاه ازنظر ضخامت دیواره سلولی

مشاهده نشد (جدول ۵). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشاهده گردید که چوب‌هایی با دانسیته بیشتر از دیواره سلولی ضخیم‌تری برخوردار بودند. همان‌طوری که می‌دانیم ارتباط مستقیم بین دانسیته چوب و ضخامت دیواره سلولی وجود دارد [۲۰].

نسبت انعطاف‌پذیری بیشترین میزان نسبت انعطاف‌پذیری متعلق به گونه کریپتومریای ژاپن و کمترین میزان نسبت انعطاف‌پذیری متعلق به گونه کاج سیاه (۶۸/۲۵ درصد) بود. گونه‌های کاج کاشفی، کاج رادیاتا و کریپتومریای ژاپن ازنظر گروه‌بندی آزمون دانکن در یک گروه قرار دارند (جدول ۶).

چهار گروه برای طبقه‌بندی تراکئید ازنظر نسبت‌های انعطاف‌پذیری وجود دارد ۱-فیبرهای خیلی الاستیک که میزان ضریب آن بیش از ۷۵ باشد. ۲-فیبرهای الاستیک با ضریب ۷۵-۵۰، ۳- فیبرهای سخت و سفت با نسبت بین ۵۰-۳۰۰ و ۴-فیبرها با سفتی بالا که مقدار آن از ۳۰ کمتر باشد [۲۵]. با توجه به طبقه‌بندی فوق مشاهده می‌شود که ضریب الاستیک (انعطاف‌پذیری) تمام گونه‌های سوزنی‌برگ موردبررسی در گروه اول قرار می‌گیرد که ازنظر این شاخص هم گونه‌های یادشده مناسب صنعت کاغذ هستند.

جدول ۶- نتایج آمارهای توصیفی ضرایب بیومتری چوب سوزنی‌برگان وارداتی

گونه‌های سوزنی‌برگ	ضریب انعطاف‌پذیری (درصد)	نسبت درهم‌رفتگی	نسبت رانکل
کاج کاشفی	۷۹/۵۱ (۶/۸۲)d	۶۵/۹۰ (۱۲/۹۲) d	۰/۲۶ (۰/۱۱)a
کاج سیاه	۶۸/۲۵ (۸/۰۶) a	۷۳/۵۰ (۱۷/۰۹) a	۰/۴۸ (۰/۱۷)c
کاج تدا	۷۸/۴۰ (۹/۱۲) cd	۷۰/۹۴ (۱۸/۸۲)bc	۰/۲۹ (۰/۱۶) ab
کاج رادیاتا	۸۰/۰۱ (۵/۳۳) d	۵۷/۱۸ (۱۱/۲۷) a	۰/۲۵ (۰/۰۸) a
کاج دریایی	۷۷/۹۲ (۶/۷۵) bcd	۷۳/۳۲ (۱۲/۴۷) bc	۰/۲۹ (۰/۱۱)ab
کاج بروسیا	۷۴/۵۱ (۹/۹۸) bc	۷۶/۲۳ (۱۴/۷۳) c	۰/۳۶ (۰/۱۹) b
سدروس	۷۳/۹۰ (۸/۴۴)b	۷۴/۲۷ (۱۴/۹۸) c	۰/۳۷ (۰/۱۵) b
کریپتومریای ژاپن	۸۱/۵۴ (۵/۶۹) a	۷۴/۴۱ (۱۲/۰۸)c	۰/۲۳ (۰/۰۸) a

حروف انگلیسی گروه‌بندی دانکن و اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهد.

نسبت درهم‌رفتگی

بیشترین میزان نسبت درهم‌رفتگی متعلق به گونه بروسیا (۷۶/۲) و کمترین میزان نسبت درهم‌رفتگی مربوط به گونه رادیاتا (۵۷/۲) بود. بین چوب‌های کاج سیاه، کاج تدا و کاج دریایی و همچنین بین چوب‌های سدروس، کاج بروسیا و کریپتومریای ژاپنی ازنظر گروه‌بندی دانکن اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۶).

هرچه مقدار نسبت درهم‌رفتگی بیشتر باشد کیفیت و مرغوبیت کاغذ بهبود می‌یابد ولی برخی از محققان اظهار داشتند که مقدار قابل‌قبول نسبت درهم‌رفتگی برای صنایع کاغذسازی بیش از ۳۳ است [۲۶] که از این نظر تمام گونه‌های بررسی‌شده، مناسب صنعت کاغذسازی هستند.

نسبت رانکل

بیشترین میزان نسبت رانکل متعلق به کاج سیاه (۰/۴۸) و کمترین میانگین آن مربوط به گونه کاج رادیاتا (۰/۲۵) بود. آزمون دانکن میانگین حاصل از نسبت رانکل چوب‌های کاج کاشفی، کاج رادیاتا و کریپتومریای ژاپن و همچنین کاج بروسیا و سدروس را در یک گروه طبقه‌بندی نمود (جدول ۶). مقدار قابل‌قبول نسبت رانکل برای صنعت کاغذسازی کمتر از یک است [۲۶] که گونه‌های بررسی‌شده از این نسبت برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، خواص فیزیکی و بیومتری چوب سوزنی‌برگ غیربومی در منطقه رویشگاهی کوهسارکنده نکا در شرق استان مازندران موردبررسی قرار گرفت. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر گونه‌های چوبی بر خواص فیزیکی و بیومتری معنی‌دار بود. میانگین دانسیته چوب کاج بروسیا، میانگین ضخامت دیواره سلولی کاج سیاه و میانگین قطر تراکئید و قطر حفره سلولی در کاج کاشفی بیشتر از سایر گونه‌های سوزنی‌برگ غیربومی

بود. اگر چه ازنظر شـــاخص های بیومتری الیاف، همه گونه‌های موردبررسـی مناسـب برای صـنعت کاغذسـازی می‌باشـند ولی کاشـت وسـیع کاج تدا، کاج بروسـیا، کاج رادیاتا و کاج سـیاه به دلیل رویش طولی و قطری مطلوب، سازگاری مناسب با منطقه رویشگاهی، زنده‌مانی خوب و درصد فراوانی مناسب به لحاظ کیفی (جدول ۲ و ۳) برای جنگل‌کاری و صنعت پیشنهاد می‌شود.

منابع

[1] Zare, H., 2001. Introduced and native conifers in Iran. Ministry of Jihad-e-Agriculture Publication, Tehran, 813 p (In Persian).

[2] Mohammadnezhad Kiasari, S., Mousavi, S.A., Amini, S., Barimani, H., Najafi, F. and Farsi, M., 2012. Adaptation of the most important conifers of Neka forests (Kohsarkandeh). Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources), 65 (2): 199-209. (In Persian)

[3] Critchfield, W.B. and Elbert, L.J., 1966. Geographic distribution of the pines of the word, Niscellaneous Publication,Washington, 97 p.

[4] Tissue, D.T., Thomas, R.B. and Strain, B.R. 1996. Growth and photosynthesis of loblolly pine (*Pinus taeda*) after exposure to elevated CO_2 for 19 months in the field. Tree Physiology 16: 49-59.

[5] Dastmalchi, M. 1995., *Pinus brutia*. Research Institute of Forests and Ranglands Publication, Tehran, 139 p. (In Persian)

[6] Rahmani, R., Mohammadnezhad Kiasari, S. and Mosavi, S. A., 2001. Sturcture of a 30-yars old plantation of *Pinus nigra* ssp *austriaca* in relation to natural establishment of native broadleacedtres. The 1st conference of plantation with fast growing forest trees north of Iran. Mazandaran-Kelarabad: 24-26. Iran. (In Persian)

[7] Antwi-Aslako, C. and Aylmasu, A., 2012. Inter-family variation in fibre dimensions of six hardwoods in relation to pulp and paper production. Proligno 8 (2): 19-36.

[8] Bhat, K.M. and Rugmini, P., 1985. Long-fibred raw material from tropical hardwoods *Dilleniapentagyna.*Roxb. International Wood Products Journal, 10:152-153.

[9] Taylaor, F.W., 1979. Property variation within stems of selected hardwoods growing in the nid-south. Wood Science, 11:193-199.

[10] Franklin, G.L., 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and woody resin composites and a new method for wood. Nature. 155: 3924–3951.

[11] Wani, B.A. and Khan, A. 2013. Wood fiber variability in stems of *Juglansregia L*. from temperate. Journal Indian Academy Wood Science, 10(2):95–102.

[12] Akgul, M. and Tozluoglu, A., 2009. Some chemical and morphological properties of juvenile wood from beech (*Fagus orientalis* L.) and Pine (*Pinus nigra*A.) plantations. Trends in Applied Sciences Research, 4 (2): 116-125.

[13] Runkel, R., 1949. Uber die herstellung von zellstoffaushollz der gattung Eucalyptus und versuchemitzweiunterschiedlichenEucalyptusarten. Das Papier 3: 476–490.

[14] Mahdavi, S., Hossinzade, A., Familian, H. and Habibi, M.R., 2006. The relationship between fibre dimension and wood density with diameter growth and age in the *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh . Iranian Journal of Wood and Paper Research, 19:69-95. (In Persian).

[15] Oluwadare, A. O. and Sotannde, O. A., 2007. The relationship between fibre characteristics and Pulp sheet properties of *Leucae naleucocephala* (Lam.). Middle-East Journal of Scientific Research, 2 (2):63-68.

[16] Moya, Y. and Munoz, F., 2010. Physical and mechanical properties of eight fast-growing plantation species in Costa Rica. Journal of Tropical Forest Science, 22 (3): 317-328.

[17] Roodi, H.R. and Hamzeh, Y., 2045. Identification of Quantitative and Qualitative Papermaking Parameters of OCC Pulp Fibers. Iranian Journal of wood and paper industries, 6(2):265-274. (In Persian).

[18] Wimmer, R., Downes, G.M., Evans, R., Rasmussen, G. and French, J., 2002. Direct effects of wood characteristics on pulp and handsheet properties of eucalyptus globules. Holzforschung, 56: 244-252.

[19] Downes, G. M., Hudson, I. L., Raymond, C.A., Dean, G. H., Michell, A. J., Schimleck, L. S., Evans, R. and Muneri. A., 1997. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia, 132 pp.

[20] Zoble, B.J. and Van Buijtenen, J.P., 1989.Wood variation: Its causes and control. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 363 pp.

[21] Guler, C., Copur, Y., Akgul, M. and Buyukasari, U., 2007. Some chemical, physical and mechanical properties of juvenile wood from Black pine (*Pinus nigra Arnold*) plantations. Journal of Applied Science, 7(5):755-758.

[22] Pfaffli, I. and Sisko, S., 1995. Fiber Atlas: Identification of papermaking fibers. Springer-Verlag, Berlin.Germany, 399 p

[23] Monteoliva, S., Senisterra, G. and Marlats, R., 2005. Variation of wood density and fibre length in six willow clones (*Salix* spp.). IAWA, 26:197–202.

[24] Gorgij, R., Tarmian, A., Nasiriani, S. and Oladi, R., 2014. Some anatomical, physical and chemical properties of toothbrush wood (*Salvadora persica L.*) grown in Zabol region. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29 (1): 132-141. (In Persian).

[25] Bektas, I., Tutus, A. and Eroglu, H., 1999. A study of the suitability of Calabrianpine (*Pinus brutia* ten.) for pulp and paper manufacture. Turk Journal of Agric and Forestry, 23: 89-599.

[26] Xu, F., Zhong X.C., Sun, R.C. and LU, Q., 2006.Anatomy,ultra structure, and lignin distribution in cell wall of *Caragana korshinskii*. Industrial Crops and Production, 24:186-193…

Investigation on physical and biometric properties of wood of the most important coniferous species at Neka low-land (Kuhsarkandeh)

Abstract

In this study, physical and biometric properties of wood and woody fibers of eight imported coniferous species in Kuhsarkndh Neka forestry project were studied. For this purpose, forty eight healthy trees from eight coniferous species (*Pinus taeda, P. radiata, P. Brutia, P. nigra, P. pinaster, P. longifolia, Cryptomeria japonica and Cedrus deodara*) were selected. A 10 cm disk from each tree was cut to calculate the physical properties of wood (critical density and volumetric shrinkage) and fiber biometry (tracheid dimensions and biometric ratios). After removing pith of trees, samples were prepared from all over the disk. The results showed that there is a significant difference between imported conifers in the terms of physical properties and fiber biometry. Maximum critical density and volumetric shrinkage, tracheid length, tracheid diameter, lumen diameter, cell wall thickness, flexibility ratio, slenderness ratio, and Runkel ratio belong to *P. Borussia, P. longifolia, P. longifolia, P. longifolia, P. longifolia, P. Brutia, Cryptomeria japonica, P. Brutia* and Cedrus, respectively. Density, tracheid length and biometric ratios (flexibility, Raunkel and slenderness) of studied species were within the desirable range for the production of paper.

Keywords: conifers, critical density, volumetric shrinkage, fiber dimensions, biometric ratios.

M. Farsi[1*]
M. Kiaei[2]
M. Montazeri[3]

[1] Associate prof., Department of wood and paper industry, Sari branch, Islamic azad university, Sari, Iran

[2] Associate prof., Department of wood and paper industry, Chalous branch, Islamic azad university, Chalous, Iran

[3] MSc, Department of wood and paper industry, Sari branch, Islamic azad university, Sari, Iran

Corresponding author:
moh_farsi@iausari.ac.ir

Received: 2016/08/24
Accepted: 2017/02/13