

بررسی ویژگی‌های آناتومی، فیزیکی و بیومتری چوب درخت انجیر (*Ficus carica*) در جهت طولی و عرضی ساقه درخت

علی حسن پور تیچی^{۱*} و مجتبی رضانزاد دیوکلائی^۲

*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران،

پست الکترونیک: hasanpoortichi@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

چکیده

در این پژوهش به بررسی خواص بیومتری الیاف و خواص فیزیکی و میکروسکوپی چوب انجیر پرداخته شد. از این رو، سه اصله درخت سالم انجیر واقع در استان مازندران انتخاب و قطع گردید. سه دیسک به ضخامت ۵ سانتی‌متر در طول درخت (قطر برابر سینه، ارتفاع ۱/۹ متر و نزدیک تاج) تهیه شد. در جهت عرضی نمونه‌های آزمونی ۲×۲×۲ سانتی‌متر از مغز به سمت پوست به صورت متوالی تهیه و مورد بررسی فیزیکی و بیومتری الیاف قرار گرفت. سپس خواص بیومتری الیاف شامل طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی فیبر و ضخامت دیواره سلولی اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های فیزیکی شامل دانسیته بحرانی، دانسیته خشک، هم‌کشیدگی طولی، شعاعی و مماسی محاسبه شدند. مقاطع میکروسکوپی از سه سطح (عرضی، مماسی و شعاعی) چوب انجیر تهیه و ویژگی‌های آناتومی چوب این گونه به طور دقیق و بر اساس فهرست (IAWA) تعیین شد. مطالعات آناتومی در نزدیک مغز و پوست این چوب بیانگر تفاوت‌هایی بود. مهم‌ترین این اختلافات وجود تیل در حفره‌های آوندی چوب نزدیک مغز و عدم حضور آن در چوب نزدیک پوست، اشعه همگن در نزدیک پوست و اشعه ناهمگن در نزدیک مغز، میانگین قطر مماسی حفره‌های آوندی در نزدیک پوست بزرگ‌تر (۱۰۵ میکرون) از چوب نزدیک مغز (۷۰ میکرون) و اشعه چوبی پهن‌تر در نزدیک پوست نسبت به چوب نزدیک مغز بوده است. همچنین چوب درخت انجیر جزء گونه پهن‌برگ پراکنده آوند، حلقه رویش مشخص، پارانشیم گرد آوندی و نواری، درجه آوندی ساده، منافذ بین آوند متناوب و حاوی کریستال‌های منشوری در پارانشیم بود. نتایج نشان داد که هم در جهت عرضی و هم در جهت طولی درخت انجیر از لحاظ طول، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که خواص بیومتری الیاف از مغز به سمت پوست روند صعودی داشتند. میانگین طول، قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف به ترتیب برابر با ۱/۰۵ میلی‌متر، ۳۰/۴۷ میکرون، ۲۳/۶ میکرون و ۵/۴۲ میکرون اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی‌ها حکایت از آن داشت که هم‌کشیدگی شعاعی، هم‌کشیدگی مماسی، دانسیته خشک و بحرانی از مغز به سمت پوست درخت یک روند صعودی و از پایین درخت به سمت تاج درخت روند نزولی داشته است.

واژه‌های کلیدی: انجیر، دانسیته بحرانی، پراکنده آوند، متناوب.

مقدمه

چوب از گذشته به عنوان یکی از مهمترین مواد اولیه برای رفع نیازمندی‌های بشر مطرح بوده است. در حال حاضر کاهش سطح زیر پوشش جنگل‌ها از یکسو، افزایش شدید جمعیت و نیاز بیشتر به چوب و مصنوعات چوبی و پیشرفت فناوری‌ها از سوی دیگر، لزوم بهره‌برداری بهینه از این منابع محدود را ایجاب می‌کند. ساختار سلولی گونه‌های چوبی (طول الیاف، ضخامت دیواره سلولی و قطر حفره سلولی) از شاخص‌های اساسی انواع کاربرد در صنایع مختلف چوب، فراورده مرکب و کاغذ است، از این رو مطالعه و شناخت این ویژگی‌ها و تغییرات آنها در ارتفاع ساقه درخت برای استفاده مطلوب از آنها ضروریست. انجیر بومی منطقه مدیترانه است. درخت انجیر از آناتولی (شرق ترکیه) به کشورهای مدیترانه، سوریه، عربستان سعودی، قفقاز شمالی و ایران گسترش یافته است (Condit, 1947). درخت انجیر در اغلب جنگل‌های شمال و ساحل دریای خزر وجود دارد. بیشتر به هوای گرم و خشک نیاز دارد و به طور پراکنده می‌روید. در جنگل‌های ارسباران نیز دیده می‌شود. حد بالای رویشگاه آن ۷۰۰ متر است. ارتفاع درخت به ۱۰ متر و قطر آن به ۵۰ سانتی‌متر می‌رسد. دارای تنه صاف، خاکستری و برگ‌های زبر است. رنگ چوب درخت انجیر خاکستری و چوبی نرم و سبک دارد. چوب آن برای جعبه مرکبات استفاده می‌شود (Iranian Wood Encyclopedia). درخت انجیر با نام علمی *Ficus carica* از گیاهان خوراکی متعلق به خانواده توت (*Moraceae*) می‌باشد. در جهان و ایران تحقیقات زیادی بر روی چوب انجیر انجام نشده است، به این دلیل تصمیم گرفته‌ایم که تحقیق گسترده‌ای در مورد این درخت انجام دهیم. Parsa pajouh و Schweingruber (۲۰۰۱) به بررسی خواص آناتومی چوب انجیر پرداخته‌اند. آنان بیان کردند که این گونه دارای چوب همگن، پراکنده آوند و حدود دایره‌های سالانه آن به وضوح قابل رؤیت نیست. وضعیت اشعه چوبی در مقطع مماسی ناهمگن و عرض آنها از یک سلول تا چهار سلول تغییر می‌کند. اشعه چوبی در سطح شعاعی به صورت مستطیل ایستاده، دریچه آوندی منفرد و

گاهی بلور در پارانشیم طولی دیده می‌شود. Yaman (۲۰۱۴) در مطالعه بر روی تفاوت بین چوب ساقه و شاخه درخت انجیر به این نتیجه رسید که اختلاف معنی‌داری بین طول الیاف، قطر الیاف، ضخامت دیواره سلولی، قطر مماسی آوند، قطر شعاعی آوند، پهنای اشعه چوبی وجود دارد. طول فیبر و طول آوند در چوب شاخه به ترتیب ۱۶ درصد و ۳ درصد کوتاه‌تر از چوب ساقه است. همچنین ضخامت دیواره سلولی فیبر و ضخامت دیواره سلولی آوند در چوب ساقه بیشتر از چوب شاخه بود. Nosrati و همکاران (۲۰۱۵) ویژگی آناتومی چوب نزدیک به مغز و پوست شیشم را مورد بررسی قرار دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که بین چوب نزدیک به مغز و پوست این گونه از لحاظ طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف اختلاف معنی‌داری وجود دارد که از مغز به سمت پوست این مقادیر افزایش می‌یابد.

Kiaei و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق خود با عنوان بررسی خواص فیزیکی و بیومتری چوب ال اسبی در جهت طولی و عرض درخت به این نتیجه رسیدند که میانگین دانسیته بحرانی و هم‌کشیدگی حجمی از مغز به سمت پوست افزایش و از پایین درخت به سمت تاج درخت کاهش یافت. همچنین طول الیاف، قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی از مغز به سمت پوست روند صعودی و از قطر برابر سینه به سمت تاج روند نزولی داشته است. Saraeyan و Efhami (۲۰۰۹) بر اساس مقایسه و ارزیابی خواص آناتومیکی و فیزیکی جوان چوب و بالغ چوب دو گونه *Populus euramericana* و *Populus alba* بیان نمودند که بین دانسیته چوب جوان و بالغ هر دو گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید و الگوی تغییرات هم‌کشیدگی نیز در گونه‌های مورد مطالعه از مغز به سمت پوست روند کاهشی داشته است. Aghajani و همکاران (۲۰۱۸) ویژگی‌های آناتومی، بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب درخت بارانک را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که این درخت دارای چوب فشرده با دانسیته 0.8 g/cm^3 ، هم‌کشیدگی $15/83$ درصد، طول الیاف 1575 و ضخامت

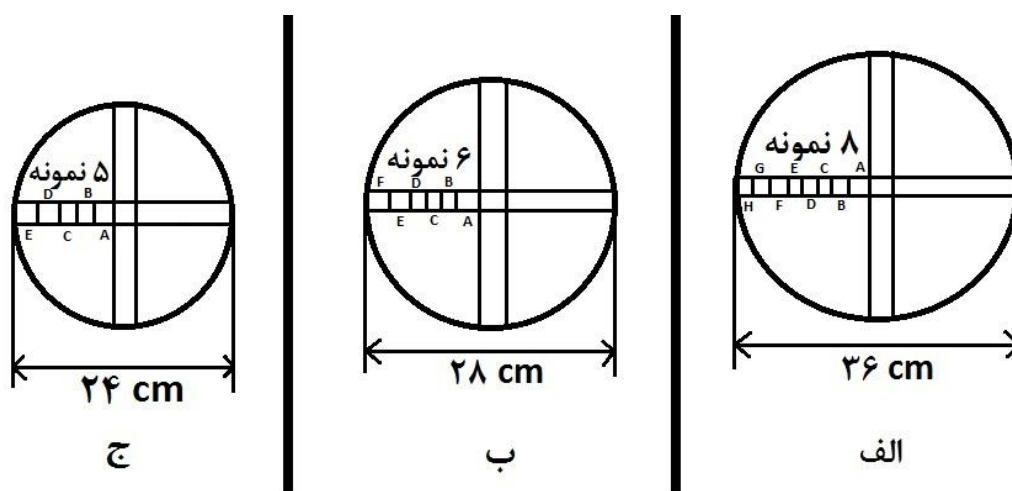
درحالی‌که با افزایش سن درخت طول الیاف و دانسیته افزایش می‌یابد.

بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی خصوصیات آناتومی و ویژگی فیزیکی و بیومتری چوب انجیر در جهت طولی و عرضی درخت توابع بابل انجام شده است.

مواد و روش‌ها

درخت انجیر مورد آزمایش از توابع شهرستان بابل به ارتفاع ۴ متر، ۲۴ ساله و قطر برابر سینه ۳۶ سانتی‌متر قطع شد. سپس از ارتفاع برابر سینه، ارتفاع ۱/۹ متر و نزدیک تاج (۲/۸ متر) دیسکی به ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه گردید. در مرحله بعدی بر روی هر دیسک به صورت متوالی نمونه‌های ۲×۲×۲ سانتی‌متر از مغز به سمت پوست بریده و کدگذاری روی آن انجام شد (شکل ۱). برای انجام آزمایش بیومتری و فیزیکی به آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشکده فنی شهید هاشمی‌نژاد ساری منتقل گردید.

دیواره ۹/۳۳ میکرون است. همچنین آنان به این نتیجه رسیدند که چوب بارانک یک گونه پراکنده آوند، عناصر آوندی منفرد و اشعه چوبی ناهمگن که اغلب دو ردیفه و گاهی تک ردیفه نیز است. Fathi و همکاران (۲۰۱۶) ساختار بیومتری و مکانیکی درخت نخل را در سه ارتفاع (۵،۲ و ۷ متر) مطالعه کردند. آنان دریافتند که بیشترین مساحت اشغال شده توسط دسته‌های آوندی در نزدیک پوست بوده و با نزدیک شدن به مغز گرده‌بینه این مقدار کاهش می‌یابد. به طوری‌که با افزایش ارتفاع از ۲ به ۷ متر تعداد دسته‌های آوندی افزایش یافت. همچنین در بررسی مکانیکی به این نتیجه رسیدند که مقاومت کششی و مدول الاستیسیته دسته‌های آوندی در نزدیک مغز بیشتر از پوست بود. Debell و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه بر روی سه کلن از صنوبر دلتوئیدس به این نتیجه رسیدند که بین دانسیته و طول الیاف ارتباط معنی داری وجود ندارد،



شکل ۱- الگوهای برش و تعداد نمونه آزمونی در ارتفاع قطر برابر سینه (الف)، ارتفاع ۱/۹ متر (ب) و ارتفاع ۲/۸ متر (ج)

داخل لوله آزمایش قرار داده و کد مورد نظر نمونه روی لوله آزمایش برچسب زده شد. سپس محلول اسید استیک و آب اکسیژنه به نسبت یک به یک توسط پیپت مدرج به اندازه دو برابر طول نمونه چوبی روی نمونه‌ها ریخته شد. در مرحله بعدی لوله‌های آزمایش به مدت ۴۸ ساعت در یک اون با

آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش بیومتری از روش فرانکلین برای جداسازی الیاف استفاده گردید (Franklin, 1954). برای اندازه‌گیری ویژگی‌ها، بیومتری از نمونه‌های تهیه شده با ابعاد ۱۵×۱۰ میلی‌متر در جهت مماسی با ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه گردید. تراشه‌ها را در

اندازه‌گیری خواص فیزیکی

خواص فیزیکی چوب درخت انجیر شامل دانسیته بحرانی، دانسیته خشک، هم‌کشیدگی طولی، هم‌کشیدگی شعاعی و هم‌کشیدگی مماسی مطابق با استاندارد ISO-۳۱۳۱ به ابعاد $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر محاسبه شد. برای اندازه‌گیری روند تغییرات دانسیته و هم‌کشیدگی از روش نمونه‌گیری صلیبی استفاده شد. محورهای ارتوتروپیک و محور هندسی در نمونه‌ها کاملاً بر هم منطبق بودند. برای اندازه‌گیری دانسیته و هم‌کشیدگی چوب، ابتدا نمونه‌ها پس از کدگذاری به مدت یک هفته داخل آب غوطه‌ور شدند تا تحت اشباع کامل از آب قرار گیرند، سپس با یک ترازوی دیجیتالی با دقت $0/001$ گرم وزن نمونه‌ها و ابعاد آنها نیز در سه جهت طولی، مماسی و شعاعی با یک کولیس دیجیتالی با دقت $0/01$ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها سپس در داخل آون با درجه حرارت 103 ± 2 به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از آن، وزن و ابعاد ثانویه آنها اندازه‌گیری شد. سپس دانسیته بحرانی از تقسیم وزن خشک به حجم اشباع و دانسیته خشک از تقسیم وزن خشک به حجم خشک محاسبه گردید. هم‌کشیدگی در سه جهت چوب از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد (β هم‌کشیدگی (%))، D_s ابعاد اشباع و D_0 ابعاد خشک است.

(۱)

$$\beta = (D_s - D_0) / D_s \times 100$$

نتایج

خواص بیومتری

تأثیر مستقل و متقابل جهت طولی و عرضی درخت بر روی خواص بیومتری (طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. به طوری که با افزایش ارتفاع درخت، میانگین طول الیاف کاهش یافته، به طوری که بلندترین طول الیاف در ارتفاع قطر برابر سینه، در نمونه H (نزدیک پوست) به میانگین $1/05$ میلی‌متر و کوتاه‌ترین طول الیاف در ارتفاع $2/8$ متر در محدوده مغز (A) برابر با $0/715$ میلی‌متر بود. تغییرات طول الیاف از مغز (نمونه A) به سمت پوست (نمونه H) در سه ارتفاع درخت یک روند صعودی بوده است (شکل ۲- الف). با افزایش ارتفاع درخت از ارتفاع قطر برابر سینه به

حرارت 70 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از سفید شدن نمونه‌های چوبی داخل لوله آزمایش، با آب مقطر به دفعات ۵ تا ۶ بار شستشو، و ابری و با استفاده از سافرانین رنگ آمیزی گردید. الیاف چوب پس از جداسازی بر روی لام تثبیت شده و از هر لام حداقل ۳۰ فیبر به صورت تصادفی با استفاده از میکروسکوپ نوری توسط عدسی چشمی مدرج طول، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی اندازه‌گیری شد (طول الیاف با بزرگنمایی 10X و برای قطر حفره سلولی و دیواره سلولی با بزرگنمایی 40X).

تهیه مقاطع میکروسکوپی از چوب

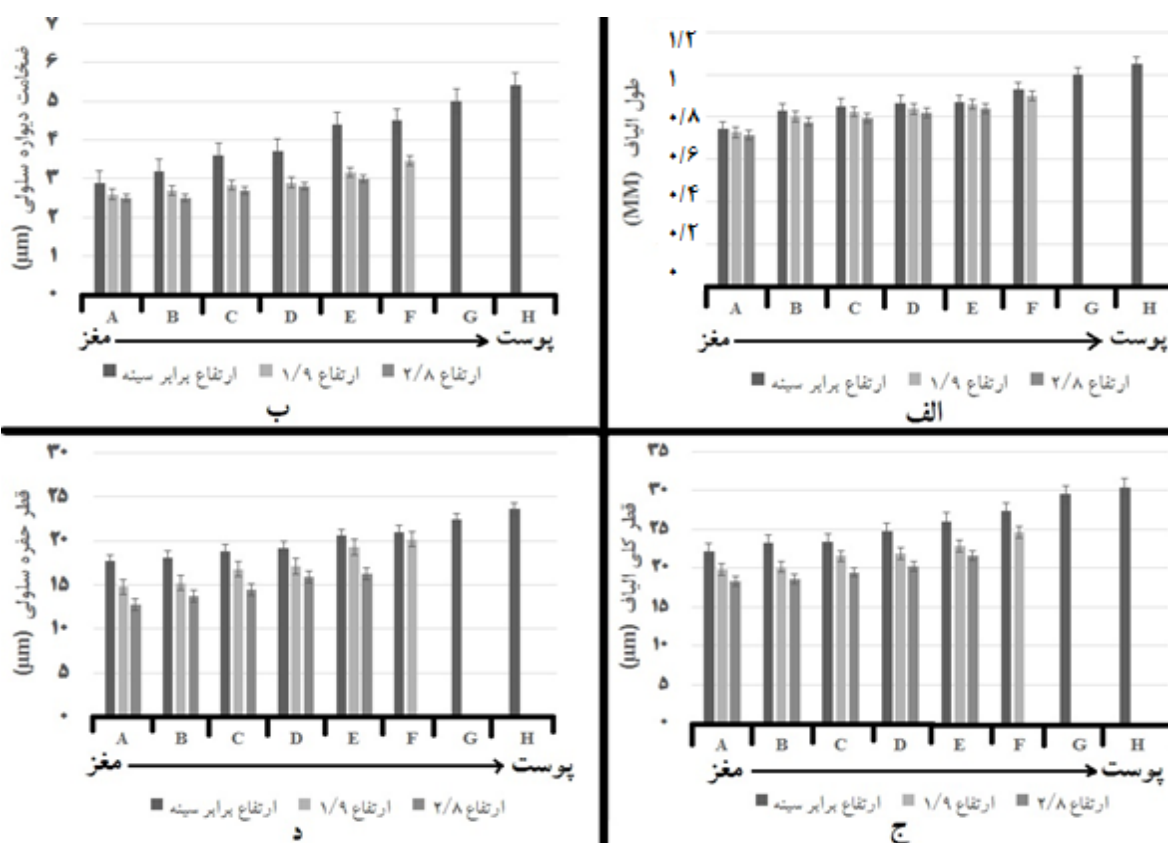
برای بررسی خواص آناتومی چوب نزدیک مغز و نزدیک پوست درخت انجیر، مطابق با لیست آناتومیست‌های جهان (IAWA) نمونه چوبی $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر تهیه گردیده است (Wheeler, et al., 1989). برای نرم شدن بافت چوب، نمونه‌ها به مدت ۱۰ روز در محلول آب گرم و گلیسرین به نسبت یک به یک غوطه‌ور شدند. سپس توسط میکروتوم از جهات مشخص سه‌گانه (عرضی، مماسی و شعاعی) برش‌های نازک میکروسکوپی تهیه گردید. مقطع میکروسکوپی به دست آمده برای خروج محتویات درون سلولی به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه در آب ژاول قرار گرفته و بعد برای از بین بردن بوی آب ژاول مقطع میکروسکوپی با آب مقطر شستشو داده شد و در مرحله بعدی مقطع میکروسکوپی با محلول رنگ آمیزی دوگانه با سافرانین / آسترابلو نیم درصد به مدت ۳ تا ۵ دقیقه رنگ آمیزی گردید، بعد به ترتیب با الکل‌های ۵۰٪، ۷۵٪ و ۹۶٪ شستشو داده شدند تا آب‌زدایی شوند و الکل جایگزین آب شود و پس از آن برای الکل‌زدایی، نمونه‌ها در محلول گزیل قرار گرفتند و در مرحله آخر با استفاده از چسب کانادا بالزام، مقطع میکروسکوپی بین لام و لامل قرار داده شد. برای تشریح نمونه‌ها از یک میکروسکوپ نوری مجهز به چشمی مدرج استفاده شد Parsapajouh (& Schweingruber, 2001).

نمونه A برابر با ۱۸/۳۱ میکرون بود (شکل ۲-ج). همچنین قطر الیاف در سه ارتفاع درخت اختلاف داشته است، به طوری که از قطر برابر سینه به سمت بالا این شاخص کاهش یافت (شکل ۲-ج).

با افزایش ارتفاع درخت از ارتفاع قطر برابر سینه به سمت بالای درخت (ارتفاع ۲/۸ متر) میانگین قطر حفره سلولی کاهش یافته، به طوری که بیشترین میانگین قطر حفره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه در محدوده پوست (نمونه H) برابر با ۲۳/۶ میکرون و کمترین میانگین قطر حفره سلولی در ارتفاع ۲/۸ متر، محدوده مغز (نمونه A) ۱۲/۸ میکرون است. تغییرات قطر حفره سلولی از مغز به سمت پوست یک روند نزولی بوده است (شکل ۲-د).

سمت بالای درخت (ارتفاع ۲/۸ متر) میانگین ضخامت دیواره سلولی فبر کاهش یافته، به طوری که بیشترین میانگین ضخامت دیواره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه در محدوده پوست (نمونه H) برابر با ۵/۴ میکرون و کمترین میانگین ضخامت دیواره سلولی در ارتفاع ۲/۸ متر، محدوده مغز (نمونه A, B) ۲/۵ میکرون است. تغییرات ضخامت دیواره سلولی از مغز درخت به سمت پوست درخت یک روند افزایشی بوده است (شکل ۲-ب).

روند تغییرات قطر کلی الیاف در جهت عرضی درخت از نمونه A (نزدیک مغز) به سمت نمونه H (نزدیک پوست) در سه ارتفاع صعودی بود. به نحوی که بیشترین میانگین قطر الیاف در ارتفاع قطر برابر سینه در نمونه H برابر با ۳۰/۴۷ میکرون و کمترین قطر کلی الیاف در ارتفاع ۲/۸ متر در

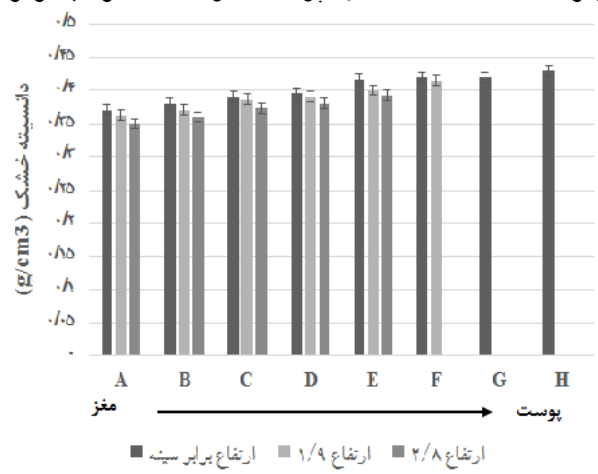
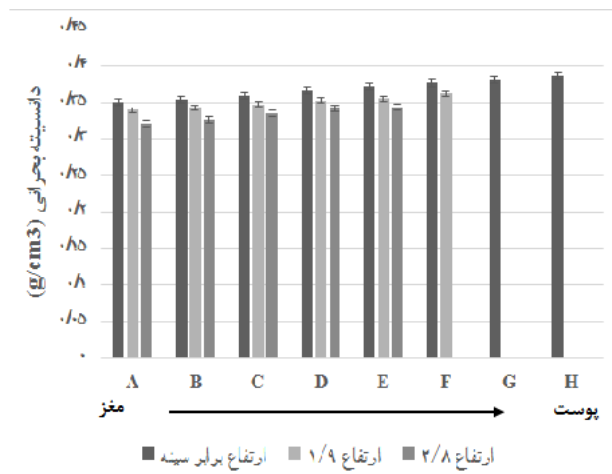


شکل ۲- تغییرات طول الیاف (الف)، ضخامت دیواره سلولی (ب)، قطر کلی الیاف (ج) و قطر حفره سلولی درخت انجیر در قسمت‌های مختلف ساقه درخت

خواص فیزیکی

تأثیر مستقل و متقابل جهت طولی و عرضی درخت بر روی دانسیته (خشک و بحرانی) در سطح ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد. با افزایش ارتفاع از قطر برابر سینه به سمت تاج درخت، دانسیته خشک و دانسیته بحرانی کاهش یافته، به طوری که بیشترین دانسیته خشک و بحرانی در قسمت قطر برابر سینه درخت در محدود پوست (نمونه H) به ترتیب برابر

با ۰/۴۳ و ۰/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است و کمترین دانسیته خشک و بحرانی در قسمت تاج درخت، نزدیک به مغز (نمونه A) به ترتیب برابر ۰/۳۵ و ۰/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شده است (شکل ۳- الف، ب). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود روند تغییرات دانسیته از مغز به سمت پوست صعودی بوده است.



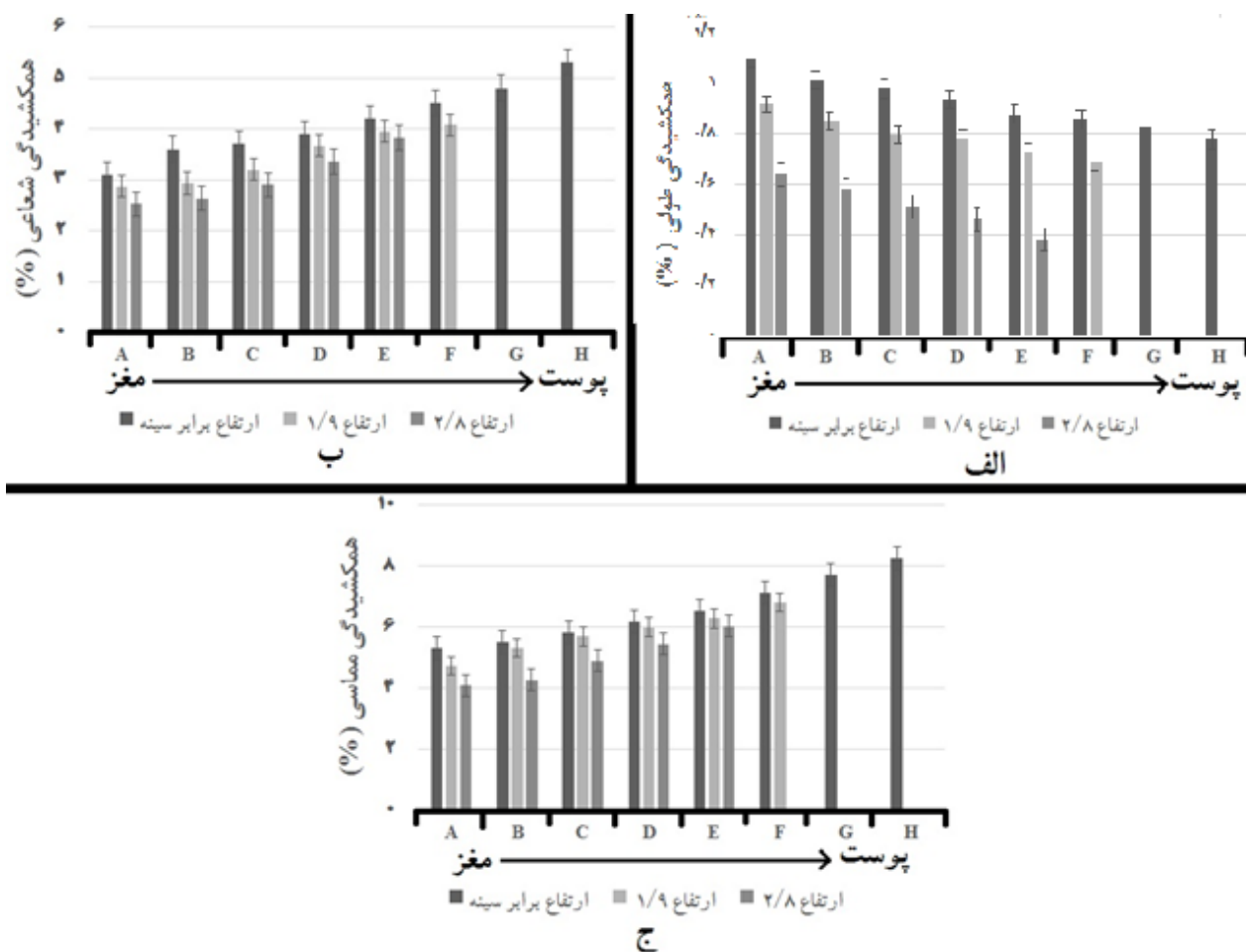
شکل ۳- تغییرات دانسیته خشک (الف) و بحرانی (ب) در قسمت‌های مختلف درخت انجیر

نزدیک پوست گونه انجیر مطابق با فهرست ویژگی‌های میکروسکوپی انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های جهان (IAWA) تنظیم شد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود ویژگی‌های اساسی آناتومی چوب بین نمونه‌های نزدیک مغز (جوان‌چوب) و پوست (چوب بالغ) مشترک بود که می‌توان به این موارد اشاره کرد: مرز حلقه‌های رویشی مشخص؛ چوب پراکنده آوند؛ درجه آوندی ساده؛ منافذ بین آوندی متناوب و انبوه؛ منافذ بین آوند و اشعه با هاله تحلیل رفته و کشیده؛ پارانشیم‌های محوری از نوع گرد آوندی و نواری؛ حضور بلور منشوری در سلول‌های پارانشیم عرضی (اشعه) و طولی.

تأثیر مستقل و متقابل جهت طولی و عرضی درخت بر روی هم‌کشیدگی طولی و عرضی در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار است. با افزایش ارتفاع درخت، انواع هم‌کشیدگی کاهش یافته است، همچنین روند تغییرات هم‌کشیدگی مماسی و شعاعی از مغز به سمت پوست صعودی بوده ولی در مورد هم‌کشیدگی طولی این قضیه صدق نمی‌کند. به طوری که بیشترین هم‌کشیدگی مربوط به هم‌کشیدگی مماسی در قطر برابر سینه (نمونه H) برابر با ۸/۲۵ درصد و کمترین هم‌کشیدگی مربوط به هم‌کشیدگی طولی در ارتفاع ۲/۸ متر نزدیک پوست (نمونه E) برابر با ۰/۳۸ درصد بوده است (شکل ۴).

خواص آناتومی

در جدول ۱ ویژگی آناتومی چوب نزدیک مغز و



شکل ۴- تغییرات هم‌کشیدگی طولی (الف)، شعاعی (ب) و مماسی (ج) در قسمت‌های مختلف درخت انجیر

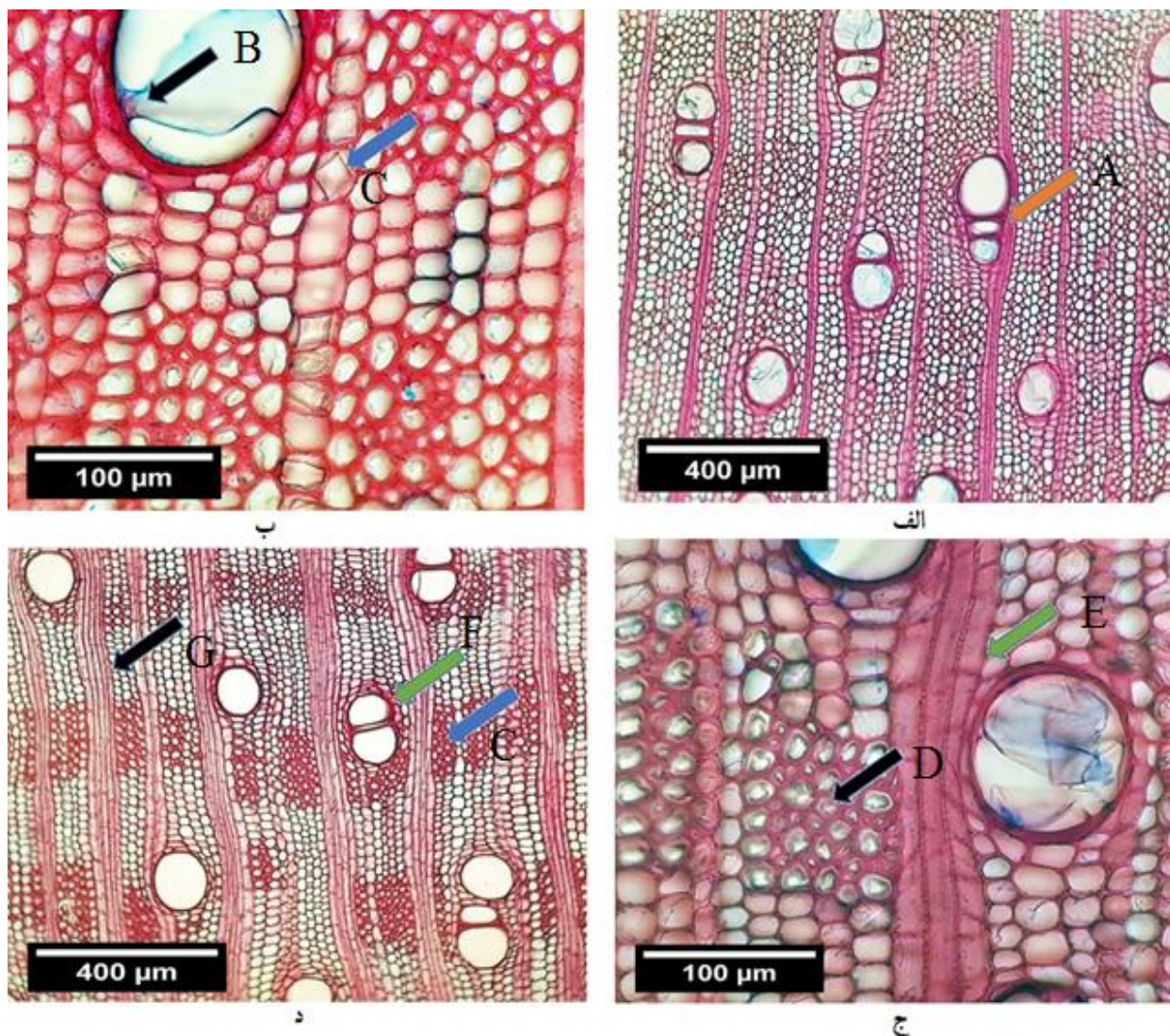
با این حال، اختلاف‌هایی نیز بین چوب این دو ناحیه وجود داشت که در جدول ۱ با رنگ زرد نشان داده شد. در بخش نزدیک مغز، بیشتر آوندها دارای تیل بودند، در حالی که در بخش نزدیک پوست، تیل در حفره‌های آوندهای وجود نداشت (شکل ۵-ب، د). در نزدیک مغز، فیبرهای ژلاتینی دیده شدند که این نوع فیبرها در بخش نزدیک پوست وجود نداشتند (شکل ۵-ج). درصد سلول‌های پارانشیمی در بخش نزدیک مغز بیشتر از بخش نزدیک پوست بود. مهمترین

اختلاف آناتومی چوب بین دو بخش نزدیک مغز و پوست در ابعاد و ساختار اشعه چوبی دیده شد. اشعه چوبی در بخش نزدیک مغز، بلندتر و ناهمگن‌تر بود (یک تا سه ردیف سلول ایستاده در حاشیه اشعه)، در حالی که در بخش نزدیک پوست، اشعه پهن‌تر و عمدتاً همگن و تمام سلول‌ها از نوع خوابیده دیده شد (شکل ۶-الف، ب). پهنای اشعه در بخش نزدیک مغز به‌طور میانگین سه سلول و در بخش نزدیک پوست، پنج سلول بود (شکل ۷-الف، ب).

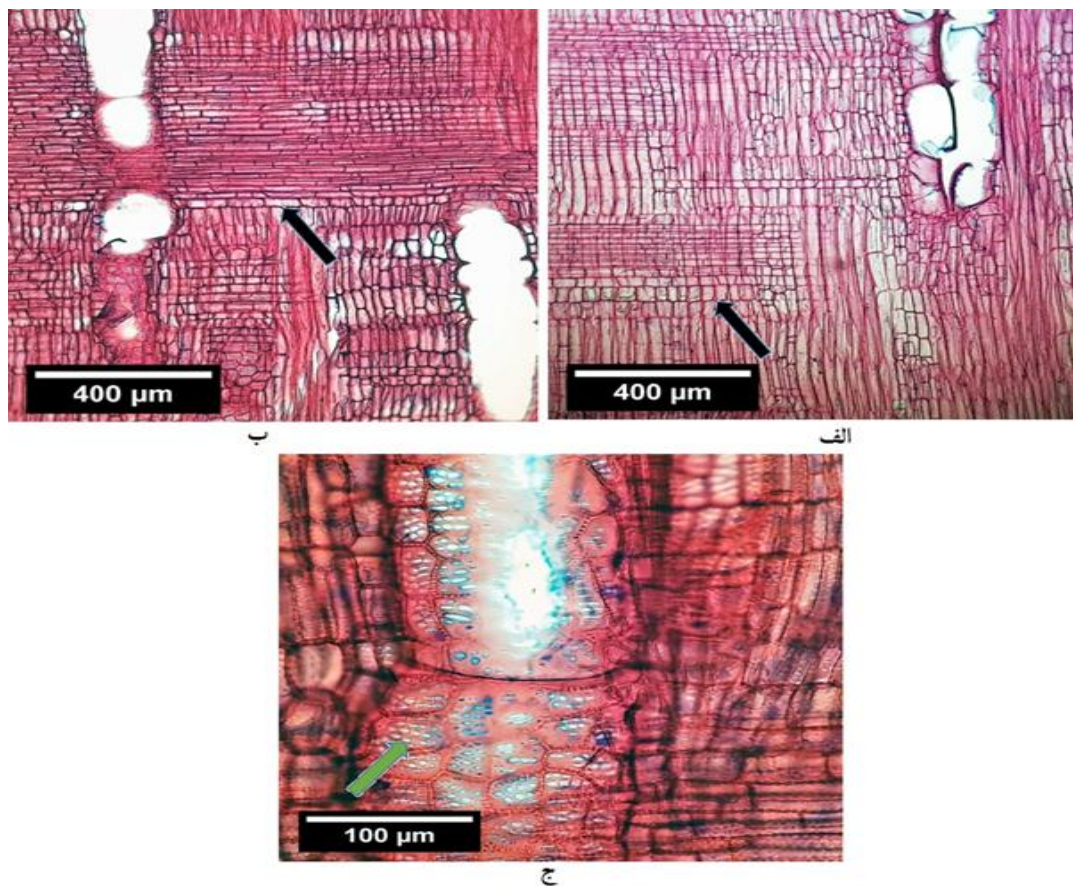
جدول ۱- ویژگی‌های چوب انجیر بر اساس فهرست انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های چوب جهان (IAWA)

| ویژگی | شماره ویژگی | شرح (نزدیک پوست؛ چوب بالغ) | شماره ویژگی | شرح (نزدیک مغز؛ جوان چوب) |
|---|-------------|---|-------------|---|
| حلقه رشد | ۱ | مرز حلقه‌های رویشی مشخص | ۱ | مرز حلقه‌های رویشی مشخص |
| تخلخل | ۵ | چوب پراکنده آوند | ۵ | چوب پراکنده آوند |
| دریچه آوندی | ۱۳ | دریچه آوندی ساده | ۱۳ | دریچه آوندی ساده |
| منافذ بین آوندی | ۲۲ | منافذ بین آوندی متناوب | ۲۲ | منافذ بین آوندی متناوب |
| | ۲۳ | شکل منافذ بین آوندی چند گوش | ۲۳ | شکل منافذ بین آوندی چند گوش |
| | ۲۵ | منافذ بین آوندی کوچک (۴ تا ۷ میکرون) | ۲۵ | منافذ بین آوندی کوچک (۴ تا ۷ میکرون) |
| منافذ بین آوند و اشعه | ۳۱ | منافذ بین آوند و اشعه با هاله تحلیل رفته و ساده: منافذ گرد یا زاویه‌دار | ۳۱ | منافذ بین آوند و اشعه با هاله تحلیل رفته و ساده: منافذ گرد یا زاویه‌دار |
| | ۳۲ | منافذ بین آوند و اشعه با هاله تحلیل رفته و ساده: منافذ افقی یا عمودی | ۳۲ | منافذ بین آوند و اشعه با هاله تحلیل رفته و ساده: منافذ افقی یا عمودی |
| میانگین قطر مماسی حفره‌های آوندی | ۴۱ | میانگین قطر مماسی آوندها ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومتر (میانگین = ۱۰۵ میکرون) | ۴۱ | میانگین قطر مماسی آوندها ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومتر (میانگین = ۷۰ میکرون) |
| تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع | ۴۷ | تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع: ۵ تا ۲۰ عدد | ۴۷ | تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع: ۵ تا ۲۰ عدد |
| میانگین طول آوند | ۵۲ | میانگین طول عناصر آوندی کوچک‌تر از ۳۵۰ میکرون | ۵۲ | میانگین طول عناصر آوندی کوچک‌تر از ۳۵۰ میکرون |
| رسوب تیل در آوند | - | - | - | تیل در آوندها |
| فیبرهای بافت زمینه | ۶۱ | فیبرها با منافذ ساده یا هاله‌ای بسیار کوچک | ۶۱ | فیبرها با منافذ ساده یا هاله‌ای بسیار کوچک |
| فیبرهای تقسیم‌شده و نوارهای فیبری شبیه پارانشیم | ۶۶ | فیبرهای تقسیم‌نشده حضور دارند | ۶۶ | فیبرهای تقسیم‌نشده حضور دارند |
| ضخامت دیواره فیبر | ۶۹ | فیبرها با دیواره نازک تا ضخیم | ۶۹ | فیبرها با دیواره بسیار نازک |

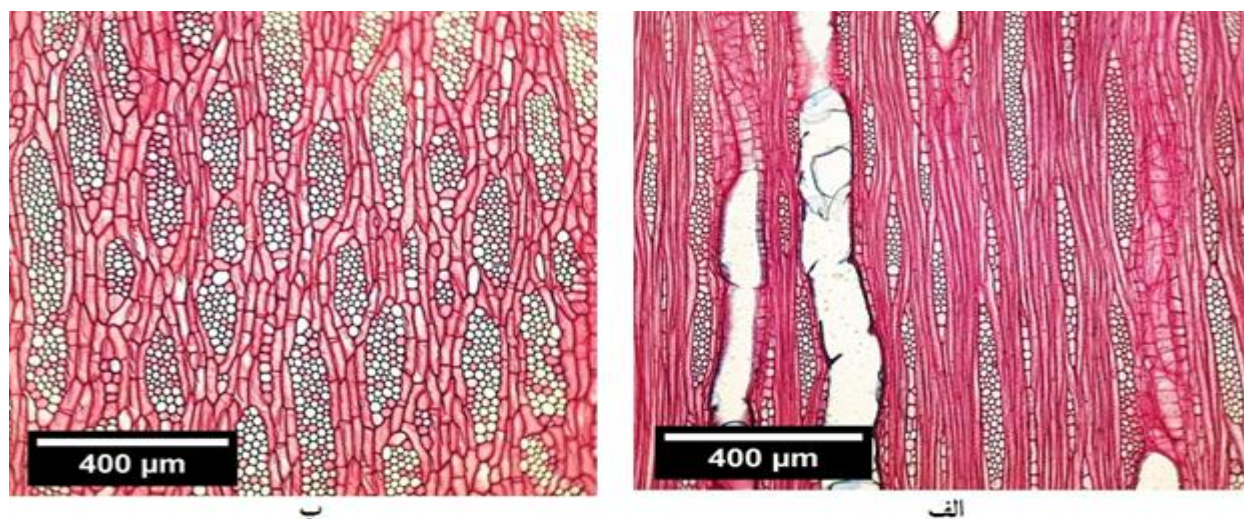
| ویژگی | شماره ویژگی | شرح (نزدیک پوست؛ چوب بالغ) | شماره ویژگی | شرح (نزدیک مغز؛ جوان چوب) |
|--|----------------|---|----------------|--|
| میانگین طول الیاف | ۷۲ | ۹۰۰-۱۶۰۰ میکرون | ۷۱ | کمتر از ۹۰۰ میکرون |
| پارانشیم محوری همراه آوند | ۷۹ | پارانشیم‌های محوری گرد آوندی | ۷۹ | پارانشیم‌های محوری گرد آوندی |
| پارانشیم نواری | ۸۵ | پهنای پارانشیم‌های نواری بیش از سه سلول | ۸۵ | پهنای پارانشیم‌های نواری بیش از سه سلول |
| | ۸۹ | پارانشیم‌های نواری حاشیه‌ای یا شبه‌نرده‌ای | ۸۹ | پارانشیم‌های نواری حاشیه‌ای یا شبه‌نرده‌ای |
| نوع سلول‌های پارانشیم‌های طولی / طول رشته پارانشیم | ۹۰ | پارانشیم محوری دوکی شکل | ۹۰ | پارانشیم محوری دوکی شکل |
| | ۹۲ | چهار (۳-۴) سلول در هر رشته پارانشیم | ۹۲ | چهار (۳-۴) سلول در هر رشته پارانشیم |
| پهنای اشعه | ۹۸ | اشعه‌های بزرگ‌تر بین ۴ تا ۱۰ سلول (۵ سلول) | ۹۷ | پهنای اشعه ۱ تا ۳ سلول |
| ترکیب سلولی پره چوبی | ۱۰۵ | تمام سلول‌های اشعه از نوع خوابیده (اشعه همگن) | - | - |
| | ۱۰۶ | سلول‌های بدنه اشعه خوابیده با یک ردیف سلول ایستاده در اطراف | ۱۰۷ | سلول‌های بدنه اشعه خوابیده با ۲-۴ ردیف سلول ایستاده در اطراف |
| تعداد اشعه چوبی در هر میلی‌متر | ۱۱۵ | تعداد اشعه در هر میلی‌متر ۴-۱۲ (۶ عدد) | ۱۱۵ | تعداد اشعه در هر میلی‌متر ۴-۱۲ (۵ عدد) |
| کریستال‌های منشوری | ۱۳۶ | بلور منشوری حضور دارد | ۱۳۶ | بلور منشوری حضور دارد |
| | ۱۳۷ | بلور منشوری در سلول‌های ایستاده/مربعی اشعه | ۱۳۷ | بلور منشوری در سلول‌های ایستاده/مربعی اشعه |
| | ۱۴۱ | بلور منشوری در سلول‌های غیر حجره‌ای پارانشیم طولی | ۱۴۱ | بلور منشوری در سلول‌های غیر حجره‌ای پارانشیم طولی |
| | ۱۴۲ | بلور منشوری در سلول‌های حجره‌ای پارانشیم طولی | ۱۴۲ | بلور منشوری در سلول‌های حجره‌ای پارانشیم طولی |



شکل ۵- سطح مقطع عرضی درخت اجیر نزدیک مغز (الف، ب و ج) و نزدیک پوست (د)، الف: آوندهای منفرد و گاهی دو و سه تایی در جهت شعاعی (مکان نما A)، ب: حضور تیل در حفرات آوندی چوب نزدیک مغز (مکان نما B)، کریستال منشوری در پاراننشیم طولی (مکان نما C)؛ ج: فیبر ژلاتینی (مکان نما D) و پهنای اشعه تا سه سلول در نزدیک مغز (مکان نما E)، د: پاراننشیم گرد آوندی (مکان نما F)، پاراننشیم نواری (مکان نما C) و پهنای اشعه تا پنج سلول (مکان نما G).



شکل ۶- سطح مقطع شعاعی چوب نزدیک مغز (الف) و چوب نزدیک پوست (ب، ج). الف: اشعه چوبی در نزدیک مغز بلند و ناهمگن با یک تا سه ردیف سلول ایستاده در حاشیه اشعه (مکان‌نما مشکی)، ب: اشعه چوبی همگن (تمام سلول اشعه مستطیل خوابیده) در نزدیک پوست (مکان‌نما مشکی)، ج: منافذ بین دو آوند از نوع متناوب (مکان‌نما سبز)



شکل ۷- سطح مقطع مماسی درخت انجیر، نزدیک مغز (الف) و نزدیک پوست (ب). پهنای اشعه در نزدیک پوست پهن‌تر (پنج سلول) از پهنای اشعه در نزدیک مغز (سه سلول)

بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد با دور شدن از مغز و نزدیک شدن به پوست درخت انجیر خواص بیومتری از قبیل طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی و ضخامت دیواره سلولی افزایش یافت. این بررسی با اندازه‌گیری انجام شده توسط Ramazani و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. دلیل این افزایش ابعاد الیاف از مغز به سمت پوست را می‌توان به این صورت بیان کرد که ابعاد الیاف به‌ویژه طول الیاف به افزایش سن کامبیوم درختان بستگی دارد و رابطه خطی بین طول الیاف و سن کامبیوم وجود دارد (Buijtenen, 1989; Zobel & Sprague, 1998; Mahdavi et al., 2006).

الیاف در محدوده چوب نزدیک به مغز از طول کمتر، قطر کلی، قطر حفره سلولی پایین‌تر و ضخامت دیواره سلولی نازک‌تر در مقایسه با چوب نزدیک به پوست برخوردار هستند. علت این روند در گونه‌های مختلف به دلیل فعالیت سلول‌های مادری کامبیوم (دوک‌های اولیه) در نواحی چوب جوان و چوب بالغ است؛ و با افزایش سن درخت سلول‌های مادری کامبیوم تکامل می‌یابند و ابعاد بزرگ‌تری پیدا می‌کنند، در نتیجه در محدوده پوست که شامل چوب بالغ می‌شود الیاف چوبی دارای ابعاد بلندتر، بزرگ‌تر و ضخیم‌تر خواهند بود (Adamopoulos & Marsoem et al., 2002; Voulgaridis, 2002).

بررسی اندازه‌گیری طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی الیاف و ضخامت دیواره سلولی در جهت طولی درخت نشان داد که با افزایش طول درخت از قطر برابر سینه به سمت تاج درخت یک روند کاهشی بوده است، این بررسی با تحقیق انجام شده توسط Kiaei و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. دلیل اصلی کاهش ابعاد الیاف در قسمت تاج درخت نسبت به قسمت پایین درخت وجود حجم چوب جوان در قسمت فوقانی درخت بوده است (Zobel & Sprague, 1998).

خواص فیزیکی چوب از قبیل دانسیته بحرانی، دانسیته خشک و هم‌کشیدگی‌ها در جهت عرضی درخت از مغز به

سمت پوست افزایش یافته است. دلیل این موضوع را می‌توان به وجود چوب جوان در قسمت مغز که از دانسیته کمتری و هم‌کشیدگی پایین‌تری برخوردار است، نسبت داد. ولی در نقطه مقابل، در محدوده پوست به دلیل وجود چوب بالغ که از خصوصیات چوب بالغ دانسیته بالا و هم‌کشیدگی زیاد آن است سبب افزایش دانسیته و هم‌کشیدگی محدود پوست نسبت به مغز می‌گردد. مقدار هم‌کشیدگی طولی در قسمت مغز بیشتر از هم‌کشیدگی طولی در نزدیک پوست مشاهده شده است، دلیل بیشتر بودن هم‌کشیدگی طولی در قسمت مغز نسبت به نزدیک پوست به دلیل زیاد بودن زاویه میکروفیبریل چوب جوان نسبت به محور اصلی درخت است (Haygreen & Bowyer, 1982). همچنین خواص فیزیکی در طول درخت از قطر برابر سینه به سمت تاج درخت یک روند نزولی دارد که دلیل این امر را می‌توان به حجم قالب چوب جوان در قسمت تاج درخت نسبت داد (Efhami & Saraeyan, 2009).

بررسی خواص آناتومی از سه سطح چوب درخت انجیر بیانگر این است که درخت انجیر جزء پهن‌برگان پراکنده آوند (تفاوتی بین قطر حفره سلولی آوند چوب بهاره و تابستانه وجود ندارد)، پارانشیم‌های محوری از نوع گرد آوندی و نواری، اشعه چوبی ناهمگن و همگن، منافذ بین آوندها از نوع متناوب، دریچه آوندی ساده و بلورهای منشوری در این چوب رؤیت شد.

سپاسگزاری

انجام این طرح از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه فنی و حرفه‌ای تأمین شده است. نویسندگان از جناب آقای دکتر داود افهامی و دکتر رضا اولادی (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)، مهندس هادی قاسمی (رئیس دانشکده فنی شماره ۲ ساری) و دکتر محمد نجفیان (مدیر گروه صنایع چوب) که کمک شایان ذکری کرده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

Wood and Paper Industries, 6(2): 239-249.

- 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).
- Marsoem, S.N., Haryanti, E. and Lukmandaru, G., 2002. Radial and axial variation in the fibre dimensions and cell proportion of Auri (*Acacia auriculiformis*) wood grown in the community forest. The fifth Pacific Regional Wood Anatomy Conference, Hosted by Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia Sep 9-14.
- Nosrati, B., Hagh Panah, M., Masoudifar M. and Dorostkar, A., 2015. Comparing the microscopic properties of wood near the pith and bark of *Dalbergia sissoo* in Shosh Danial. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 30(3): 351-361. (In Persian).
- Parsa-pajouh, D. and Schweingruber, F.H., 2001. Atlas of the woods of north of Iran. Tehran University Publications, 136p.
- Ramazani, S., Talaeipour, M., Aliabadi, M., Tabeii, A. and Bazayr, B., 2013. Investigation of the anatomical, biometry and chemical characteristics of juvenile and mature poplar (*Populus alba*) wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28(1): 182-193. (In Persian).
- Wheeler, E.A., Baas, P. and Gasson, P.E., 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Journal, 10:219-332.
- Yaman, B., 2014. Anatomical differences between the stem and branch wood of *Ficus carica* L. subsp. *carica*. Modern Phytomorphology, 6: 79-83.
- Zobel, B. and Van Buijtenen, B., 1989. Wood Variation: Its Causes and Control. Springer Verlag, New York. p 363.
- Zobel, B. and Sprague, J., 1998. Juvenile wood in trees. Springer-Verlag, New York, p 300.

منابع مورد استفاده

- Aghajani, H., Bahmani, M., Raeisi Gahrouei, M., Efhamisizi, D. and Kool, F., 2009. Anatomical, biometrical, physical and chemical properties of wild service (*Sorbus torminalis* L.) wood (case study: Sangdeh forests of Mazandaran). Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 9(4): 597-608.
- Adamopoulos, S. and Voulgaridis, E., 2002. Within tree variation in growth rate and cell dimensions in the wood of Black locust (*Robinia pseudoacacia*), IAWA, 23:191-199.
- Condit, I.J., 1947. The Chronica Botanica Company, Waltham, 1947, p. 220.
- Debell, S., Dean Singleton Ryan, A., Harrington Constance., Gartner, L., 2002. Wood density and fiber length in young *Populus* stems: relation to clon, age, growth rate, and pruning. Wood and Fiber Science, 34(4): 529-539.
- 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. (In Persian).
- Fathi, L., Bahmani, M., Saadatnia, M. A. and Poursartip, L., 2017. An investigation on anatomical and mechanical properties of vascular bundles in Date palm (Case study: Ahvaz countryside). Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 8(1): 109-118.
- Franklin, G. L., 1954. A rapid method for softening wood for microtome sectioning. Tropical woods, 88:35-36.
- Haygreen, J.G. and Bowyer, J.L., 1982. Forest products and wood science-an introduction. The Iowa State University Press/AMGS, Ames
- Kiaei, M., Bakhshi, R. and Ahangar, M, 2015. Physical and biometric properties of *Evonymus latifolia* wood (Case Study:: Chamestan--Nour). Iranian Journal of

Anatomical, physical and biometric properties of *Ficus carica* wood in longitudinal and transverse direction of tree stem

A. Hassanpoor Tichi^{1*} and M. Rezanezhad Divkolae²

1*-Corresponding Author, Assistant Prof, Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran, email: hasanpoortichi@gmail.com

2- B.Sc, Student, Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran

Received: July, 2018

Accepted: Aug., 2019

Abstract

In this study, biometrics, physical and microscopic properties of *Ficus carica* wood were investigated. Three healthy *Ficus carica* trees in Mazandaran province were selected and felled. Three discs of 5 cm thickness were prepared along the tree (breast height, 1.9 m height and near the crown). In the transverse direction, 2 × 2 × 2 cm test specimens were sequentially taken from the pith to the bark and examined for physical and biometric properties of the fibers. Then the biometric properties of fibers including fiber length, fiber lumen diameter, fiber diameter and cell wall thickness were measured. Physical properties including basic density, oven dry density, longitudinal shrinkage, radial shrinkage and tangential shrinkage were calculated. Microscopic sections of three surfaces (transverse, tangential and radial) of *Ficus carica* tree was prepared and the anatomical characteristics of the wood was determined and indexed by IAWA. Anatomical studies near the pith and bark of this wood revealed differences. The most important of these differences are the presence of Tyloses in the vessel lumen near the pith and the absence of this in the near bark, homogeneous rays near the bark and heterogeneous rays in the near pith. The mean tangential vessel diameter near the bark (105 μm) was larger than near pith (70 μm) and wood rays were wider near the bark than near the pith. *Ficus carica* tree was determined to be diffuse porous hardwood species, distinct growth ring, axial parenchyma vasicentric and banded, simple perforation plates. Inter-vessel pits alternate and containing prismatic crystals in parenchyma. The results showed that there were significant differences in both the transverse and longitudinal directions of *Ficus carica* tree in terms of fiber length, fiber lumen diameter, fiber diameter and cell wall thickness. As the biometric properties of the fibers increased from pith to bark, the mean length, fiber diameter, fiber lumen diameter and cell wall thickness were measured as 1.05 mm, 30.47 μm and 23.6 μm and 5.42 μm, respectively. The results showed that radial shrinkage, tangential shrinkage, basic density, oven dry density of the pith towards the tree bark had an upward trend and downward from the bottom of the tree towards the crown.

Key words: *Ficus carica*, basic density, diffuse porous.