Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴
ص۵۰۳-۵۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۳

ارزیابی امکان نمونه‌گیری سطحی برای برآورد کیفیت چوب (طول الیاف و دانسیته) در درختان صنوبر سرپا

❖ **ابراهیم لشکربلوکی؛** دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **کامبیز پورطهماسی*؛** استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **رضا اولادی؛** استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **محسن کلاگری؛** استادیار، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

چکیده

زراعت چوب و به‌خصوص صنوبرکاری پاسخ مهمی به نیاز روزافزون صنایع چوبی و سلولزی کشور به مواد اولیه است. با توجه به تنوع کاربردهای چوب، توجه به کیفیت و درجه‌بندی آن از سوی زارعان/ خریداران چوب در کنار کمیت، به مدیریت بهینهٔ تولید و مصرف کمک خواهد کرد. در این زمینه، لازم است شیوه‌ای آسان، کم‌هزینه و غیرمخرب برای برآورد ویژگی‌های چوب و الیاف در درختان سرپا معرفی و تبلیغ شود. در این پژوهش، تلاش شد مشخص شود آیا استخراج نمونه‌ای کوچک تنها از بخش بیرونی تنهٔ درخت می‌تواند برآورد مناسبی از کیفیت چوب کل درخت باشد یا خیر. بدین منظور، چهار گونهٔ موفق صنوبر از پنج رویشگاه مختلف ایران انتخاب و در هر رویشگاه، با استفاده از متهٔ رویش‌سنج، مغزی‌هایی از ارتفاع برابرسینهٔ ۲۰ اصله درخت صنوبر تهیه شدند. از هر نمونه، سه بخش زیرپوست، میانی و نزدیک مغز جدا شده و با روش‌های استاندارد طول الیاف و دانسیته‌تر چوب هر بخش اندازه‌گیری شد. پس از اجرای آزمون‌های آماری، مشخص شد که در بیشتر رویشگاه‌ها/ گونه‌ها، اختلاف معناداری بین ویژگی‌های اندازه‌گرفته‌شدهٔ چوب در بخش زیر پوست با میانگین درخت وجود دارد. به‌طوری‌که طول فیبر و دانسیتهٔ چوب در ناحیهٔ نزدیک پوست نسبت به میانگین درخت- به ترتیب- بیشتر و کمتر بودند. با این حال، همبستگی زیادی بین داده‌های منطقهٔ نزدیک پوست و میانگین درخت وجود داشت و برای هر ویژگی رابطه‌ای پیشنهاد شد که براساس آن و با دانستن ویژگی چوب در نمونه‌های زیر پوست، می‌توان برآوردی از ویژگی‌های چوب صنوبر در آن رویشگاه/ مزرعه را به‌دست آورد.

واژگان کلیدی: ارزیابی درختان سرپا، دانسیته تر، آزمون غیرمخرب، صنوبر، طول فیبر، کیفیت چوب.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۳۲۲۴۹۳۱۱-۰۲۶
Email: Pourtahmasi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

چوب به دو صورت عمده در صنایع امروزی کاربرد دارد: یکی اینکه خود به‌منزلهٔ مادهٔ اصلی در تولیدات صنعتی مانند صنایع کاغذ، فیبر و مقوا و غیره به‌کار گرفته می‌شود و دیگر اینکه به‌عنوان مکمل در توسعهٔ صنایع دیگر مانند تراورس در صنعت حمل‌ونقل، تلفن، اسکله‌های چوبی در بنادر، و... استفاده می‌شود. با توجه به افزایش جمعیت و سیر صعودی آن، تقاضا برای مصرف چوب افزایش یافته است. جنگل‌ها نقش عمده‌ای در تولید آن دارند. دخالت انسان در برداشت بی‌رویه از آن چالش‌هایی را موجب شده است؛ به‌طوری‌که جنگل‌زدایی تناوبی با رشد جمعیت و توسعه برای هزاران سال، در سراسر جهان همراه بوده است [۱]. سرعت شتابان پیشرفت علم و فناوری، سبب افزایش مصرف چوب شده است. افزایش مصرف چوب و کاهش توان تولیدی آن از عرصه‌های جنگلی سبب کمبود مواد اولیهٔ چوبی شده که این نیاز فراوان به چوب با کشت درختان تندرشد، تحت عنوان زراعت چوب[1] به مقدار زیادی قابل جبران است. صنوبرها اهمیت زیادی در زراعت چوب در اقلیم معتدله دارند [۲]. به‌طوری‌که سطح صنوبرکاری جهان در سال ۲۰۰۷ به میزان ۷۹/۱ میلیون هکتار برآورد شده است [۳]. نیاز صنایع چوبی کشور به مواد اولیه، که چالش جدی فراروی صنعت است، در حال حاضر با بهره‌گیری از منابع جنگلی، واردات و تولیدات زراعت چوب (صنوبر) تأمین می‌شود [۴]. صنایع چوبی کشور در تولید کاغذ، فیبر، تخته خرده‌چوب، روکش و تخته‌لایه، کبریت، MDF و مبلمان فعالیت دارند. در این میان، صنایع برای تأمین منابع خود نه‌تنها با کمبود چوب روبه‌رو هستند، که همراه نبودن مشخصات فنی و خواص کاربردی چوب‌های خریداری‌شده و همچنین فقدان راهکاری عملی برای شناخت و برآورد سریع‌تر این خواص نیز بر مشکلات واحدهای تولیدی می‌افزاید. شناخت ویژگی‌های رشدی، خواص ویژهٔ مهندسی، خواص آناتومی چوب، و بیومتری الیاف راهکاری مناسب برای استفادهٔ بهینه از این مادهٔ خام باارزش است. گسترش رویشگاهی صنوبرها در رویشگاه‌های متنوع کشورمان از شرایط دیم در شمال کشور تا کشتزارهای گستردهٔ آن در اقلیم‌های کم‌باران با رژیم آبیاری مناسب، دامنهٔ گسترده‌ای از شرایط کاشت صنوبر است که در پرتو فعالیت‌های زراعت چوب تداوم دارد. تنوع رویشگاه‌ها به همراه تنوع گونه‌ها به تولید چوب‌هایی منجر می‌شود که از لحاظ کاربردی خواص متفاوتی خواهند داشت. استفادهٔ گستردهٔ چوب صنوبر در صنایع مختلف چوبی، ضرورت شناسایی و ارزیابی سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر هریک از خصوصیات آن را نمایان می‌کند تا از حداکثر راندمان آن‌ها بتوان بهره گرفت. همچنین، با ارزیابی این ویژگی‌ها می‌توان به مدیران مزارع چوب در جهت مدیریت بهینهٔ تولید چوب با خواص و کیفیت برتر در صنایع موردنظر یاری رساند. اما این ارزشیابی باید آسان باشد و با کمترین آسیب به درخت انجام شود. از میان مهم‌ترین ویژگی‌های کاربردی تعیین کیفیت چوب[2] به‌ویژه در صنایع سلولزی نظیر کاغذ، تخته فیبر، مقوا و MDF دو عامل مهم‌تر، طول الیاف و

1. fiber plantation, fiber farming

2. wood quality

www.SID.ir

Archive of SID

دانسیته آن هستند. در مورد دانسیتهٔ چوب پژوهش‌های بیشتری نسبت به ویژگی‌های فیبر وجود دارد؛ این موضوع ممکن است به دلیل گران‌تر بودن اندازه‌گیری خواص فیبر بوده باشد [۵]. ترکیبات ساختاری چوب صنوبر را سهم به‌نسبت زیادی از الیاف (۵۳ تا ۶۰ درصد)، عناصر آوندی (۲۸ تا ۳۴ درصد)، سلول‌های اشعهٔ چوبی (۱۱ تا ۱۴ درصد)، و بخش ناچیزی از پارانشیم محوری (۰/۱ تا ۰/۳ درصد) شامل می‌شود [۶]. همین گزارش دامنهٔ متوسط طول فیبر چندگونهٔ صنوبر بررسی‌شده را بین ۱/۳۲ تا ۱/۳۸ میلی‌متر و دانسیتهٔ آن‌ها را بین ۰/۳۱ تا ۰/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب برآورد کرده است [۶]. در صنوبرها این قابلیت وجود دارد که با عملیات هیبریداسیون مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها افزایش و طول فیبرشان در شرایط ویژهٔ رویشگاهی بهبود یابد [۶]. همهٔ ویژگی‌های آناتومی چوب صنوبرهای هیبرید تحت تأثیر شرایط رویشگاهی تغییر می‌کنند. سهم عناصر فیبری در چوب صنوبر ۵۷/۱ تا ۶۸/۵ درصد است و طول فیبر برای سه گونهٔ *P. euramericana, Populus deltoids* و گونهٔ صنوبر هیبرید به ترتیب ۱/۰۲ ، ۰/۸۶ و بین ۱/۰۸ – ۰/۷۵ میلی‌متر به‌دست آمده است [۷]. در گزارشی، تغییرات ابعاد فیبر و دانسیتهٔ چوب دوکلن صنوبر G48 (ماده) و G3 (نر) ارزیابی شدند. نسبت اختلاف آزمون Fآن‌ها نشان داد که بین طول فیبر و دانسیتهٔ چوب آن‌ها اختلاف معناداری وجود دارد؛ به‌طوری‌که کلن G48 طول فیبر بلندتر و دانسیتهٔ کمتری نسبت به کلن G3 دارد. بنابراین، دو کلن G48 و G3 به‌ترتیب برای کاربردهایی که در آن‌ها طول الیاف و دانسیته مهم‌تر است پیشنهاد شده است. همچنین، این ارزیابی نشان داد که ابعاد فیبر و دانسیتهٔ چوب از مغز به سمت پیرامون تنهٔ درخت (پوست) افزایش می‌یابد [۸]. در پژوهش دیگری و در مقایسهٔ ویژگی‌های رشدی درختان صنوبر و خواص چوب آن‌ها (طول فیبر و دانسیته)، همبستگی و اختلاف معناداری بین دانسیتهٔ چوب و میانگین طول الیاف یافت نشد. در این پژوهش، دامنهٔ تغییرات دانسیتهٔ چوب (خشک) در دو رویشگاه به ترتیب ۴۸۰– ۳۴۳ و ۴۳۴ – ۲۷۴ کیلوگرم در مترمکعب و همچنین طول الیاف ۰/۴۵– ۰/۲۳ و ۰/۴۴– ۰/۳۲ میلی‌متر به‌دست آمد [۹]. دانسیته (خشک) و طول فیبر سه کلن صنوبر (هیبریدهای ۱۱– ۱۱، ۱۷۴– ۴۷ و بومی) با نمونه‌هایی از ارتفاع ۱/۵ و ۳ متری درختان در سنین مختلف (تا ۹ سالگی) بررسی شد. نتایج نشان داد که دانسیته در ۳ سالهٔ اول رشد، ۰/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و پس از آن در سنین بالاتر (۴ تا ۵ سالگی) اندکی کاهش دارد و دوباره در ۹ سالگی افزایش را نشان می‌دهد (۰/۴۵ g/cm^3). طول فیبر در سال اول ۰/۵۷ میلی‌متر اندازه‌گیری شده و این مقدار در ۹ سالگی به ۱ میلی‌متر افزایش یافته است. میانگین مشاهدات، وجود اختلاف معنادار را در متغیر اندازه‌گیری‌شده تأیید می‌کند. در درون هر کلن، همبستگی بین آن‌ها اندک و فاقد اختلاف معناداری است [۱۰]. وزن مخصوص چند کولتیوار از هیبریدهای صنوبر در محل‌های مختلف ارتفاع تنهٔ درختان (برابرسینه، ۱/۳ و ۲/۳ متر) ۰/۰۰۱ g/cm^3 ± ۰/۳۵۲ و دامنهٔ آن‌ها ۰/۴۹۵ تا ۰/۲۶۷ به‌دست آمده است و در مواردی نیز کاهش وزن مخصوص با

www.SID.ir

Archive of SID

تنش‌های آبیاری، میانگین حداقل و حداکثر دمای محیطی، و ویژگی گونهٔ صنوبر ارتباط داده شده است. دانسیتهٔ چوب درختان در محل قطر برابرسینه، ارتفاع ۱/۳ و ۲/۳ تنه افزایش را نشان داد و در ارتفاع ۲/۳ بیشترین مقدار را داشت [۱۱]. دانسیتهٔ تر، خشک و طول الیاف در بخش نزدیک پوست کلن صنوبر *P. deltoides* ۷۷/۵۱ به ترتیب g/cm^3 ۰/۶ ، ۰/۴ و ۱۰۷۹ میکرون گزارش شد [۱۲]. همچنین، طول الیاف چوب جوان و بالغ دو گونه صنوبر *P.alba* و *P.euramericana* به ترتیب ۱۲۲۸ و ۱۳۹۷میکرون و دانسیتهٔ پایه در ارتفاع برابرسینه همان درختان، ۰/۳۲۹ و ۰/۳۱۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب گزارش شد [۱۳]. در بیشتر تحقیقات فوق، درختان مطالعه‌شده قطع و پس از آن خواص اندازه‌گیری شده‌اند، که این شیوه با مشکلاتی نظیر فرصت زمانی، هزینهٔ ناخواسته و تخریب درختان همراه است. استفاده از متهٔ رویش‌سنج و بررسی مغزی تهیه‌شده از آن گرچه شیوهٔ غیرمخربی محسوب می‌شود، در عمل ممکن است مورد استقبال صنوبرکاران محلی و خریداران قرار نگیرد، زیرا اولاً تهیه این ابزار برای همه امکان‌پذیر نیست و ثانیاً ایجاد حفره‌ای تا مغز در درخت ممکن است از کیفیت آن در برخی صنایع مانند روکش‌گیری بکاهد یا باعث انتفال آلودگی‌ها شود. بنابراین، اگر برآورد کیفیت چوب یک درخت فقط براساس تکه‌ای کوچک از بخش بیرونی ساقه ــ که به‌طور معمول تهیهٔ آن با چکش و مغار یا ابزار دیگر راحت است ــ امکان‌پذیر باشد، گام مهمی در راستای اهمیت‌بخشی بیشتر به کیفیت صنوبر در تجارت آن برداشته خواهد شد. با این حال، مشکل اصلی برآورد کیفیت چوب فقط براساس تکه‌ای کوچک از بیرونی‌ترین بخش آن این است که خواص چوب در جهت عرضی تغییرات زیادی دارند و احتمالاً ویژگی‌های چوب بیرونی بسیار متفاوت از میانگین درخت خواهد بود. به عبارت دیگر، این سؤال مطرح است که اگر نمونه از بخش‌های نزدیک پوست (خارجی‌ترین لایهٔ چوبی تنهٔ درختان) برداشت شود، آیا معرف خوبی از خصوصیات کل چوب تولیدی است یا خیر؟ برای این منظور و برای ارائهٔ یک شیوهٔ سریع، کم‌هزینه، و کم‌آسیب‌رسان در این مقاله تلاش شد تا میزان موفقیت نمونه‌های نزدیک پوست در برآورد خصوصیات فیبر و وزن مخصوص تر نمونه‌های صنوبر کشت‌شده در مناطق مختلف ایران ارزیابی شود. این شیوهٔ ارزیابی مصرف‌کنندگان چوب صنوبر و همچنین تولیدکنندگان آن را قادر می‌سازد تا با نمونه‌گیری کوچک از درختان صنوبر ارزیابی دلخواه را در کیفیت و راندمان تولیدات چوبی (برای مصرف‌کنندگان) و کمیت این نوع تولیدات (برای زارعان چوب) به‌عمل آورند.

مواد و روش‌ها

رویشگاه‌ها و گونه‌های صنوبر مطالعه‌شده

این بررسی در مناطق و استان‌هایی که صنوبرکاری در آن‌ها گسترش بیشتر و پتانسیل خوبی در تولید چوب صنوبر دارند، انجام شد. این رویشگاه‌ها عبارت‌اند از: پهنه‌کلا (ساری)، زنجان‌رود (زنجان)، پارک پردیسان (ابهر)، فخرآباد (لشت نشا)، و پیش‌حصار (فومن). ویژگی رویشگاهی و برخی خصوصیات اقلیمی رویشگاه‌های مذکور در جدول۱ ارائه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات رویشگاهی و برخی شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق صنوبرکاری مطالعه‌شده

ردیف	رویشگاه	گونه/کلن صنوبر	سن درختان	ارتفاع منطقه (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دما (درجه°c)	بارندگی (mm)
۱	ساری	*P.euramericana*	۱۲	۱۳۲	۵۳° ۱- '۴۸ "	۳۶° ۱۹- '۴۸ "	۱۴/۷	۸۴۷
۲	زنجان	*Populus alba*	۱۶	۱۴۸۰	۴۰° ۶۳- '۰۸ "	۳۹°۵۰- '۲۶- "	۱۳	۲۵۰
۳	ابهر	*P.nigra*	۱۴	۱۵۴۳	۴۰° ۰۲- '۵۲- "	۳۹°۵۹- '۳۴- "	۱۱	۲۹۸
۴	لشت‌نشا	*P.deltoides.69.55*	۷	-۹	۴۹ °۵۲- '۴۵- "	۳۷ °۲۳- '۰۴- "	۲۷	۱۴۶۹
۵	فومن	*P.d.77.51*	۱۷	۱۰	۴۹°۱۵- '۳۵- "	۳۷°۳- '۵۰ "	۱۶/۵	۱۲۶۰/۱

۱. میانگین دما و مجموع بارندگی سالیانه براساس داده‌های اقلیمی بیست تا سی سال اخیر نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به هر رویشگاه تهیه شده است.

نمونه‌گیری، آماده‌سازی، اندازه‌گیری دانسیته، و طول الیاف

در هر رویشگاه، تعداد ۲۰ اصله درخت صنوبر، که در دامنهٔ قطری میانگین قطر غالب توده قرار داشتند، انتخاب شدند. با ابزار متهٔ رویش‌سنج از سمت جنوبی درختان در ارتفاع برابرسینه (۱/۳۰ متر) نمونه‌هایی به بلندی نصف اندازهٔ قطری درختان استخراج و در محفظه‌های مخصوص نگهداری نمونه‌ها قرار گرفتند. اگرچه برای کاربردهای گوناگون صنوبر خواص متعددی می‌تواند مدنظر قرار گیرد، در این تحقیق برای نمونه از دو خاصیت طول فیبر و دانسیتهٔ تر استفاده شد تا ایدهٔ استفاده از نمونه‌های نزدیک پوست آزمون شود. بر این اساس، در آزمایشگاه برای بررسی‌های هدف (ویژگی الیاف و دانسیتهٔ چوب) نمونه‌هایی از سه بخش هر نمونهٔ مغزی تهیه شدند (نزدیک پوست، نزدیک مغز، و میانه). نمونه‌های کوچک به طول ۲ سانتی‌متر جدا شدند. برای اندازه‌گیری دانسیتهٔ تر چوب نمونه‌های کوچک به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شدند. سپس با اندازه‌گیری وزن و حجم تر آن‌ها وزن مخصوص تر نمونه‌ها محاسبه شد. پس از محاسبهٔ دانسیتهٔ سه بخش مختلف یک نمونهٔ مغزی، میانگینی از این سه بخش به‌منزلهٔ میانگین دانسیتهٔ آن درخت در ارتفاع برابرسینه گزارش شد. به منظور وابری الیاف، نمونه‌های کوچک در محلول فرانکلین (مخلوط اسید استیک و آب اکسیژنه به نسبت یک: یک) به مدت ۲۴ ساعت (برای چوب‌های سبک) در دمای ۵±۶۰ سانتی‌گراد در کوره حرارت داده شده و آماده‌سازی شدند [۱۰]. پس از خارج کردن لوله‌های آزمایش حاوی نمونه از کوره، محلول فرانکلین با آب مقطر جایگزین شده و پس از چندبار شست‌وشوی

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌ها با آب مقطر و تکاندن آن‌ها (لولهٔ آزمایش)، الیاف چوب از یکدیگر جدا شدند. برای رنگ‌آمیزی محلول سافرانین با غلظت ۰/۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی سوسپانسیون الیاف ریخته شد. فیبرهای رنگ‌آمیزی‌شده روی لام میکروسکوپی تثبیت شدند. سپس با دوربین دیجیتالی سونی ۸/۱ مگاپیکسل در زیر عدسی شیئی میکروسکوپ Olympus CX31با درشت‌نمایی 40X تصویربرداری انجام شد. تصاویر به نرم‌افزار Image J منتقل و با آن نرم‌افزار برای هر بخش (زیر پوست، میانه و نزدیک مغز) دستِکم طول ۳۰ فیبر اندازه‌گیری و میانگین‌گیری شد. پس از محاسبهٔ طول الیاف سه بخش مختلف یک نمونهٔ مغزی، میانگینی از این سه بخش به‌منزلهٔ میانگین طول الیاف آن درخت در ارتفاع برابرسینه گزارش شد.

محاسبه‌های آماری

ابتدا برای بررسی وجود اختلاف معناداری بین طول الیاف و دانسیتهٔ تر هریک از بخش‌های نزدیک پوست، نزدیک مغز و بین آن دو محاسبات و آنالیز آماری انجام شد. پس از اثبات وجود اختلاف بین بخش‌های سه‌گانه در همهٔ رویشگاه‌ها، برای بررسی وجود اختلاف معنادار بین طول فیبر چوب بخش زیر پوست با میانگین درخت، با استفاده از داده‌های ۲۰ درخت، برای هر رویشگاه، آزمون t جفتی انجام شد. علاوه بر این، رابطهٔ بین طول الیاف و دانسیتهٔ تر چوب بخش زیر پوست با میانگین درخت با ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد. برای بررسی وجود اختلاف بین دانسیتهٔ تر بخش زیر پوست با میانگین درخت شیوه‌های مشابهی اعمال شدند. پس از حذف رویشگاه‌هایی که در آن‌ها همبستگی معناداری بین ویژگی زیر پوست با میانگین درخت یافت نشد، میزان اختلاف ویژگی نزدیک پوست با میانگین آن ویژگی در هر درخت به تفکیک محاسبه شد. با میانگین‌گیری از این اختلاف‌ها، معادله‌ای برای برآورد آن ویژگی از روی نمونه‌های نزدیک پوست پیشنهاد شد. معادلات پیشنهادشده درواقع فقط بیان ریاضی متوسط تغییرات (افزایش/ کاهش) ویژگی نمونهٔ زیر پوست نسبت به میانگین درخت هستند. محاسبه‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ انجام شد. همهٔ نمودارها با نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج و بحث

برای مقایسهٔ نتایج ابتدا داده‌های ثبت‌شده در هریک از بخش‌های اندازه‌گیری‌شده با یکدیگر مقایسه شدند. پس از تعیین وجود یا نبود اختلاف معنادار بین آن‌ها، میانگین داده‌های سه بخش برای هر درخت، به‌منزلهٔ میانگین آن ویژگی برای آن درخت منظور شد.

مطابق نتایج جدول ۲ طول فیبر در بخش نزدیک پوست، میانه و نزدیک مغز گونه و کلن‌های صنوبر در رویشگاه‌های مطالعه‌شده اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد دارند؛ به‌طوری‌که طول فیبر در ناحیهٔ نزدیک پوست بلندترین و در ناحیهٔ نزدیک مغز کوتاه‌ترین بودند.

به منظور ارزیابی میزان این تفاوت، درصد کاهش طول فیبر در بخش‌های میانی، نزدیک مغز و میانگین کل سه بخش، که معرف میانگین کل درخت است، محاسبه شد و در جدول ۳ قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس و اختلاف معناداری[1] طول فیبرگونه‌های صنوبر بررسی‌شده در رویشگاه‌های مختلف

ردیف	گونه/ کلن	رویشگاه	P≤0/001	میانگین (M)، انحراف معیار استاندارد (SD) و انحراف معیار خطا (ED) طول فیبر در بخش‌های درونی چوب درختان (میکرون)								
				بخش زیر پوست			بخش میانی			بخش نزدیک مغز		
				ED	SD	M	ED	SD	M	ED	SD	M
۱	*P.euramericana*	ساری	**	۲۲/۳	۹۹/۵	۱۳۷۹/۹[1]	۲۹/۹	۱۳۴/۱	۱۰۹۶/۴[2]	۳۶	۱۶۱	۷۶۲/۲[3]
۲	*P.alba*	زنجان	**	۱۹/۵	۸۷/۱	۹۷۸/۸[1]	۲۱/۷	۹۶/۹	۹۰۵/۶[2]	۲۲/۹	۱۰۲/۶	۷۹۰/۷[3]
۳	*P.nigra*	ابهر	**	۱۴	۶۲/۸	۱۰۶۹/۷[1]	۱۱/۴	۵۰/۹	۹۴۷/۱[2]	۲۲/۹	۱۰۲/۶	۷۹۷/۸[3]
۴	*P.d.69.55*	لشت‌نشا	**	۱۳/۲	۵۹/۲	۱۱۶۶/۹[1]	۲۶/۷	۱۱۹/۲	۱۰۲۴/۳[2]	۱۹/۲	۸۵/۷	۷۳۲/۴[3]
۵	*P.d.77.51*	فومن	**	۱۲/۴	۵۵/۶	۱۲۲۱/۹[1]	۱۵/۶	۶۹/۸	۱۰۸۹/۱[2]	۳۰/۷	۱۳۷/۳	۸۹۷/۴[3]

۱. سطوح معناداری a=۱ ، b =۲ و c =۳، همچنین اعداد هم‌نما فاقد اختلاف معناداری هستند.

جدول ۳. برآورد نسبت درصد کاهش طول فیبر بخش‌های میانی، نزدیک مغز و میانگین کل درخت به بخش نزدیک پوست

ردیف	رویشگاه	بخش میانی	نزدیک مغز	میانگین سه بخش
۱	ساری	۲۰/۱۹	۲۹/۵۸	۲۱/۵۱
۲	زنجان	۹/۲۵	۲۰/۵۱	۹/۹۲
۳	ابهر	۱۱/۲۸	۲۰/۵۰	۱۲/۲۶
۴	لشت‌نشا	۱۲/۱۵	۱۷/۳۷	۱۶/۴۴
۵	فومن	۱۰/۶۹	۲۶/۵۲	۱۲/۴۰

جدول ۴. وضعیت طول الیاف در بخش نزدیک پوست و میانگین سه بخش در درختان صنوبر

ردیف	رویشگاه	گونه/ کلن صنوبر	طول الیاف		اختلاف	٪ (کمتر)[1]	همبستگی
			نزدیک پوست	میانگین سه بخش			
۱	ساری	*P.euramericana*	۱۳۷۹	۱۰۷۹	۳۰۰	۲۱/۵ **	۰/۳۴ n.s [2]
۲	زنجان	*P.alba*	۹۹۷	۸۹۸	۹۹	۹/۹ **	۰/۸۵ **
۳	ابهر	*P.nigra*	۱۰۶۹	۹۳۸	۱۳۱	۱۲/۲ **	۰/۸۲ **
۴	لشت نشا	*P.d.69.55*	۱۱۶۶	۹۷۴	۱۹۲	۱۶/۴ **	۰/۶۱ **
۵	فومن	*P.d.77.51*	۱۲۲۱	۱۰۶۹	۱۵۲	۱۲/۴ **	۰/۴۶ *

۱. طول الیاف میانگین سه بخش از بخش نزدیک پوست کمتر است.

۲. علامت **، * و n.s به ترتیب به معنای معناداری آزمون t و همبستگی در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵ و فقدان آن است.

www.SID.ir

Archive of SID

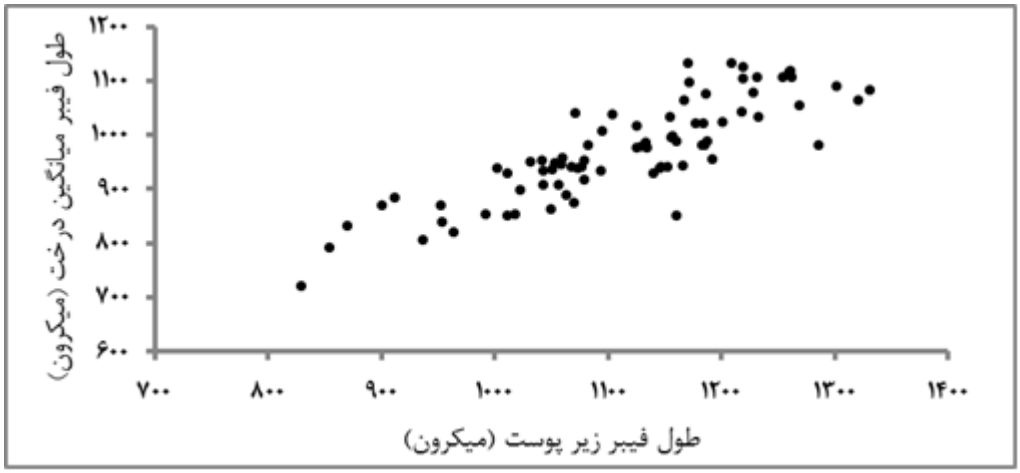
از میان مقادیر به‌دست‌آمده در جدول ۳، کمیت افزایش طول فیبر در ناحیهٔ نزدیک پوست به میانگین کل درخت مقایسه و آنالیز شدند تا مشخص شود اگر نمونهٔ نزدیک پوستی تهیه شود، نسبت به کل درخت چه میزان افزایش دارد. این مهم برای هر رویشگاه محاسبه و در جدول ۴ آورده شده است.

مطابق جدول ۴ مقایسهٔ طول فیبر در بخش نزدیک پوست هریک از صنوبرها از میانگین سه بخش اندازه‌گیری‌شده در آن‌ها بیشتر است. نتایج آزمون t جفتی نشان داد که در همهٔ رویشگاه‌ها بین طول الیاف بخش نزدیک پوست و میانگین درخت اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد وجود دارد. بیشترین درصد اختلاف در رویشگاه ساری با گونهٔ *P.euramericana* (۲۱/۵ درصد) و کمترین این اختلاف در رویشگاه زنجان با گونهٔ صنوبر *P.alba* (۹/۹ درصد) دیده شد. این تفاوت‌ها می‌تواند به شرایط رویشگاهی، شرایط اقلیمی، و خواص ژنتیکی صنوبرها ارتباط پیدا کند. به‌جز رویشگاه ساری، در بقیهٔ رویشگاه‌ها همبستگی بالا و معناداری بین طول فیبر در بخش نزدیک پوست با میانگین درخت وجود داشت (شکل ۱). بدون در نظر گرفتن رویشگاه ساری، طول الیاف درخت در ارتفاع برابرسینه به‌طور میانگین ۱۲/۷ درصد کوتاه‌تر از الیاف نزدیک پوست است. این موضوع در مورد درختان تندرشد و زودبازده، مثل صنوبرها، که در سال‌های اولیهٔ رشد تشکیل جوان چوب در آن‌ها اتفاق میفتد، موجب کمتر بودن طول الیاف آن‌ها نسبت به چوب زیر پوست است [۱۳]. برای برآورد تقریبی میانگین طول الیاف یک درخت صنوبر در قطر برابرسینه براساس نمونه‌های نزدیک پوست، می‌توان از رابطهٔ ۱ استفاده کرد:

رابطه (۱)

$$L_m = L_b \times (1 - \%12.7) \rightarrow L_m = L_b \times 0.87$$

که در آن L_m میانگین طول الیاف در قطر برابرسینه درخت و L_b، میانگین طول الیاف بخش نزدیک پوست است. با استفاده از رابطهٔ ۱ و نمونه‌گیری از بخش زیر پوست چوب درختان (در ارتفاع ۱/۳ متری تنه) می‌توان برآوردی از طول الیاف درختان در شرایط رویشگاهی و کلن صنوبر پژوهش‌شده به‌دست آورد که کمتر از مقدار اندازه‌گیری‌شده از چوب محل زیر پوست است.



شکل ۱. نمودار همبستگی تغییرات طول فیبر با در نظر گرفتن همهٔ رویشگاه‌ها/ گونه‌ها به‌جز رویشگاه ساری

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در همهٔ گونه/ کلن‌های صنوبرهای مطالعه‌شده، طول فیبر بخش‌های نزدیک پوست بیشتر از میانگین درخت و درواقع بخش‌های درونی‌تر درخت است. این تغییرات در بررسی‌های دیگران در گونه‌های صنوبر نیز تائید شده است [۶؛ ۱۲]. همچنین، مشاهده شد طول فیبر درختان صنوبر در ۱ سالگی نسبت به ۹ سالگی افزایش را نشان می‌دهد [۳]. به‌طوری‌که در سال اول طول فیبر کمتر (۰/۵۷ میلی‌متر) و در ۹ سالگی این طول تا ۱ میلی‌متر افزایش داشته است؛ یعنی درحقیقت طول فیبر از مغز به پیرامون درخت افزایش می‌یابد. این افزایش وابسته به جوان‌چوبی و بالغ‌چوبی است و در بیشتر گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ دیده می‌شود. تشکیل چوب جوان در صنوبرها در سال‌های نخستین رشد، که طول الیاف کوتاه‌تری دارند، عامل کمتر بودن طول فیبر در ناحیهٔ مغزی است [۱۳]. طول سلول‌های کامبیومی در جوانی کم است و به‌تدریج با افزایش سن، بر طول این سلول‌ها افزوده می‌شود. بنابراین، الیاف نزدیک مغز، که از کامبیوم جوان‌تر مشتق شده‌اند، طول کوتاه‌تری نسبت به الیاف نزدیک پوست (که حاصل کامبیوم مسن‌ترند) دارند. در بین کلن‌های مورد تحقیق دو کلن *P.d.*69.55 (رویشگاه لشت نشا) و *P.d.*77.51 (رویشگاه فومن) جنسیت متفاوتی دارند. کلن رویشگاه لشت‌نشا (ماده) طول فیبر کوتاه‌تری نسبت به کلن رویشگاه فومن (نر) در هر سه بخش بررسی‌شده داشت. این تمایز می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی آن دو باشد. نتایج این مشاهدات با مطالعهٔ مشابه در کشور هند روی کلن‌های G48 (ماده) و کلن G3 (نر) در مورد مقایسهٔ طول فیبر آن‌ها مشابه نیست و عکس آن تأیید شد [۸].

جدول ۵. وضعیت دانسیتهٔ تر در بخش نزدیک پوست و میانگین سه بخش در درختان صنوبر

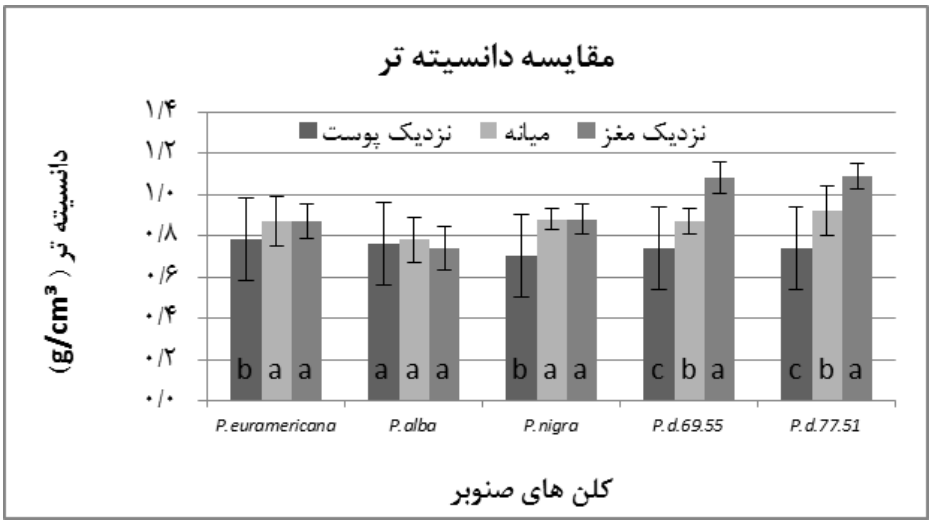
ردیف	رویشگاه	گونه/ کلن صنوبر	دانسیتهٔ تر		اختلاف	٪ (بیشتر)[1]	همبستگی
			نزدیک پوست	میانگین سه بخش			
۱	ساری	*P.euramericana*	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۰۶	۸/۳ **	۰/۴۱ n.s[2]
۲	زنجان	*P.alba*	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۰۱	۱/۴۴n.s	۰/۸۸**
۳	ابهر	*P.nigra*	۰/۷	۰/۸۲	۰/۱۲	۱۸/۰ **	۰/۶۸**
۴	لشت‌نشا	*P.d.69.55*	۰/۷۴	۰/۸	۰/۱۶	۲۱/۹ **	۰/۷۷**
۵	فومن	*P.d.77.51*	۰/۷۴	۰/۹۲	۰/۱۸	۲۴/۲ **	۰/۶۹**

۱. دانسیتهٔ تر میانگین سه بخش از بخش نزدیک پوست بیشتر است.

۲. علامت **، * و n.s به ترتیب به‌معنای معناداری آزمون t و همبستگی در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵ و فقدان آن است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲. نمودار مقایسه‌ای دانسیتهٔ تر در بخش‌های داخلی‌چوب گونه/ کلن‌های صنوبر

مطابق نتایج این پژوهش (جدول ۵)، درخصوص دانسیتهٔ تر، به‌جز رویشگاه زنجان با گونهٔ *P. alba*، در بقیهٔ رویشگاه‌ها، بین دانسیتهٔ تر چوب سه بخش اشاره‌شده اختلاف معناداری وجود دارد (شکل۲). به عبارت دیگر، می‌توان با نمونه‌گیری از بخش زیر پوست چوب صنوبر رویشگاه زنجان دانسیتهٔ تر به‌دست‌آمده را برای سه بخش یکسان دانست. ولی در مورد سایر گونه/ کلن‌های صنوبر، به دلیل وجود اختلاف معناداری بین طول الیاف و دانسیتهٔ تر سه بخش اشاره‌شده، نتایج تعمیم‌پذیر نیست. بنابراین، برای ارائهٔ روش سادهٔ ارزیابی، دانسیتهٔ تر بخش نزدیک پوست با میانگین سه بخش مقایسه شدند. همچنین، مقدار درصد کمی هریک محاسبه و سنجیده و نتایج در جدول ۵ ارائه شد.

نتایج دانسیتهٔ تر چوب نزدیک پوست و میانگین درخت و نتایج آزمون t جفتی (جدول۴) نشان داد که دانسیتهٔ تر چوب در بخش نزدیک پوست همهٔ صنوبرهای رویشگاه‌های این بررسی، به‌جز در رویشگاه زنجان، اختلاف معناداری با میانگین درخت در سطح ۱ درصد دارد. به‌طورکلی، به‌جز در رویشگاه زنجان، در بقیهٔ رویشگاه‌ها، دانسیتهٔ چوب میانگین درخت بیشتر از بخش نزدیک پوست بود. علاوه بر این، به‌جز در رویشگاه ساری، در بقیهٔ رویشگاه‌ها همبستگی بالا و معناداری بین دانسیته در بخش نزدیک پوست با میانگین درخت وجود داشت (شکل ۳). بنابراین، بدون در نظر گرفتن رویشگاه زنجان، دانسیتهٔ تر درخت در ارتفاع برابرسینه به‌طور میانگین ۲۱/۳ درصد بیشتر از چوب نزدیک پوست بود. برای برآورد تقریبی میانگین دانسیتهٔ یک درخت صنوبر در قطر برابرسینه براساس نمونه‌های زیر پوست می‌توان از رابطهٔ ۲ استفاده کرد:

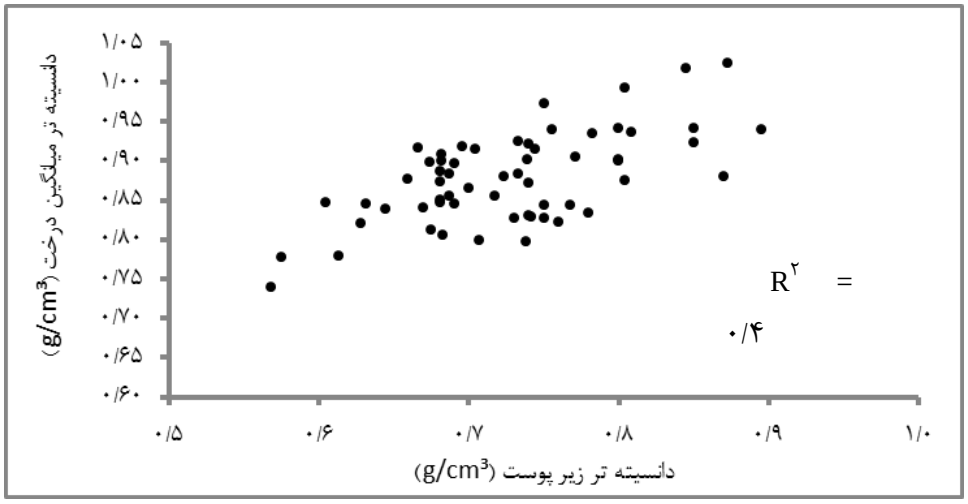
رابطهٔ ۲:

$$D_m = D_b \times (1+\%21.3) \rightarrow D_m = D_b \times 1.21$$

که در آن D_m میانگین دانسیتهٔ تر چوب در قطر برابرسینه درخت و D_b، دانسیتهٔ تر چوب بخش زیر پوست است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳. نمودار همبستگی تغییرات دانسیتهٔ تر با در نظر گرفتن همهٔ رویشگاه‌ها/ گونه‌ها به‌جز رویشگاه ساری و زنجان

نتایج نشان می‌دهد که در رویشگاه زنجان به دلیل نبود اختلاف معناداری در دانسیتهٔ تر چوب بخش نزدیک پوست با میانگین سه بخش، می‌توان با نمونه‌گیری از چوب زیر پوست تنهٔ درختان در ارتفاع برابرسینه مقدار به‌دست‌آمده را در رویشگاه مذکور به چوب کل درخت تعمیم داد. ولی در مورد سایر رویشگاه‌ها (ساری، ابهر، لشت‌نشا، و فومن) با استفاده از رابطهٔ ۲ برآوردی از دانسیتهٔ تر چوب این رویشگاه‌ها و کلن‌های صنوبر در آن‌ها به‌دست آمد که مقدار ارزیابی آن‌ها بیشتر از نمونه‌های اندازه‌گیری از زیر پوست درختان است.

دانسیته از سمت بخش‌های داخلی به سمت لایه‌های پیرامونی تنه کاهشی را نشان داد. دانسیتهٔ چوب در پهن‌برگان، علاوه بر درصد چوب آغاز و پایان حلقه‌های رویشی، به عوامل دیگری چون پهنای کلی و قطر دیوارهٔ الیاف چوبی و اندازه و تعداد آوندها وابسته است. یافتن دلیل قطعی کاهش دانسیته از مغز به پوست در گونه/ کلن‌های صنوبر نیازمند بررسی‌های بیشتر آناتومی چوب است. در مواردی کاهش دانسیته در چوب صنوبرهایی مشاهده شد که با سیستم‌های آبیاری رشد یافتند [۱۱]. این کاهش دانسیته را با تنش‌های آبیاری رویشگاهی مرتبط دانستند. ازاین‌رو، کاهش دانسیته در گونهٔ *P.alba* در بخش‌های نزدیک مغز و میانی را می‌توان به رویشگاه، گونهٔ صنوبر، یا موضوع آبیاری مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

شناخت ویژگی‌های کاربردی چوب (صنوبر) بستر مساعد مدیریت بهینهٔ تولید و مصرف آن را نمایان می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد که دو فاکتور مهم (طول فیبر و دانسیتهٔ تر) چوب درختان مختلف صنوبر با هدف مصرف آن در صنایع کاغذ، تخته فیبر و MDF، در رویشگاه‌های متفاوت با یکدیگر اختلاف معناداری دارند. حتی دو فاکتور یادشده در بخش‌های سه‌گانهٔ چوب در این تحقیق، به غیر از رویشگاه زنجان، با یکدیگر اختلاف معناداری دارند. نتایج نشان داد که با برداشت نمونه‌ای کوچک

www.SID.ir

Archive of SID

تنها از چوب زیر پوست درختان می‌توان به روشی ساده، ارزان، و سریع برآورد مناسبی از میانگین کل درخت به‌دست آورد و ارزیابی کمی و کیفی مناسبی برای صنایع هدف انجام داد. تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان چوب‌آلات صنوبر با استفاده از روش و نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش (رابطه‌های ۱ و ۲) قادر خواهند بود برآورد کیفی (برای مصرف‌کنندگان) و کمی (برای تولیدکنندگان) از دو مشخصهٔ برجستهٔ چوب صنوبر (طول الیاف و دانسیتهٔ تر) به‌دست آورند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1]. FAO. (2012). State of the World´s Forest. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

[2]. Fenning, T.M., and Gershenzon, J. (2002) Where will the wood come from? Plantation forests and the role of biotechnology. Trends in Biotechnology, 20: 291–296.

[3]. Derbowka, D.R., Andersen, S., Lee-Andersen, S., and Stenberg, C. (2012). Poplar and willow cultivation and utilization in Canada, 2008–2011, Canadian Country Progress Report. Canadian Report to the 24th IPC Session, Dehradun, India – International Poplar Commission for the period 2008–2011.

[4]. Alizadeh Aliabadi, A. (2010). A study on wood import situation and solutions to facilitate it in Iran. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 13(1): 15-25.

[5]. Yu, Q. (2001).Selection and propagation of hybrid aspen clones for growth and fibre quality.University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Applied Biology, Finland.

[6]. Balatinecz, J.J., and Kretschmann, D.E. (2001). Properties and utilization of poplar wood.In Poplar Culture in North America. Part A, Chapter 9. Edited by D.I. Dickmann, J.G. Isebrands, J.E. Eckenwalder, and J. Richardson. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON KIA OR6, Canada. pp. 277-291.

[7]. Huda, A.S.M.A., Koubaa, A., Cloutier, A., Hernández, R., and Fortin, Y. (2011). Wood quality of hybrid poplar clones in southern Québec: clonal variation and property interrelationships. In: Proceedings of the 3rd International Scientific Conference on Hardwood Processing. October 16- 8, 2011; Blacksburg, Virginia, USA; pp 281-289.

[8]. Pande, P.K., Massarat A., Sangeeta, U., and Dhiman, R.C. (2012). Variation in wood anatomical properties and specific gravity in relation to sexul dimorphism in *Populusdeltoides* Bartr. ex Marsh. Current Science, 102(11): 1580-1585.

[9]. Zhang S.Y., Yu Q.B., Chauret G., and Koubaa A. (2003). Selection for both growth and wood properties in hybrid poplar clones. Forest Science 49(6): 901–908.

[10]. DeBell, D.S., Singleton, R., Harrington, C.A., and Gartner, B.L. (2002). Wood density and fiber length in young *Populus* stems: relation to clone, age, growth rate, and pruning. Wood and Fiber Science, 34(4): 529-539.

[11]. Headlee, W.L., Zalesny, R.S., Hall, R.B., Bauer, E.O., Bender, B., Birr, B.A., Miller, R.O., Randall, J.A., and Wiese, A.H. (2013). Specific gravity of hybrid poplars in the north-central region, USA: within-tree variability and site×genotype effects. Forests, 4: 251-269.

[12]. Lashkarbolouki, E., and Parsapajouh, D. (2005). A Study of anatomical characteristics, fiber biometry and some other physical properties of one of the most important clones of Poplar (*Populus deltoides* 77.51) in Guilan. Iranian Journal of Natural Resources, 58(1): 195-207.

[13]. Efhami, D., and Saraeyan, A.R. (2009). Evaluation of anatomical and physical properties of juvenile/mature wood of *Populus alba* and *Populus euramericana*. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24(1):134-147.

www.SID.ir