

## تغییرات خواص بیومتری، فیزیکی و آناتومی جوان چوب و چوب بالغ درخت توس (*Morus alba*) در جهت طولی و عرضی ساقه درخت

### چکیده

در این تحقیق ویژگی بیومتری الیاف، خواص فیزیکی و میکروسکوپی چوب توت مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین به صورت تصادفی، سه اصله درخت سالم توت واقع در شهرستان بابل (استان مازندران) انتخاب و قطع شد. سه دیسک به ضخامت ۵ سانتی متر در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع ۳ متر و ارتفاع ۴/۵ متر تهیه و در جهت عرضی نمونه‌های آزمونی ۲×۲cm به طول ۳ cm از مغز به سمت پوست به صورت متوالی بریده و مورد بررسی 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 و دانسیته خشک محاسبه شدند. همچنین مقاطع میکروسکوپی چوب نزدیک به مغز و پوست با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد مطالعه دقیق مطابق با لیست آناتومیست‌های جهان (IAWA) قرار گرفت. بررسی آناتومی در چوب نزدیک مغز و پوست گونه توت بیانگر تفاوت‌هایی هست. گروه‌بندی آوندها و نحوه استقرار آن در نزدیک مغز، بیشتر چندتایی در راستای شعاعی و در نزدیک پوست، بیشتر از نوع خوشه‌ای دیده شدند. اشعه‌چوبی در محدوده مغز، ناهمگن تر بوده در حالی که در نزدیک پوست، بسیاری از اشعه‌ها همگن می‌باشند. میانگین قطر مماسی حفرات آوندی در نزدیک پوست، بزرگ‌تر (۲۳۷ میکرون) از چوب نزدیک مغز (۱۴۴ میکرون) و همچنین از لحاظ تخلخل در این چوب تفاوت‌هایی مشاهده شده است که در نزدیک پوست به صورت بخش روزه‌ای و در نزدیک مغز به صورت نیمه بخش روزه‌ای بوده است. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که دانسیته خشک و بحرانی از مغز به سمت پوست درخت روند صعودی و از پایین درخت به سمت تاج درخت روند نزولی داشته است؛ و نتایج بیومتری الیاف طول، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بطوریکه 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 ۱/۵۱ میلی‌متر، ۲۷/۲۵ میکرون، ۱۸/۷۴ میکرون و ۸/۵ میکرون اندازه‌گیری شد.

واژگان کلیدی: توت، بحرانی، بخش روزه‌ای، خوشه‌ای.

علی حسن پور تیچی<sup>۱\*</sup>  
مجتبی رضائزاد دیوکلائی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران

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

مسئول مکاتبات:

[hasanpoortichi@gmail.com](mailto:hasanpoortichi@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶

## مقدمه

کاربرد درست مصرف چوب ارتباط غیرقابل انکاری با شناخت آن دارد. بنابراین خواص کاربردی چوب به عنوان ماده اولیه کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ وابستگی نزدیکی به ساختار سلولی و آناتومی آن دارد. نظر به اینکه ساختار سلولی گونه‌های چوبی از شاخص‌های اساسی انواع کاربرد در صنایع مختلف چوب و کاغذ است، از این رو مطالعه خواص آناتومی، بیومتری و فیزیکی یک امر بدیهی است. در حال حاضر، به دلیل افزایش شدید جمعیت و نیاز به مصنوعات چوبی و از سوی دیگر، بحث طرح تنفس جنگل‌های شمال کشور، مجاب می‌کند که بررسی روی درختان میوه و باغی صورت گیرد. درخت توت بومی کشور چین و در نقاط استپ و شمال ایران کشت می‌شود و حتی به‌طور خودرو در جنگل‌های شمال ایران پراکنده شده است. توت درختی است که ارتفاع آن به ۱۵ متر و قطرش به یک متر می‌رسد دارای تنه راست و قائم و پوستی شیاردار هست. رنگ پوست خاکستری مایل به زرد است. برگ آن به شکل‌های مختلف، صاف و لوب دار یا دندانه‌دار، باقاعده نیم قلبی و انتهای تیز است. میوه توت استوانه‌ای یا بیضی‌شکل کشیده است. درخت توت بانام علمی *Morus alba* از خانواده *Moraceae* است.

Karami و همکاران (۲۰۱۰)، ویژگی‌های آناتومی دو گونه *morus alba* و *morus nigra* را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد این دو گونه از لحاظ ساختار میکروسکوپی باهم تفاوت داشت؛ که مهم‌ترین آن در گونه *morus alba* تخلخل به‌صورت نیمه بخش روزنه‌ای ولی در گونه *nigra* به‌صورت بخش روزنه‌ای هست. همچنین در گونه *nigra* پارانشیم به‌صورت بالدار ناپیوسته رؤیت شد. در هر دو گونه آوندها چسبیده به هم در جهت شعاعی و دارای مرز حلقه رویش مشخص، درجه آوندی ساده و منافذ بین دیواره‌های آوند متناوب مشاهده شد [۱]. Parsa pajouh و Schweingruber (۲۰۰۱)، به بررسی خواص آناتومی چوب توت سفید پرداخته‌اند. آنان دریافتند که این گونه، دارای چوب ناهمگن، بخش روزنه‌ای و درون چوب مشخص است. پارانشیم طولی عموماً کم، همراه آوندی و در پایان فصل رویش دیده می‌شود که در این حالت حد دواير سالیانه را مشخص می‌سازد. پهنای

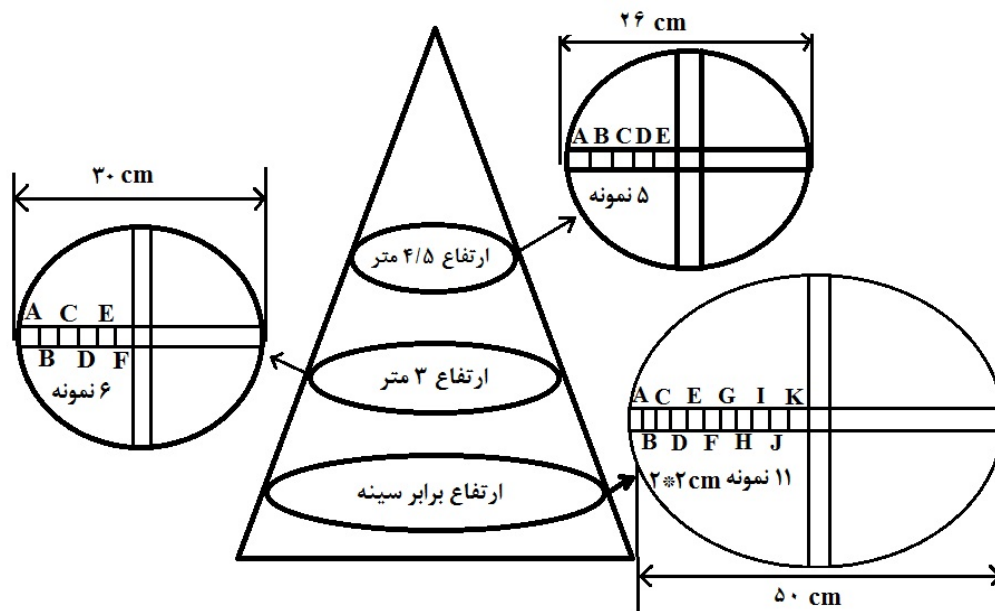
اشعه چوبی در مقطع مماسی از ۴ تا ۹ ردیف سلول تشکیل می‌شود. اشعه چوبی در سطح شعاعی معمولاً همگن، گاهی ناهمگن و دارای محتوای بلور است [۲]. Hassanpoortichi و Rezanezhad (۲۰۱۹)، ویژگی آناتومی، فیزیکی و بیومتری چوب نزدیک به مغز و پوست درخت انجیر در سه ارتفاع مورد بررسی قرار دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که طول الیاف، قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی از مغز به سمت پوست روند صعودی و از پایین درخت به سمت تاج روند نزولی دارد. در مورد خواص فیزیکی به‌غیر از هم کشیدگی طولی سایر خواص (دانسیته خشک، دانسیته بحرانی، هم کشیدگی مماسی و شعاعی) از مغز به سمت پوست افزایش یافت. همچنین از لحاظ آناتومی در چوب نزدیک مغز و پوست تفاوت‌های وجود داشت که مهم‌ترین آن در ابعاد و ساختار اشعه چوبی دیده شد [۳]. Efhamisisi و Saraeyan (۲۰۰۹)، بر اساس مقایسه و ارزیابی خواص آناتومیکی و فیزیکی جوان‌چوب و بالغ چوب دو گونه *Populus euramericana* و *Populus alba* بیان نمود که بین دانسیته چوب جوان و بالغ هر دو گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید و الگوی تغییرات هم کشیدگی نیز در گونه‌های مورد مطالعه از مغز به سمت پوست روند کاهشی داشته است [۴]. بنابراین، هدف از این تحقیق تعیین و گزارش تغییرات خصوصیات آناتومی، فیزیکی و بیومتری چوب درخت توت در جهت‌های طولی و عرضی و همچنین بررسی مرفولوژی الیاف و دانسیته چوب به‌منظور کاربرد این گونه در صنایع چوبی (تخته لایه و سلولزی) است.

## مواد و روش‌ها

درختان توت از منطقه بابل واقع در استان مازندران انتخاب و قطع گردید. ارتفاع درخت توت ۶ متر، ۳۰ ساله و قطر برابر سینه ۵۰ سانتی‌متر بود. سپس از ارتفاع برابر سینه، ارتفاع ۳ متر و ارتفاع ۴/۵ متر دیسکی به ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه گردید. میانگین پهنای حلقه سالیانه در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع ۳ متر و ارتفاع ۴/۵ متر به ترتیب برابر با ۱۱/۵۲ میلی‌متر، ۷/۷۶ میلی‌متر و ۶/۲۲ میلی‌متر بود. در مرحله بعدی بر روی هر دیسک به‌صورت

فیزیکی به آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشکده فنی شهید هاشمی نژاد ساری منتقل شدند.

متوالی نمونه‌های  $2 \times 2$  سانتی‌متر به طول ۳ سانتی‌متر از مغز به سمت پوست بریده و کدگذاری روی آن صورت گرفت (شکل ۱)؛ و بعد برای انجام آزمایش بیومتری و



شکل ۱- الگوهای برش و تعداد نمونه آزمونی در سه ارتفاع درخت

آب به ترتیب با الکل‌های ۵۰٪، ۷۵٪ و ۹۶٪ شستشو داده شدند. پس از آن برای الکل زدایی، نمونه‌ها در محلول گزلیل قرار گرفتند، در مرحله آخر با استفاده از چسب کانادا بالزام، مقطع میکروسکوپی را بین لام و لامل قرار داده و برای بررسی آناتومی نمونه‌ها نزدیک مغز و پوست از میکروسکوپ نوری مجهز به چشمی مدرج استفاده شد [۲].

### آماده‌سازی و اندازه‌گیری ویژگی‌های بیومتری

#### الیاف

جهت جداسازی الیاف از روش فرانکلین استفاده گردید [۶]. برای اندازه‌گیری خصوصیات بیومتری الیاف از نمونه‌های تهیه‌شده در سه ارتفاع درخت، تراشه‌های چوب‌کبریتی با ابعاد  $15 \times 10$  میلی‌متر در جهت مماسی با ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه گردید. تراشه‌ها را در داخل لوله‌آزمایش قرار داده و کد موردنظر نمونه روی لوله‌آزمایش برچسب زده شد. سپس محلول اسید استیک و آب‌اکسیژنه به نسبت یک‌به‌یک توسط پیپت مدرج به‌اندازه دو برابر طول تراشه روی نمونه‌ها ریخته شد. در مرحله بعدی

### تهیه مقاطع میکروسکوپی از چوب

نمونه‌های  $2 \times 2$  سانتی‌متر به طول ۳ سانتی‌متر برای بررسی دقیق خواص آناتومی چوب نزدیک مغز و نزدیک پوست درخت توت مطابق با فهرست آناتومیست‌های جهان (IAWA) تهیه شد [۵]. برای نرم شدن بافت چوب، نمونه‌ها از پیش برش داده‌شده را به مدت ۱۰ روز در محلول آب گرم و گلیسرین به نسبت یک‌به‌یک غوطه‌ور شدند. سپس توسط میکروتوم از جهات مشخص سه‌گانه (عرضی، مماسی و شعاعی) برش‌های نازک میکروسکوپی تهیه گردید؛ و بعد به‌منظور باز کردن چین‌خوردگی لایه‌ها، داخل آب گرم قرار گرفتند. مقطع میکروسکوپی به‌دست‌آمده برای خروج محتویات درون‌سلولی به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه در آب‌ژاول قرار گرفتند. سپس برای از بین رفتن بوی آب‌ژاول، مقطع میکروسکوپی با آب مقطر شستشو داده‌شده است. در مرحله بعدی مقطع میکروسکوپی با محلول رنگ‌آمیزی دوگانه با سافرانین/آسترابلو نیم درصد به مدت ۳ تا ۵ دقیقه رنگ‌آمیزی شدند. سپس برای آب‌زدایی و جایگزین کردن الکل به‌جای

## نتایج و بحث

### خواص آناتومی و ماکروسکوپی

مهم‌ترین خواص آناتومی چوب نزدیک پوست و نزدیک مغز گونه توت مطابق با فهرست ویژگی‌های میکروسکوپی انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های جهان (IAWA) تنظیم شد (جدول ۱ و ۲). همان‌طور که در جدول ۱ و ۲ مشاهده می‌شود ویژگی‌های اساسی آناتومی چوب بین نمونه‌های نزدیک پوست (چوب بالغ) و نزدیک مغز (جوان‌چوب) مشترک بود. باین‌حال، اختلاف‌هایی نیز بین چوب این دو ناحیه وجود داشت که در جدول ۱ و ۲ بارنگ زرد نشان داده شد. در بخش نزدیک مغز، حضور تیل در آوندها بیشتر از بخش نزدیک پوست بود، به‌نحوی که حتی در آوندهای ریز چوب پایان نیز تیل دیده می‌شد (شکل ۲-ب). گروه‌بندی (Vessel grouping) و نحوه استقرار (Vessel arrangements) آوندها در دو بخش نیز اختلافاتی مشاهده گردید. گروه‌بندی آوندها در نزدیک مغز بیشتر، چندتایی در راستای شعاعی بود (شکل ۲-ب)، درحالی‌که در نزدیک پوست، بیشتر از نوع خوشه‌ای دیده شدند (شکل ۲-الف). دو بخش نزدیک مغز و پوست در ابعاد و ساختار اشعه چوبی نیز دارای تفاوت‌هایی بودند. اشعه‌چوبی در بخش نزدیک مغز، ناهمگن‌تر (مستطیل شکل ایستاده در حاشیه (شکل ۳-ب) درحالی‌که در بخش نزدیک پوست، بسیاری از اشعه‌ها همگن بوده و اشعه‌های ناهمگن نیز معمولاً تنها یک ردیف سلول مربعی در اطراف داشتند (شکل ۳-ب). در نزدیک مغز، اشعه‌های تک یا دو ردیفه نیز به‌وفور دیده می‌شدند که در بخش نزدیک پوست نبودند (شکل ۴-ب). همچنین اشعه در نزدیک پوست پهن‌تر از اشعه‌های چوب در بخش نزدیک مغز بود (شکل ۴). اندازه آوندها در بافت چوبی نزدیک پوست درشت‌تر از نزدیک مغز بود. از نظر ماکروسکوپی نیز چوب نزدیک پوست، روشن‌تر از چوب نزدیک مغز بود؛ احتمالاً به این دلیل که فرآیند چوب درونی شدن هنوز در بخش نزدیک پوست آغاز نشده بود (شکل ۵).

لوله‌های آزمایش به مدت ۴۸ ساعت در یک آن با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از سفید شدن نمونه‌های چوبی داخل لوله‌آزمایش، با آب مقطر به‌دفعات ۵ تا ۶ بار شستشو، وابری و با استفاده از سافرانین رنگ‌آمیزی شده است. الیاف چوب پس از جداسازی بر روی لام تثبیت‌شده و از هر لام حداقل ۳۰ فیبر به‌صورت 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).

### اندازه‌گیری خواص فیزیکی

خواص فیزیکی چوب درخت توت شامل دانسیته بحرانی و دانسیته خشک مطابق با استاندارد ISO-13061-2 روی نمونه‌هایی به ابعاد (مماسی) ×۲ ×۲ ×۳ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد [۷]. برای اندازه‌گیری روند تغییرات دانسیته از روش نمونه‌گیری صلیبی استفاده شد. محورهای ارتوتروپیک و محور هندسی در نمونه‌ها کاملاً بر هم منطبق بوده و برای اندازه‌گیری دانسیته چوب، در مرحله اول نمونه‌ها پس از کدگذاری به مدت یک هفته داخل آب غوطه‌ور بودند تا نمونه‌ها کاملاً از آب اشباع شوند، سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن نمونه‌ها و ابعاد آن‌ها نیز در سه جهت طولی، مماسی و شعاعی با کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها سپس در داخل آن با درجه حرارت  $2 \pm 10.3$  درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند و پس از آن، وزن و ابعاد ثانویه آن‌ها اندازه‌گیری شد. دانسیته بحرانی از تقسیم وزن خشک به حجم اشباع و دانسیته خشک از تقسیم وزن خشک به حجم خشک محاسبه شد.

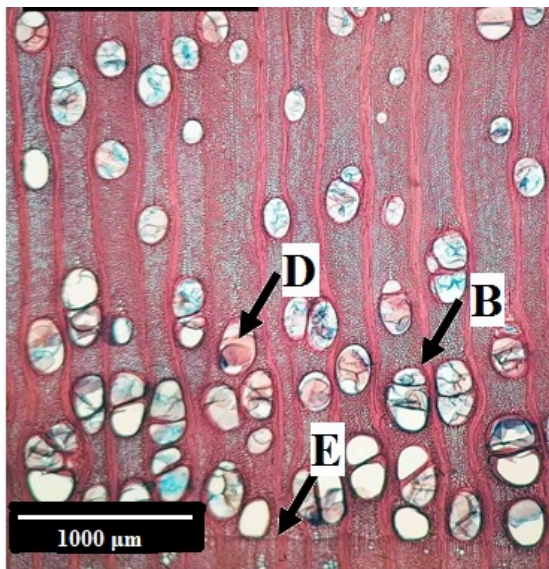
جدول ۱- ویژگی‌های آناتومی و شماره ویژگی چوب بالغ (نزدیک پوست) توت بر اساس لیست انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های چوب جهان (IAWA)

حلقه رشد	میانگین طول آوند
۱- مرز حلقه‌های رویشی مشخص	۵۲- میانگین طول عناصر آوندی کوچک‌تر از ۳۵۰ میکرون
تخلخل	فیبرهای بافت زمینه
۳- چوب بخش روزنه‌ای	۶۱- فیبرها با منافذ ساده یا هاله‌ای بسیار کوچک
چیدمان آوند	فیبرهای تقسیم‌شده و نوارهای فیبری شبیه پارانشیم
۶- آوندهای چوب‌پایان در ردیف‌های مماسی	۶۶- فیبرهای تقسیم‌نشده حضور دارند
۷- آوندهای چوب‌پایان در ردیف‌های مورب	ضخامت دیواره فیبر
گروه‌بندی آوندها	۶۹- فیبرها با دیواره نازک تا ضخیم
۱۱- خوشه‌ای	پارانشیم محوری همراه آوند
دریچه آوندی	۷۹- پارانشیم‌های محوری گرد آوندی
۱۳- دریچه آوندی ساده	نوع سلول‌های پارانشیم‌های طولی / طول رشته پارانشیم
منافذ بین آوندی = چیدمان و اندازه	۹۰- پارانشیم محوری دوکی شکل
۲۲- منافذ بین آوندی متناوب	۹۲- چهار (۳-۴) سلول در هر رشته پارانشیم
۲۳- شکل منافذ بین آوندی چند گوش	۹۳- هشت (۵-۸) سلول در هر رشته پارانشیم
۲۶- منافذ بین آوندی متوسط (۷ تا ۱۰ میکرون)	پهنای اشعه
منافذ بین آوند و اشعه چوبی	۹۸- اشعه‌های بزرگ‌تر بین ۴ تا ۱۰ سلول (میانگین: ۸ سلول)
۳۱- منافذ بین آوند و اشعه با هاله تحلیل رفته و ساده: منافذ گرد یا زاویه‌دار	ترکیب سلولی پره چوبی
ضخامت مارپیچی	۱۰۵- تمام سلول‌های اشعه از نوع خوابیده (اشعه همگن)
۳۹- ضخامت مارپیچی ظریف تنها در آوندهای چوب‌پایان	۱۰۶- سلول‌های بدنه اشعه خوابیده با یک ردیف سلول مربعی / ایستاده در اطراف
میانگین قطر مماسی حفرات آوندی	سلول‌های پوششی اشعه
۴۳- میانگین قطر مماسی آوندها بزرگ‌تر از ۲۰۰ میکرومتر (میانگین = ۲۳۷ میکرون)	۱۱۰- سلول‌های پوششی اشعه
رسوب تیل در آوند	تعداد اشعه چوبی در هر میلی‌متر
۵۶- رسوب تیل در آوند	۱۱۵- تعداد اشعه در هر میلی‌متر ۴-۱۲ (میانگین = ۴/۳ عدد)
تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع	کریستال‌های منشوری
۴۷- تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع: ۵ تا ۲۰ عدد	۱۳۶- بلور منشوری حضور دارد
گروه‌بندی آوندها	۱۳۷- بلور منشوری در سلول‌های ایستاده/مربعی اشعه

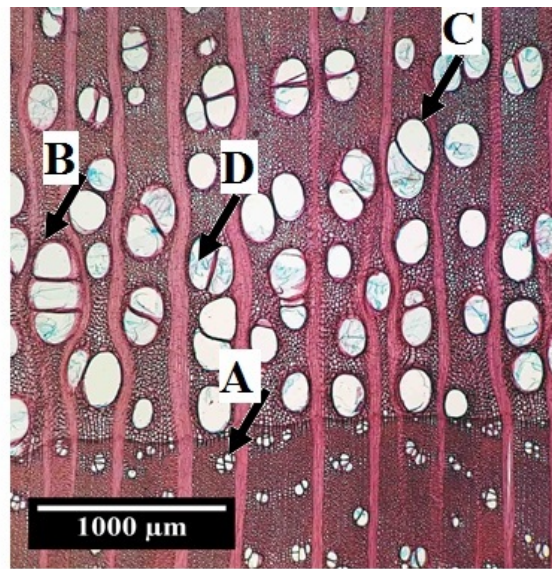
جدول ۲- ویژگی‌های آناتومی و شماره ویژگی جوان چوب (نزدیک مغز) توت بر اساس لیست انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های چوب جهان (IAWA)

حلقه رشد	میانگین طول آوند
۱- مرز حلقه‌های رویشی مشخص	۵۲- میانگین طول عناصر آوندی کوچک‌تر از ۳۵۰ میکرون
تخلخل	فیبرهای بافت زمینه
۴- چوب نیمه بخش روزنه‌ای	۶۱- فیبرها با منافذ ساده یا هاله‌ای بسیار کوچک
چیدمان آوند	فیبرهای تقسیم‌شده و نوارهای فیبری شبیه پارانشیم
۶- آوندهای چوب‌پایان در ردیف‌های مماسی	۶۶- فیبرهای تقسیم‌نشده حضور دارند
۷- آوندهای چوب‌پایان در ردیف‌های مورب	ضخامت دیواره فیبر
گروه‌بندی آوندها	۶۹- فیبرها با دیواره نازک تا ضخیم

پارانشیم محوری همراه آوند	۱۰- چندتایی در جهت شعاعی
۷۹- پارانشیم‌های محوری گرد آوندی	دریچه آوندی
نوع سلول‌های پارانشیم‌های طولی / طول رشته پارانشیم	۱۳- دریچه آوندی ساده
۹۰- پارانشیم محوری دوکی شکل	منافذ بین آوندی = چیدمان و اندازه
۹۲- چهار (۳-۴) سلول در هر رشته پارانشیم	۲۲- منافذ بین آوندی متناوب
-	۲۳- شکل منافذ بین آوندی چند گوش
پهنای اشعه	۲۶- منافذ بین آوندی متوسط (۷ تا ۱۰ میکرون)
۹۸- اشعه‌های بزرگ‌تر بین ۴ تا ۱۰ سلول (میانگین: ۶ سلول)	منافذ بین آوند و اشعه چوبی
ترکیب سلولی پره چوبی	۳۱- منافذ بین آوند و اشعه با هاله تحلیل رفته و ساده: منافذ گرد یا زاویه‌دار
-	ضخامت مارپیچی
۱۰۷- سلول‌های بدنه اشعه خوابیده با ۲-۴ ردیف سلول مربعی / ایستاده در اطراف	۳۹- ضخامت مارپیچی ظریف تنها در آوندهای چوب پایان
سلول‌های پوششی اشعه	میانگین قطر مماسی حفرات آوندی
۱۱۰- سلول‌های پوششی اشعه	۴۲- میانگین قطر مماسی آوندها ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومتر (میانگین = ۱۴۴ میکرون)
تعداد اشعه چوبی در هر میلی‌متر	رسوب تیل در آوند
۱۱۵- تعداد اشعه در هر میلی‌متر ۴-۱۲ (میانگین = ۵/۷ عدد)	۵۶- رسوب تیل در آوند
کریستال‌های منشوری	تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع
۱۳۶- بلور منشوری حضور دارد	۴۷- تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع: ۵ تا ۲۰ عدد
۱۳۷- بلور منشوری در سلول‌های ایستاده/مربعی اشعه	

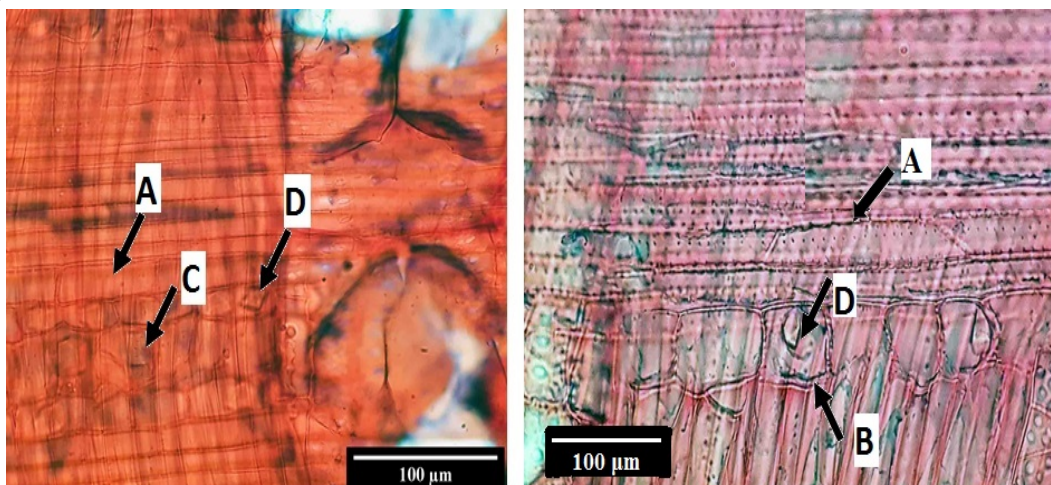


ب



الف

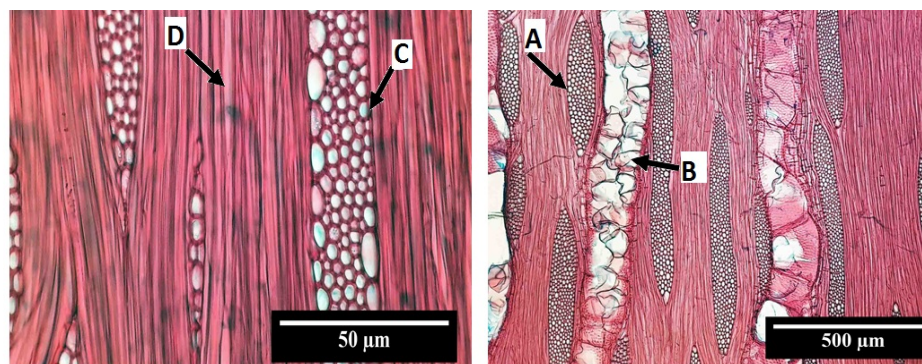
شکل ۲- سطح مقطع عرضی گونه توت، نزدیک پوست (الف) و نزدیک مغز (ب). گروه‌بندی آوند به صورت خوشه‌ای (مکان نما A)، چیدمان آوند به صورت مورب (مکان نما C)، به صورت شعاعی (مکان نما B)، حضور تیل در حفرات آوندی (مکان نما D)، حلقه رویش مشخص (مکان نما E).



ب

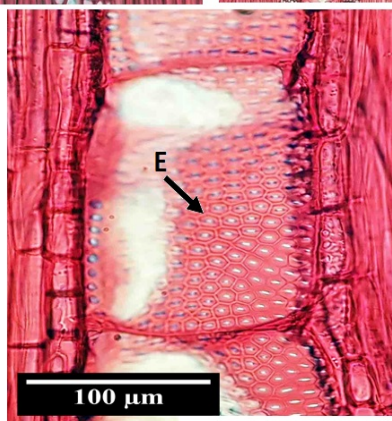
الف

شکل ۳- سطح مقطع شعاعی، نزدیک پوست (الف) و نزدیک مغز (ب). سلول اشعه مستطیل شکل خوابیده (مکان نما A)، کم بیش مربعی شکل (مکان نما B)، مستطیل شکل ایستاده (مکان نما C)، کریستال منشوری در داخل سلول اشعه (مکان نما D).



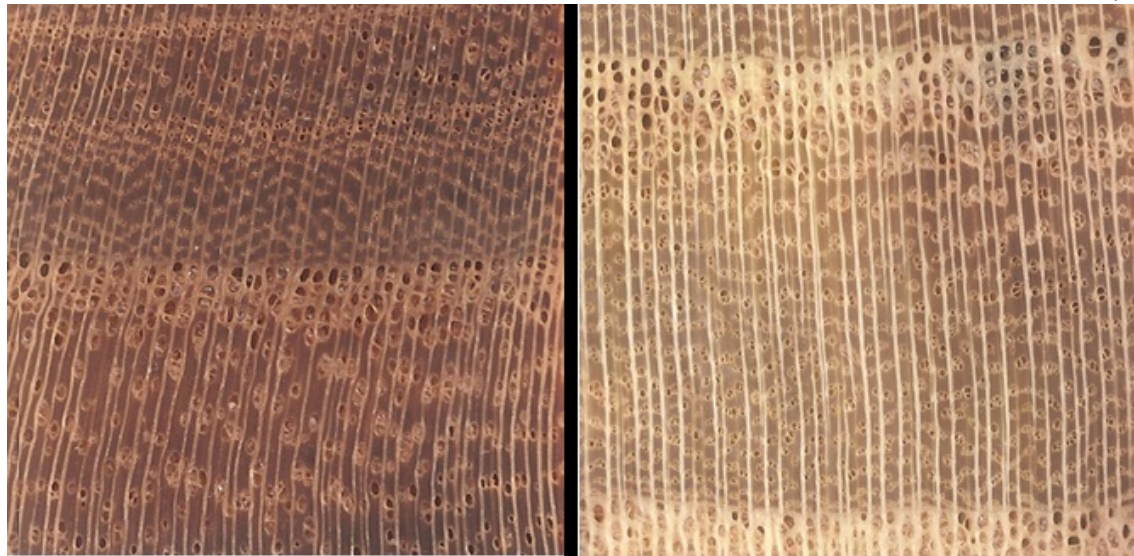
ب

الف



ج

شکل ۴- سطح مقطع مماسی نزدیک پوست (الف) و نزدیک مغز (ب، ج). اشعه چوبی ۸ سلولی در نزدیک پوست (مکان نما A)، اشعه چوبی ۶ سلولی در نزدیک مغز (مکان نما C)، حضور تیل در حفره سلولی آوند (مکان نما B)، فیبر تقسیم نشده (مکان نما D)، منافذ متناوب بین آوندها (مکان نما E).



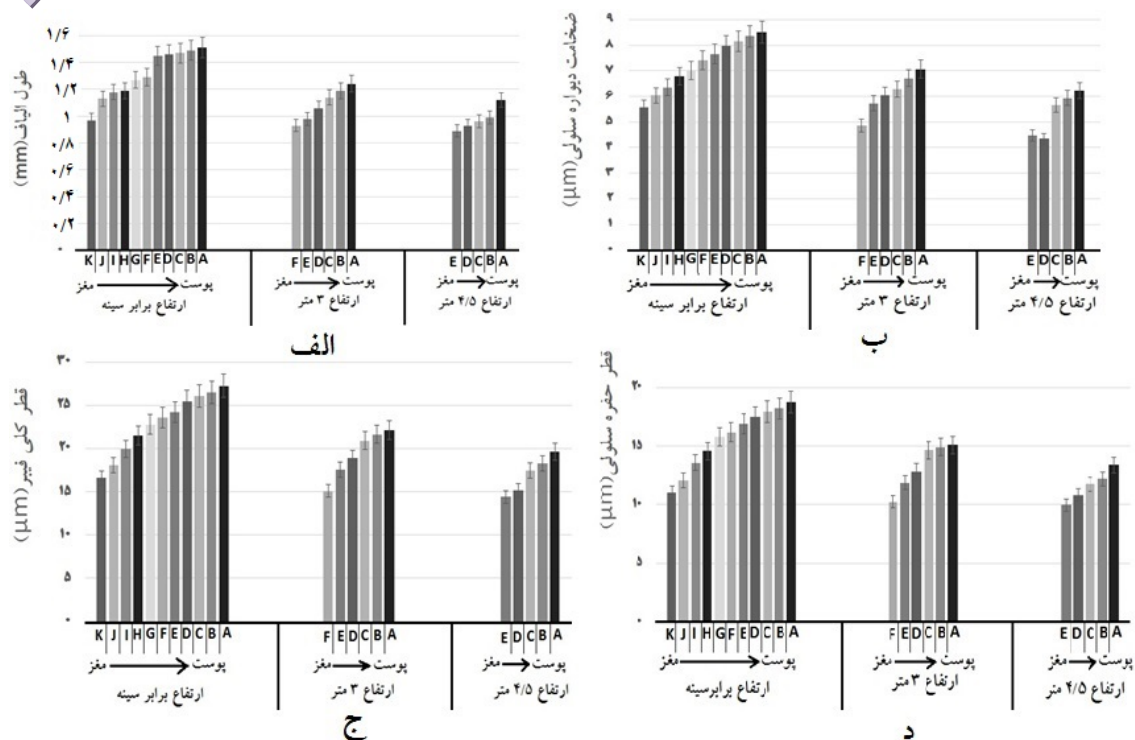
شکل ۵- مقطع عرضی ماکروسکوپی از چوب نزدیک پوست (الف) و نزدیک مغز (ب).

#### 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 و ۹۹ درصد معنی دار هست. با افزایش ارتفاع درخت، میانگین طول الیاف کاهش یافته به طوری که بلندترین طول الیاف در ارتفاع قطر برابر سینه، در نمونه A (نزدیک پوست) به میانگین ۱/۵۱ میلی متر و کوتاه ترین طول الیاف در ارتفاع ۴/۵ متر در محدوده مغز (E) برابر با ۰/۸۹ میلی متر بود. تغییرات طول الیاف از پوست درخت (نمونه A) به سمت مغز (نمونه K) در سه ارتفاع درخت یک روند نزولی بوده است (شکل ۶- الف). با افزایش ارتفاع درخت از ارتفاع قطر برابر سینه به سمت بالای درخت (ارتفاع ۴/۵ متر) میانگین ضخامت دیواره سلولی فیبر کاهش یافته به طوری که بیشترین میانگین ضخامت دیواره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه در محدوده پوست (نمونه A) برابر با ۸/۵ میکرون و کمترین میانگین ضخامت دیواره سلولی در ارتفاع ۴/۵ متر، محدوده مغز (نمونه D) ۴/۷ میکرون است. تغییرات ضخامت دیواره سلولی از پوست درخت به

سمت مغز درخت یک روند کاهشی بوده است (شکل ۶- ب). روند تغییرات قطر کلی فیبر در جهت عرضی درخت از نمونه A (نزدیک پوست) به سمت نمونه K (نزدیک مغز) در سه ارتفاع نزولی بود. بیشترین میانگین قطر الیاف در ارتفاع قطر برابر سینه در نمونه A برابر با ۲۷/۲۵ میکرون و کمترین قطر کلی الیاف در ارتفاع ۴/۵ متر در نمونه E برابر با ۱۴/۴۳ میکرون بود (شکل ۶- ج). همچنین قطر الیاف در سه ارتفاع درخت اختلاف داشته است طوری که از قطر برابر سینه به سمت بالای درخت این شاخص کاهش یافت (شکل ۶- ج). با افزایش ارتفاع درخت از ارتفاع قطر برابر سینه به سمت بالای درخت (ارتفاع ۴/۵ متر) میانگین قطر حفره سلولی کاهش یافته به طوری که بیشترین میانگین قطر حفره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه در محدوده پوست (نمونه A) برابر با ۱۸/۷۴ میکرون و کمترین میانگین قطر حفره سلولی در ارتفاع ۴/۵ متر، محدوده مغز (نمونه E) ۹/۹۶ میکرون است. تغییرات قطر حفره سلولی از مغز به سمت پوست یک روند صعودی بوده است (شکل ۶- د).



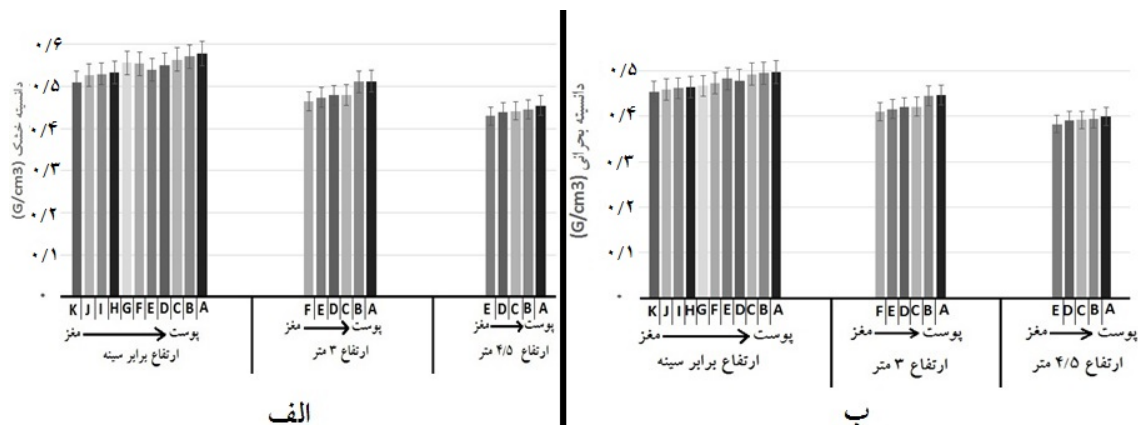


شکل ۶- تغییرات طول الیاف (الف)، ضخامت دیواره سلولی (ب)، قطر کلی الیاف (ج) و قطر حفره سلولی (د) درخت توت در قسمت‌های مختلف ساقه درخت

### ویژگی فیزیکی

ترتیب برابر با ۰/۵۷۸ و ۰/۴۹۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است و کمترین دانسیته خشک و بحرانی در ارتفاع ۴/۵ متر، نزدیک به مغز (نمونه E) به ترتیب برابر ۰/۴۳ و ۰/۳۸۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شده است (شکل ۷- الف، ب). همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود روند تغییرات دانسیته از مغز به سمت پوست صعودی بوده است.

تأثیر مستقل و متقابل جهت طولی و عرضی درخت بر روی دانسیته (خشک و بحرانی) در سطح ۰/۹۵٪ معنی‌دار هست. 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 A) به



شکل ۷- تغییرات دانسیته خشک (الف) و دانسیته بحرانی (ب) در قسمت‌های مختلف درخت توت

بالای درخت یک‌روند نزولی دارد که دلیل این امر را می‌توان به حجم قالب چوب جوان در قسمت تاج درخت نسبت داد [۴]. بررسی خواص آناتومی از سه سطح چوب درخت توت در دو قسمت مغز و پوست بیانگر تفاوت‌های است که مهم‌ترین آن، در قسمت پوست تخلخل به‌صورت بخش روزنه‌ای ولی در قسمت مغز به‌صورت نیمه بخش روزنه بود. همچنین گروه‌بندی آوندها در نزدیک مغز بیشتر چندتایی در راستی شعاعی، درحالی‌که در نزدیک پوست، بیشتر از نوع خوشه‌ای دیده شد. در نزدیک مغز وضعیت اشعه چوبی ناهمگن اما نزدیک پوست وضعیت اشعه چوبی بیشتر همگن بود. Pourtahmasi و Golpayegani (۲۰۰۹) تأثیر خواص آناتومی، بیومتری و فیزیکی (دانسیته) چوب توت واقع در جاده چالوس، کن، شهرستان طارم و شیراز را بر کیفیت صوت بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تغییرات دانسیته بر روی کیفیت صوت اثر می‌گذارد؛ به‌طوری‌که گونه توت واقع در جاده چالوس با دانسیته کمتر ( $0.557 \text{ g/cm}^3$ ) نسبت به سایر گونه‌های توت، دارای کیفیت صوت بالاتری بود. همچنین آن‌ها مقایسه‌ای بین گونه‌های نوئل، افرا و توت انجام دادند و دریافتند که با توجه به دانسیته کمتر گونه نوئل کیفیت صوت آن نسبت به توت کمتر است. همچنین از لحاظ آناتومی بیان کردند که چوب توت حاوی آوندهای فراوان با پارانشیم محوری دور آوندی بود که این پارانشیم‌ها نقش مهمی در بهبود کیفیت صدای چوب‌ها دارد. با مقایسه نتایج Pourtahmasi و Golpayegani (۲۰۰۹) با نتایج آناتومی و فیزیکی تحقیق حاضر نتیجه گرفتیم که چوب درخت توت واقع در شهرستان بابل از لحاظ دانسیته ( $0.546 \text{ g/cm}^3$ ) و آناتومی شباهت زیادی با چوب توت واقع در جاده چالوس دارد؛ و با استناد بر این نتیجه‌گیری پیش‌بینی می‌شود که کیفیت صوت آن‌ها باهم برابر است [۱۳].

### سپاسگزاری

نگارندگان از جناب آقای دکتر داود افهامی و دکتر رضا اولادی عضو هیئت‌علمی دانشگاه تهران، دکتر حیاتی ریاست دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران و مهندس موسوی تاکامی مدیرکل منابع طبیعی استان مازندران که کمک شایان کرده‌اند صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

با توجه به نتایج حاصله می‌توان بیان کرد که هر چه از حلقه‌های اولیه درخت (مغز) به سمت حلقه‌های پایانی درخت توت (پوست) حرکت کنیم ویژگی بیومتری از قبیل طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی و ضخامت دیواره سلولی افزایش یافت. این بررسی با اندازه‌گیری انجام‌شده توسط Saraeyan و Efhamsisi (۲۰۰۹) مطابقت دارد [۴]. عواملی که سبب افزایش ابعاد الیاف می‌گردد را می‌توان به افزایش سن کامبیوم درختان نسبت داد. رابطه خطی بین طول الیاف و سن کامبیوم وجود دارد یعنی با افزایش سن درخت ابعاد الیاف هم افزایش می‌یابد [۱۰،۹،۸]. الیاف چوب در محدوده مغز از طول کمتر، قطر کلی، قطر حفره سلولی پایین‌تر و ضخامت دیواره سلولی نازک‌تر در مقایسه با چوب نزدیک به پوست می‌باشند؛ و علت آن نیز به فعالیت سلول‌های مادری کامبیوم (دوک‌های اولیه) در نواحی چوب جوان و چوب بالغ مربوط می‌شود؛ و با افزایش سن درخت سلول‌های مادری کامبیوم تکامل می‌یابند و ابعاد بزرگ‌تری پیدا می‌کنند و در نتیجه در محدوده پوست که شامل چوب بالغ هست الیاف چوبی دارای ابعاد بلندتر، بزرگ‌تر و ضخیم‌تر هستند [۱۲،۱۱].

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 یک‌روند کاهشی بوده است این بررسی با تحقیق صورت گرفته توسط hassanpoortichi و rezanezhad (۲۰۱۹) مطابقت دارد [۳]. دلیل اصلی کاهش ابعاد الیاف در قسمت تاج درخت نسبت به قسمت پایین درخت وجود حجم چوب جوان در قسمت فوقانی درخت بوده است [۹]. ویژگی فیزیکی چوب از قبیل دانسیته بحرانی و دانسیته خشک در جهت شعاعی درخت از مغز به سمت پوست افزایش یافته است. عامل اصلی که سبب شده دانسیته در قسمت پوست نسبت به محدوده مغز بیشتر باشد به وجود چوب جوان در قسمت مغز که از دانسیته کمتری برخوردار است دلالت داد. ولی در نقطه مقابل در محدود پوست به دلیل وجود چوب بالغ که از ویژگی‌های چوب بالغ دانسیته بالا آن است سبب افزایش دانسیته در محدود پوست می‌گردد. همچنین دانسیته خشک و بحرانی در طول درخت از قطر برابر سینه به سمت

## منابع

- [1] Karami, E., Pourtahmasi, K. and Shahverdi, M., 2010. Wood Anatomical Structure of *Morus alba* L. and *Morus nigra* L., Native to Iran. *Journal Notulae Scientia Biologicae*, 2 (4):129-132.
- [2] Parsa-pajouh, D. and Schweingruber, F.H., 2001. Atlas of the woods of north of Iran. Tehran University Publications, 136p.
- [3] Hassanpoortichi, A. and Rezanezhad divkolae, M., 2019. Anatomical, physical and biometric properties of *Ficus carica* wood in longitudinal and transverse direction of tree stem. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 34(2): 228-241. (In Persian).
- [4] Efhamsisi, 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).
- [5] Wheeler, E.A., Baas, P. and Gasson, P.E., 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Journal*, 10:219–332.
- [6] Franklin, G.L., 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new Macerating method for wood. *Nature*, 155:3924. 51.
- [7] ISO 13061-2., 2014. “Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Determination of density for physical and mechanical tests,” International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [8] Zobel, B. and Van Buijtenen, J.P., 1989. Wood variation: Its causes and control. Springer- Verlag, Berlin, Germany, 363p.
- [9] Zobel, B. and Sprague, J., 1998. Juvenile wood in trees. Springer-Verlag, New York, p 300.
- [10] 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).
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Pourtahmasi, K. and Se Golpayegani, A., 2008. Introducing Mulberry’s wood (*Morus alba* L.) used in bowl shaped musical instruments of Iran. In: Leconte S, Vaiedelich S (eds) *Le bois: instrument du patrimoine musical*. 29 May 2009 Cite’ de la Musique, Paris.

## Changes of Biometric, Physical and Anatomical Properties of juvenile wood and mature wood of *Morus alba* tree in Longitudinal and Transverse Directions

### Abstract

In this study, we investigated the biometrical properties of fibers, the physical and microscopic properties of *Morus alba* wood. For this purpose, three healthy mulberry trees were randomly selected and cut in Babol city (Mazandaran province). Three discs of 5 cm thickness were prepared at breast height, 3 m height, and 4.5 m height. In the transverse direction, the test specimens were cut 2 × 2 cm to 3 cm from the pith to the bark sequentially and examined. Then the biometric properties of fibers including fiber length, fiber lumen diameter, fiber diameter, and cell wall thickness were measured. Also, microscopic sections of wood close to the pith and bark were studied using light microscopy according to the List of International Association of Wood Anatomists (IAWA). Anatomy of the wood near the pith and bark of the *Morus alba* tree revealed differences. Vessel grouping and its arrangements near the pith were more radially, while these features were more clustered near the bark. Rays in the area of the pith were more heterogeneous, while near the bark, many rays were homogeneous. The mean tangential vessel diameter near the larger bark (237 microns) was greater than that of the near-pith wood (144 microns). The porosity of wood was observed to be ring porous, near the bark, and semi ring porous near the pith. The results also showed that there was a significant difference in both the transverse and longitudinal directions of the *Morus alba* tree in terms of length, fiber diameter, fiber lumen diameter, and the cell wall thickness. The biometric properties of the fibers increased from the pith to the bark. The mean length, total diameter, fiber lumen diameter and cell wall thickness of the fibers were 1.51 mm, 27.25 μm, 18.74 μm, and 8.5 μm, respectively.

**Keywords:** *Morus alba*, basic, ring porous, clusters.

**A. Hassanpoor Tichi<sup>1\*</sup>**  
**M. Rezaezhad Divkolae<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Assistant Prof, Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran

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

Corresponding author:  
[hasanpoortichi@gmail.com](mailto:hasanpoortichi@gmail.com)

Received: 2019/09/30  
Accepted: 2020/01/26