

مقایسه آناتومی چوب گونه‌اوجا (*Ulmus Carpinifolia* Borkh.)، بومی گرگان و کمیجان

- ❖ **رضا اولادی**؛ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- ❖ **حامد متینی بهزاد**؛ دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی و آناتومی چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- ❖ **زهرا شریفی**؛ دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی و آناتومی چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- ❖ **عباس معصومی**؛ دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی و آناتومی چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده:

بررسی و مقایسه آناتومی چوب و مورفولوژی الیاف درختان اوجا، که در مناطق گوناگون جغرافیایی رشد یافته‌اند، علاوه بر معرفی ویژگی‌های بافت چوبی این گونه برای دسته‌بندی و تمایزشان، به فهم چگونگی تغییرات آناتومی چوب این گونه در پاسخ به موقعیت متفاوت اقلیمی کمک خواهد کرد. در این پژوهش برخی ویژگی‌های آناتومی چوب و الیاف درختان اوجای بومی ایران در دو منطقه گرگان و کمیجان (استان مرکزی) بررسی و مقایسه شد. نتایج نشان داد که درختان این دو رویشگاه در عین پیروی از ویژگی‌های کلی و بارز آناتومی چوب جنس نارون، مشخصه‌های منحصربه‌فردی نیز دارند که برخی از آنها، مانند وجود ضخامت ماریپیچی ظریف در برخی آوندهای چوب بهاره نمونه‌های کمیجان و اشعه‌های جوش خورده در نمونه‌های گرگان، برای نخستین بار است که در مورد این گونه گزارش می‌شود. علاوه بر این، نمونه‌های کمیجان حلقه‌های رویشی نازک‌تری دارد و در آوندهای این نمونه‌ها تیل دیده شد؛ در حالی که این ویژگی در نمونه‌های گرگان وجود نداشت. تعدادی از تفاوت‌های مشاهده شده بین ویژگی‌های آناتومی چوب درختان این دو منطقه، به‌خصوص ویژگی‌های مرتبط با آوندها، به اقلیم خشک و سردتر رویشگاه کمیجان نسبت داده شد، ولی تحلیل دیگر تمایزها به پژوهش‌های مستقل دیگری نیاز دارد.

واژگان کلیدی: آناتومی چوب، اقلیم، اوجا، کمیجان، گرگان، نارون.

مقدمه

جنس نارون (*Ulmus spp.*) شامل ۲۰ [۱] تا ۴۵ [۲] گونه است که در مناطق معتدله نیمکره شمالی و بخش‌های کوهستانی مناطق گرمسیری پراکنده شده و در امریکای جنوبی و مرکزی، افریقای شمالی، و جزایر شرقی هند، در جنوب استوا، نیز دیده شده‌اند [۳]. تعداد دقیق گونه‌های نارون هنوز مورد بحث است [۴]. دلیل این ابهام، آسانی دورگه‌گیری بین گونه‌های این جنس و گسترش ریزگونه‌هایی با تکثیر غیر جنسی در برخی منطقه‌هاست [۵]. ایران نیز از کشورهایی است که برخی گونه‌های نارون در آن گسترش یافته ولی نقشه دقیقی از تعداد و پراکندگی آن‌ها در دست نیست [۶]. برخی گونه‌های نارون به سبب شکل طاق‌مانند تاجش در فضاهای شهری بسیار به کار رفته است. علاوه بر این، چوب این درختان از دیرباز مورد توجه صنعت‌گران بوده است [۷]. با این حال، گسترش بیماری مرگ نارون در دهه سی در جهان و انتقال آن از دهه پنجاه در جنگل‌های شمال ایران [۸] موجب کاهش چشمگیر تعداد آن‌ها شده است. در ایران دو گونه نارون بیشتر دیده می‌شود. نخستین گونه که در جنگل‌های شمال و در جلگه‌های ساحلی خزر تا ارتفاعات میان‌بند و نیز از گرگان تا ارسباران انتشار دارد و در نقاط استپی و در جنگل‌های غرب نیز دیده می‌شود، اوجا (*Ulmus Carpinifolia* Borkh.) نام دارد و دیگری ملیج (*U. Glabra* Huds.) که در ارتفاع‌های متوسط و بالایی جنگل‌های شمال از ارسباران و آستارا و طالش تا کجور و مازندران و گرگان امتداد دارد [۹]. اوجا درختی نیمه‌نم‌پسند و نیمه‌سایه‌پسند است که قابلیت تولید ریشه جوش را دارد [۸]. نام علمی گونه اوجا مترادف‌های زیادی دارد که رایج‌ترین آن‌ها *Ulmus Minor* Mill است [۱۰]. این گونه غیر از طبقه رویشی میان‌بند جنگل‌های شمال و شمال شرقی ایران، به طور طبیعی در برخی مناطق نیمه‌خشک و خشک (مانند یزد و اراک) و سرد (میان، دشت مغان) ایران نیز گسترش یافته است. قابلیت زیاد

آمیخته‌گری در جنس نارون برای پژوهش‌گران این امکان را فراهم آورده که در امریکا و اروپا رقم‌هایی را از این جنس تولید یا انتخاب کنند و گسترش دهند که نه فقط به بیماری مرگ نارون، بلکه در خشکی و سرما نیز مقاومت زیادی دارند [۱۱، ۱۲]. به نظر می‌رسد با توجه به ویژگی‌های مناسب گونه اوجا و وارسته‌های آن (مثلاً *U. Carpinifolia* Var. *Umbraculifera*) از نظر ظاهری، زیست‌محیطی، فیزیولوژی درخت، ویژگی‌های چوب، و گسترش جغرافیایی، این گونه ظرفیت بالایی برای انجام پژوهش‌های مشابه و در نهایت کشت و گسترش در مناطق فقیر جنگلی و شهری ایران داشته باشد. با این حال، نخستین گام در این راه شناسایی دقیق ویژگی‌های درختان این گونه است که در منطقه‌های مختلف کشور به شکل طبیعی رشد یافته‌اند. بررسی و مقایسه آناتومی چوب و مورفولوژی الیاف درختان اوجای رشد یافته در منطقه‌های گوناگون جغرافیایی، علاوه بر معرفی ویژگی‌های بافت چوبی این گونه، به فهم و تفسیر نحوه پاسخ آن‌ها به موقعیت مختلف آب‌وهوایی کمک خواهد کرد. یکی از پرسش‌های این پژوهش این است: آیا موقعیت اقلیمی متفاوت بر ویژگی‌های آناتومی چوب و الیاف گونه اوجا تأثیرگذار است؟

با اینکه پژوهش‌هایی برای شناسایی و تمایز چوب حاصل از گونه‌های مختلف جنس یا خانواده نارون در منطقه‌های گوناگون جهان انجام شده (برای مثال، در چین [۱۳]، امریکا [۱۴]، اروپا [۱۵، ۱۶]، ژاپن [۱۷]، هند [۱۸]، و ایران [۱۹، ۲۰])، ولی از منظر آناتومی و الیاف چوب کمتر به تفاوت‌های درون‌گونه‌ای توجه شده و کمتر تحلیل شده‌اند. فقط در برخی از پژوهش‌های ذکر شده در بالا به این نکته کلی اشاره شده که بعضی از ویژگی‌های آناتومی چوب در یک گونه ممکن است متأثر از موقعیت رویشگاهی باشد. به طور مثال، حتی ویژگی بارزی چون بخش روزنه‌ای و مشخص بودن مرز حلقه‌های رویش درختان جنس

۱۸' ۴۹° شرقی؛ ارتفاع از سطح دریا ۱۷۴۱ متر؛ مجموع بارش سالانه ۲۷۵ میلی متر و میانگین درجه حرارت سالانه (۲۰°C) سه درخت سالم، و از منطقه شرق شهرستان گرگان (۵۰' ۳۶° شمالی، ۲۶' ۵۴° شرقی؛ ارتفاع از سطح دریا ۱۵۲۰ متر؛ مجموع بارش سالانه ۶۰۱ میلی متر و میانگین درجه حرارت سالانه ۲۲/۸°C) سه درخت سالم از گونه اوجا (*Ulmus* *Carpinifolia Borkh.*) با تنه استوانه‌ای، بدون هیچ صدمه مکانیکی، حمله حشرات و قارچ‌ها در دامنه قطری هفت تا یازده سانتی متر انتخاب و بریده شدند. درختان در هر دو رویشگاه در مستغلات خصوصی اما به‌طور طبیعی و خودرو رشد کرده بودند. مشخصات درختان در جدول ۱ آمده است.

نارون در برخی گونه‌ها و رویشگاه‌ها نقض می‌شود [۲]. به‌همین ترتیب، به‌نظر می‌رسد در ارتباط با ویژگی‌های مهمی چون وجود ضخامت مارپیچی در آوندها و تراکئیدهای آوندی [۱۳، ۲۱]، نحوه استقرار و گروه‌بندی آوندهای چوب آغاز و پایان [۲]، همگن یا ناهمگن بودن اشعه چوبی [۲۲]، وجود و مکان استقرار کریستال در سلول‌های پارانشیمی [۱۴]، و ویژگی‌های مرتبط با منافذ بین‌آوندی [۲۳]، تفاوت‌های بین یا درون‌گونه‌ای بارزی وجود داشته باشد. هدف این پژوهش یافتن اختلاف‌های احتمالی بین ویژگی‌های چوب درختان رشد یافته در دو اقلیم متفاوت و تفسیر آن‌ها از زاویه اکوفیزیولوژی است.

مواد و روش‌ها

از منطقه کمیجان استان مرکزی (۴۳' ۳۴° شمالی،

جدول ۱. مشخصات درختان بررسی شده

ارتفاع (m)	قطر برابر سینه (cm)	سن (سال)	منطقه / شماره درخت
۸/۳	۹	۸	گرگان / ۱
۹	۱۳	۹	گرگان / ۲
۷	۱۱/۵	۸	گرگان / ۳
۸/۶	۱۰	۱۵	کمیجان / ۱
۶/۳	۸	۹	کمیجان / ۲
۵/۷	۷/۵	۱۳	کمیجان / ۳

مقطر غوطه‌ور شدند و بلافاصله با استفاده از میکروتوم لغزشی مقاطع میکروسکوپی به ضخامت ۱۸ μm از سه مقطع عرضی، مماسی، و شعاعی آن‌ها تهیه و سپس با سافرانین محلول در آب با غلظت ۱ درصد رنگ‌آمیزی شدند. سپس، مقاطع زیر میکروسکوپ Nikon YS ۱۰۰ بررسی و از آن‌ها عکس تهیه شد. ویژگی‌های میکروسکوپی نمونه‌ها براساس فهرست ویژگی‌های میکروسکوپی برای شناسایی پهن‌برگان آیووا [۲۴] بررسی شد. علاوه بر این، تمام حلقه‌های رویشی کاملی

یک دیسک به ضخامت شش سانتی‌متر از قطر برابر سینه (۱/۳ متر) تنه هر کدام از درختان تهیه شد. از قسمت میانی هر دیسک مکعب‌هایی به ابعاد ۶×۳ سانتی‌متر آماده و سپس این مکعب‌ها از طول به دو قسمت مساوی تقسیم شدند. یکی از مکعب‌ها برای تهیه مقاطع میکروسکوپی و مکعب دیگر برای وبری الیاف (ماسریشن) استفاده شدند. مکعب‌ها از منطقه‌ای تهیه شدند که سه تا پنج حلقه رویشی میانی درخت را در بر بگیرند. سری نخست مکعب‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب

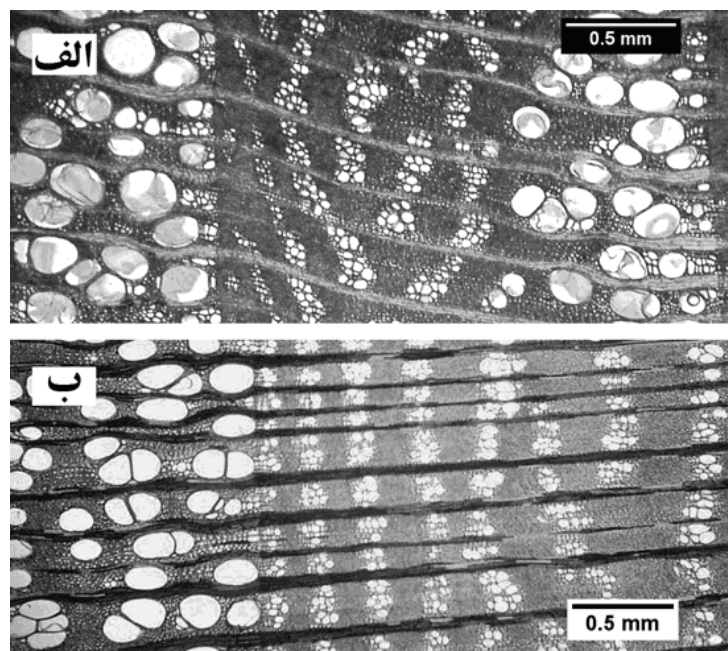
چوب رویشگاه گرگان نحوه استقرار آن‌ها بیشتر مماسی بود، به طوری که در انتهای حلقه رویش به شکل مماسی کامل دیده می‌شدند (شکل ۱). درختان رویشگاه گرگان به طور واضح حلقه‌های رویشی پهن تری داشتند. دریچه آوندی در آوندهای این گونه به شکل ساده است (شکل ۳الف). منافذ بین آوندی آن از نوع متناوب، چندضلعی، و بزرگ ($\geq 10 \mu\text{m}$) است (شکل ۳ب). دریچه منافذ بین آوندی در آوندهای درشت گاهی به شکل بسیار کشیده دیده می‌شدند که این ویژگی در نمونه‌های گرگان بارزتر است. گاهی نوعی از منافذ پیوسته^۴ در این گونه نیز مشاهده می‌شد (شکل ۲). منافذ بین آوند و اشعه کوچک‌تر از منافذ بین آوندی بود و هاله این منافذ تا حد زیادی تحلیل رفته؛ به طوری که همچنان به شکل ساده درآمده‌اند (شکل ۳ج). منافذ بین آوند و پارانشیم طولی در ردیف‌های دوتایی قرار داشته، بزرگ‌تر از منافذ بین آوندی بوده و ظاهری اشک‌مانند دارند (شکل ۳ه). در هر دو نمونه، دیواره عناصر آوندی کوچک چوب‌پایان به ضخامت مارپیچی مزین است که تمام طول آوند را در بر می‌گیرد؛ با این تفاوت که ضخامت‌های مارپیچی موجود روی دیواره سلول‌های گونه کمیجان با فاصله بیشتر و شیب کمتر دیده می‌شدند (شکل ۳الف و د). در صورتی که در نمونه‌های گرگان ضخامت‌های مارپیچی معمولاً فشرده‌تر و با شیب بیشتر مشاهده می‌شدند. علاوه بر این، برخی آوندهای درشت چوب آغاز درختان رویشگاه کمیجان ضخامت مارپیچی بسیار ظریفی دارد که مشاهده آن‌ها فقط با دقت فراوان ممکن است. میانگین قطر مماسی آوندهای چوب بهاره ($P < 0.01$) و تعداد آوند در واحد سطح ($P < 0.05$) در نمونه‌های کمیجان بیشتر از نمونه‌های گرگان اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). با اینکه میانگین مساحت حفره آوندهای درختان نمونه‌های گرگان کمی بیشتر از نمونه‌های کمیجان بودند، ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. علاوه بر این، اختلاف

که در مقطع عرضی نمونه‌ها دیده می‌شدند (سه تا پنج حلقه) با استفاده از نرم‌افزار Image J تحلیل شد؛ به طوری که در هر نمونه میانگین پهنای حلقه رویش، میانگین قطر مماسی آوندهای چوب بهاره (ATD)^۱، میانگین مساحت حفره آوندها (AVLA)^۲، و میانگین تعداد آوندها در واحد سطح یا چگالی آوندها (VD)^۳، اندازه‌گیری شدند. مجموعه دوم مکعب‌های چوبی طبق روش [۱۰] وابری و رنگ‌آمیزی شدند و از هر مکعب پنج اسلاید میکروسکوپی حاوی الیاف آماده شد. پس از عکسبرداری از اسلایدها زیر میکروسکوپ و انتقال عکس‌ها به نرم‌افزار Image J، طول، ضخامت دیواره و قطر حفره سلولی ۱۰۰ فیبر و طول ۵۰ آوند بهاره و تابستانه، اندازه‌گیری شدند. برای بررسی اختلاف بین ویژگی‌های کمی چوب دو رویشگاه و اختلاف احتمالی بین درختان هر رویشگاه، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها در طرح آماری بلوک کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SAS ۹.۲ صورت پذیرفت.

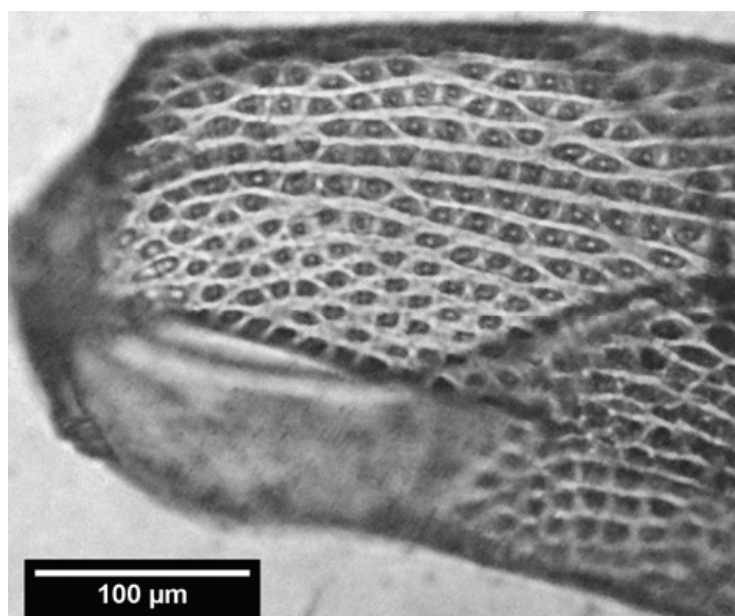
نتایج

اوجا دارای چوبی ناهمگن، بخش روزنه‌ای و با چوب درون‌مشخص است. با این حال، به سبب جوان بودن پایه‌های قطع شده، چوب درونی شدن در درختان هر دو رویشگاه تازه شروع شده و فقط دو تا چهار حلقه درونی را در بر می‌گیرد. رنگ چوب درون درختان هر دو رویشگاه مشابه و قهوه‌ای روشن است. حد دوایر سالیانه بر اثر اختلاف قطر بین آوندهای بهاره و تابستانه مشخص است و آوندهای درشت چوب بهاره به صورت منفرد یا چسبیده به هم دو تا چهارتایی در یک تا چهار ردیف استقرار یافته است. در چوب تابستانه، آوندها به صورت خوشه‌ای وجود دارد که نوارهای مورب، سینوسی، یا مماسی شکل به هم پیوسته را تشکیل می‌دادند. در چوب رویشگاه کمیجان، این نوارها به شکل مورب یا سینوسی استقرار یافته‌اند، ولی در

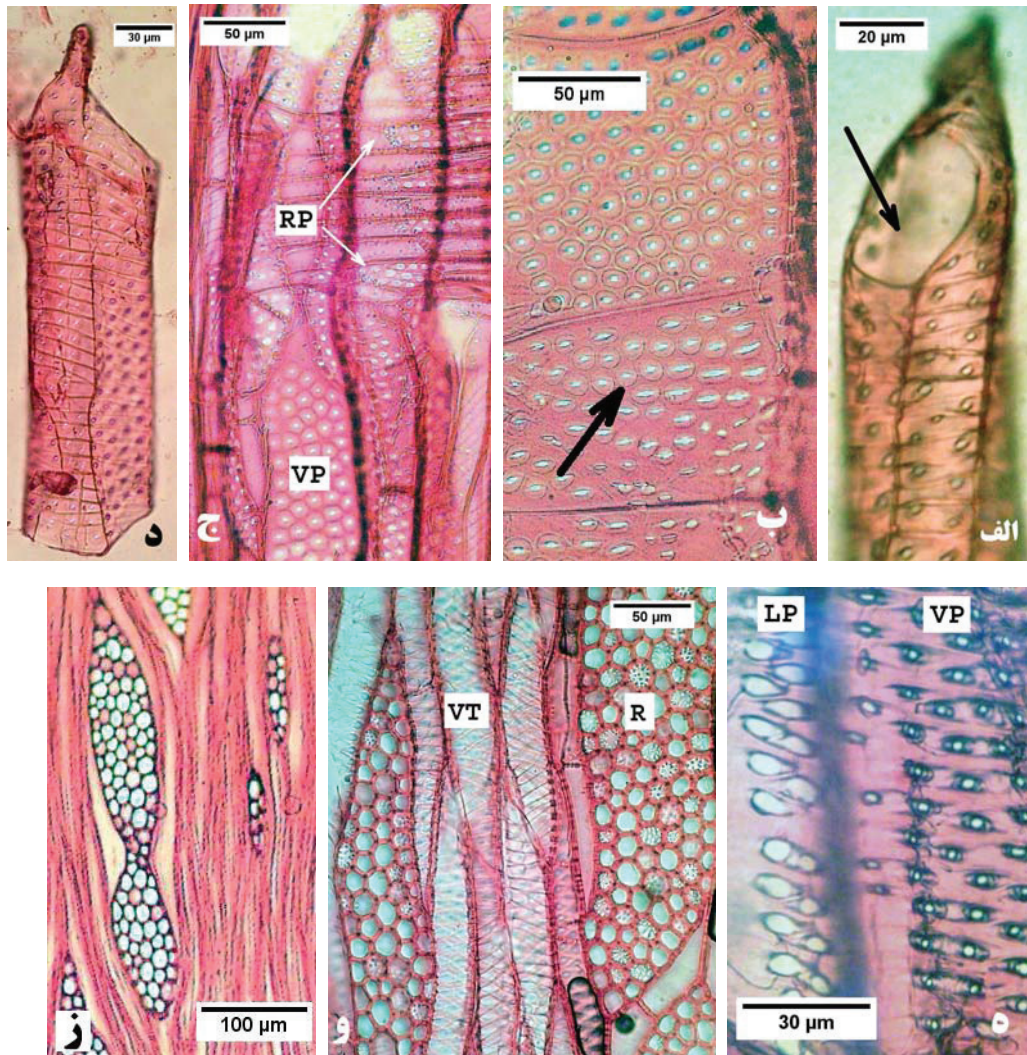
1. Average Tangential Diameter
2. Average Vessel Lumen Area
3. Vessel Density
4. Confluent pits



شکل ۱. حلقه های رویشی در گونه اوجای کمیجان (الف) و گرگان (ب)



شکل ۲. منافذ پیوسته در دیواره یک آوند درشت چوب آغاز (نمونه حاصل از وبری الیاف)



شکل ۳. الف) دریچه آوندی ساده (فلش) در آوند چوب پایان نمونه کمیجان؛ ب) منافذ بین آوندی متناوب در آوندهای پهن و کوتاه چوب آغاز و کشیده شدن دریچه منافذ در برخی مناطق (فلش) (رویشگاه کمیجان)؛ ج) منافذ بین آوندی (VP)، منافذ بین آوند و پارانشیم عرضی (RP) در مقطع شعاعی (رویشگاه گرگان)؛ د) ضخامت ماریپیچی در دیواره آوند چوب پایان نمونه کمیجان؛ ه) منافذ بین آوندی و منافذ بین آوند و پارانشیم طولی (رویشگاه کمیجان)؛ و) تراکنیدهای آوندی (VT) دارای ضخامت ماریپیچی فشرده و اشعه چوبی (R) چنددریغه در مقطع مماسی نمونه گرگان؛ ز) اشعه جوش خورده در مقطع مماسی (رویشگاه گرگان)

طول تر از نمونه های گرگان بودند (جدول ۲). بیشتر آوندهای درشت چوب بهاره درختان کمیجان دارای تیل بود، ولی در آوندهای اوجای گرگان به ندرت تیل دیده می شد (شکل ۱). تراکنیدهای آوندی مزین

معنی داری بین طول آوندهای چوب بهاره درختان دو رویشگاه وجود نداشت و میانگین این عدد در هر دوی آنها در حدود $145\mu\text{m}$ اندازه گیری شد؛ ولی آوندهای تابستانه درختان رویشگاه کمیجان همچنان دو برابر

تک‌ردیفه نیز در مقطع مماسی مشاهده شدند. ارتفاع اشعه‌های چندردیفه در نمونه‌گرگان از ۱۰ تا ۷۰ سلول و ارتفاع اشعه چوبی در نمونه کمیجان کمی کمتر و بین ۱۰ تا ۴۵ سلول شمارش شد. اغلب اشعه‌ها در هر دو نمونه از نوع همگن با سلول‌های خوابیده بودند، اما اشعه‌های ناهمگن با سلول‌های خوابیده در بدنه و یک ردیف سلول مربعی در اطراف نیز دیده شدند. تفاوت عمده اشعه‌های درختان رویشگاه کمیجان و گرگان، وجود اشعه‌های جوش‌خورده^۶ در درختان دومی بود (شکل ۳ز). در هر میلی‌متر از مقطع مماسی نمونه‌ها، تعداد ۴ تا ۶ اشعه قرار داشت که به‌طور متوسط یکی از آن‌ها، اشعه جوش‌خورده بود. درمورد داده‌های کمی، هیچ اختلاف معنی‌داری بین درختان هیچ یک از رویشگاه‌ها (اختلاف درون‌رویشگاهی) دیده نشد.

به ضخامت مارپیچی به‌وفور در هر دو نمونه وجود داشت (شکل ۳و). تراکئیدهای دورآوندی^۱ نیز به‌ندرت قابل رؤیت بودند. در هر دو نمونه گرگان و کمیجان ضخامت فیبرها در چوب آغاز به‌طور مشخص کمتر از ضخامت فیبرهای چوب پایان است؛ بافت فیبری در قسمت چوب پایان متراکم و منافذ دیواره فیبرها غالباً ساده ولی گاهی تا حدی هاله‌ای به‌نظر می‌رسیدند. طول فیبرهای درختان رویشگاه کمیجان بلندتر از نمونه‌های گرگان بود (جدول ۲). پارانشیم‌های محوری به‌صورت آوندگرا^۲ (همراه آوندی نامشخص^۳ و گردآوندی^۴) مشاهده می‌شود. رشته پارانشیم‌های طولی^۵ در هر دو نمونه وجود دارند که به‌طور متوسط سه تا چهار سلول دارند. اشعه‌های چوبی در نمونه‌های کمیجان و گرگان به‌ترتیب چهار تا پنج و شش تا هفت‌ردیفه بودند. در هر دو نمونه علاوه بر اشعه‌های چندردیفه، اشعه‌های

جدول ۲. مقایسه برخی ویژگی‌های کمی چوب و الیاف درختان رشد یافته در دو رویشگاه کمیجان و گرگان

ویژگی‌ها	بومی اراک	بومی گرگان
میانگین پهنای حلقه‌های رویشی ^۱ (mm)**	۳/۵	۶/۱
میانگین قطر مماسی آوندهای چوب بهاره (μm)**	۹۲ ± ۱۶	۱۳۵ ± ۳۷
میانگین مساحت حفره آوند (μm ^۲)	۳۰۸۰	۳۲۵۴
تعداد آوند در واحد سطح (mm ^۲)*	۶۷	۵۳
طول فیبر (μm)**	۱۳۰۷	۹۵۹
ضخامت دیواره فیبر (μm)*	۵/۹	۳
قطر حفره سلولی فیبر (μm)*	۴/۳	۲/۶
طول آوندهای چوب آغاز (μm)	۱۴۵	۱۴۴
طول آوندهای چوب پایان (μm)**	۳۱۵	۱۵۱

۱: سه تا پنج حلقه رویشی میانی درخت در ارتفاع برابر سینه؛ *: اختلاف بین‌رویشگاهی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

** : اختلاف بین‌رویشگاهی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

دیگر گونه‌های جنس نارون [۲] داشتند. با این حال، این درختان دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی نیز بودند که در ادامه به تفصیل به این تمایزها و علت‌های احتمالی

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان داد درختان اوجای بررسی شده در دو رویشگاه ایران شباهت‌های بسیاری با هم و

1. Vasicentric Tracheids
2. Paratracheal
3. Scanty paratracheal
4. Vasicentric
5. Parenchyma strand
6. Fused rays

کمیجان با ایجاد سامانه آوندی ایمن تر خطر تنش‌های خشکی را کمتر می‌کنند. گونه‌ای از جنس نارون، که در اقلیم خشک رشد یافته، نسبت به گونه اقلیم مرطوب واکنش مشابهی نشان داده است [۲۸]. در این موارد، کوچک‌تر بودن آوندها خطر ایجاد حباب هوا در آنها را کاهش می‌دهد و کم‌بودن مساحت آنها با افزایش تعدادشان در واحد سطح جبران می‌شود. گزارش شده که آوندهای کوچک چوب پایان گونه *U. Americana* به اندازه تراکنیدهای سوزنی‌برگان در برابر پدیده ایجاد حباب مقاوم‌اند [۲۹].

یکسان‌بودن طول آوندهای چوب آغاز و پایان در درختان گرگان با نظریه ویلر و همکاران (۱۹۸۹) مبنی بر هم‌اندازه‌بودن طول آوندها در کل حلقه رویش در برخی پهن‌برگان بخش روزنه‌ای (از جمله جنس نارون) مطابقت دارد. با این حال، گزارش‌های متناقضی از کوتاه‌تر یا بلندتر بودن آوندهای گونه‌های مناطق خشک و معتدل در مقایسه با نمونه‌های مناطق مرطوب و استوایی وجود دارد [۲۱]. ولی بلندتر بودن طول آوندهای تابستانه درختان کمیجان را نمی‌توان تأییدی بر هیچ یک از این گزارش‌ها دانست، زیرا طول آوندهای چوب آغاز در نمونه‌های کمیجان، هم‌اندازه نمونه‌های گرگان بود. احتمالاً طول آوندها به عوامل پیچیده‌تری وابسته بوده [۳۰] که به موضوع این پژوهش مربوط نیست.

پراکنش جغرافیایی گونه‌های چوبی دارای ضخامت مارپیچی بیانگر نقش و اهمیت تنش‌های خشکی، کمبود آب یا یخ‌زدگی خاک در ایجاد چنین ساختاری است [۲۱]. به نظر می‌رسد ضخامت مارپیچی در آوندها به انتقال سیال کمک می‌کند [۳۱، ۳۲]. با این حال، فرضیه‌های گوناگون و متناقضی در مورد چگونگی این عمل وجود دارد [۲۱]. بدین ترتیب، وجود ضخامت‌های مارپیچی ظریف در برخی آوندهای درشت رویشگاه کمیجان و دیده‌نشدن چنین وضعیتی در نمونه‌های

آنها پرداخته می‌شود. رویشگاه کمیجان نسبت به گرگان اقلیمی خشک‌تر و زمستان‌های سردتری دارد. با توجه به اینکه ایجاد حباب هوا^۱ در سامانه آوندی پهن‌برگان بزرگ‌ترین چالش انتقال شیره خام در این درختان است [۲۶] و این مسئله متأثر از میزان خشکی هوا در فصل رویش و سرمای زمستانی است [۲۱]، اختلاف‌های مشاهده‌شده در برخی ویژگی‌های آناتومی مرتبط با آوندهای درختان دو رویشگاه را می‌توان با توجه به این واقعیت تحلیل کرد. گروه‌بندی حفرات آوندی^۲ در درختان هر دو رویشگاه یکسان بود، ولی چینش اریب آوندهای چوب پایان درختان رویشگاه کمیجان در مقایسه با چینش مماسی آنها در درختان رویشگاه گرگان را می‌توان به بیشتر بودن VD در نمونه‌های کمیجان مرتبط دانست. با توجه به اینکه فضای بین دو اشعه چوبی در مقطع عرضی در هر دو گونه یکسان بود، برای قرارگرفتن تعداد بیشتری آوند در این فضا، درختان کمیجان ناگزیر از استقرار اریب آوندها هستند. بیسینگ (۱۹۸۲) نشان داد که اگر یک گونه خاص در دو رویشگاه بروید، گروه‌بندی خوشه‌ای در درختان رویشگاه خشک‌تر بیشتر خواهد بود. در مقایسه با دیگر ویژگی‌های آناتومی، برخی ویژگی‌های مرتبط با آوندها (برای مثال VD و ATD) در گروه‌های مختلف جنس نارون متفاوت است و از آن می‌توان برای شناسایی و تمایز تعدادی از این گروه‌ها از هم استفاده کرد [۱۴]. ولی در به‌کارگیری این ویژگی‌ها باید محتاط بود، زیرا در بسیاری از گونه‌های این جنس آنها متأثر از موقعیت رویشگاهی‌اند [۲]. به نظر می‌رسد این مسئله در مورد درختان بررسی‌شده در این پژوهش نیز صادق باشد. چگالی آوندها در نمونه‌های کمیجان، بیشتر، ولی مساحت آنها اندکی کمتر از نمونه‌های گرگان بود. از منظر اکولوژی و با توجه به شاخص آسیب‌پذیری^۳ (میانگین قطر آوندها تقسیم بر چگالی آوندها) پیشنهادشده کارل کوئیست (۱۹۷۷) درختان

1. Embolism or Cavitation
2. Vessel Grouping
3. Vulnerability index

بیشتری باشند. از آنجا که تمام درختان بررسی شده سالم بوده و از قسمت برون چوب انتخاب شده اند، وجود تیل را نمی توان به حمله قارچی یا تشکیل درون چوب نسبت داد. گفتنی است، پژوهش های جدید بر نقش هورمون اتیلن در شکل گیری تیل تأکید دارند [۳۹]، ولی بررسی آن خارج از موضوع این پژوهش است.

از آنجا که براساس بیشتر پژوهش ها، عوامل رویشگاهی و اقلیمی چه در پهن برگان پراکنده آوند [۴۰] و چه در بخش روزنه ای هایی مثل جنس نارون [۴۱] رابطه معنی داری با طول و ضخامت دیواره فیبر نداشته و تنها بر ابعاد کلی آن تأثیرگذار است، طولی تر بودن فیبرهای درختان کمیجان احتمالاً متأثر از عوامل دیگری بوده که در این پژوهش بررسی نشده است.

همان طور که صفدری و همکاران (۲۰۱۱) و اسکاچ و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهش های انجام شده بر اوجای منطقه نوشهر و اوجای اروپای مرکزی اعلام کرده اند، اشعه چوبی در درختان بررسی شده به طور عمده از نوع همگن با سلول های خوابیده دیده شده، ولی اشعه ناهمگن با یک ردیف سلول مربعی در اطراف هم وجود داشت. اشعه جوش خورده دیده شده در نمونه های گرگان تاکنون فقط در گونه های چوبی معدودی گزارش شده [۴۲، ۴۳] و بلندتر بودن ارتفاع اشعه ها در این نمونه ها به علت وجود همین پدیده است. در توضیح اشعه جوش خورده باید گفت در برخی چوب ها، یک اشعه چوبی ممکن است از انتها به اشعه چوبی بالا یا پایین خود متصل شده باشد؛ به طوری که در مقطع مماسی به صورت دو اشعه به هم پیوسته دیده شوند. چنین اشعه هایی، «اشعه جوش خورده»، نامیده می شوند [۴۴]. این ویژگی به طور معمول کلید شناسایی محسوب نمی شود. کارل کوئیست (۲۰۰۱) واژه «اشعه های به هم پیوسته» را برای چنین حالتی پیشنهاد کرد، اما تاکنون توضیحی برای علت پیدایش آن ارائه نشده است.

ویلر و همکاران [۲۴] و صفدری و همکاران (۲۰۱۱) از استقرار مطبق نامنظم پارانیشیم های طولی، و

گرگان را می توان به اقلیم سردتر و خشک تر رویشگاه نخست نسبت داد. شیب ضخامت مارپیچی به نوع و شدت تنش های مکانیکی وارده بر درخت - به خصوص در چوب های واکنشی - ربط داده شده است [۳۳]. با این حال، این پژوهش قادر به ارائه توضیحی برای فشردگی و شیب بیشتر ضخامت مارپیچی در آوندها و تراکئیدهای آوندی نمونه های گرگان نیست.

شکل و نحوه استقرار منافذ روی آوندها اهمیت زیادی در شناسایی گونه چوبی به کاررفته در خمیر کاغذ دارد [۳، ۳۴]. چندضلعی بودن منافذ بین آوندی و نحوه چینش متناوب آنها تقریباً در تمامی پژوهش های آناتومی انجام شده بر روی گونه های مختلف جنس نارون گزارش شده است [۲، ۱۴، ۲۰، ۲۲]، اما کشیده و خطی بودن دریچه منافذ بین آوندی در آوندهای بهاره فقط در معدودی از این گزارش ها دیده می شود [۲۳]. علاوه بر این، وجود منافذ پیوسته، که از ویژگی های شناسایی جنس توس است [۳، ۳۵]، پیش از این، در مورد گونه ای از جنس نارون گزارش نشده است. درباره اندازه و شکل منافذ بین آوند - اشعه چوبی و آوند - پارانیشیم طولی نیز اختلافاتی بین نتایج این پژوهش و دیگر پژوهش های انجام شده بر روی جنس نارون دیده می شود. برای مثال، بیشتر پژوهش ها و بانک های اطلاعاتی معتبر آناتومی گونه های چوبی، منافذ بین آوند و پارانیشیم عرضی را در جنس نارون دارای هاله ای واضح و هم اندازه و شکل منافذ بین آوندی اعلام کرده اند [۳۶، ۳۷]؛ در حالی که در پژوهش اخیر این منافذ ساده و کوچک تر از منافذ بین آوندی دیده شدند.

غیر از صدمه های مکانیکی و حمله های عوامل مخرب چوب، دلیل اصلی ایجاد تیل کاهش فشار ستون آب موجود در آوند است [۲۱] و با افزایش احتمال ایجاد حباب هوا در سامانه آوندی تشکیل تیل نیز در آن افزایش می یابد [۳۸]. بنابراین، پیش بینی می شود آوندهای چوب بهاره منطقه کمیجان، که بیشتر تحت تنش خشکی و سرما هستند، دارای تیل به مراتب

که بیشترین این تأثیرات در ویژگی‌های مرتبط با آوند (اندازه آوندها، ضخامت مارپیچی، تیل و...) منعکس شده است. انجام پژوهش‌های تطبیقی مشابه با در نظر گرفتن گسترش جغرافیایی بیشتر و نیز مقایسه‌های بین گونه‌ای می‌تواند به فهم چگونگی تطبیق بافت چوبی با عوامل رویشگاهی کمک شایانی کند.

ویلر و لاپاشا و همکاران (۱۹۸۹ب) از وجود موضعی ساختار مطبق در گونه اوجا صحبت کرده‌اند، ولی در این پژوهش این ساختار در هیچ یک از درختان مشاهده نشد.

در مجموع، نتیجه می‌گیریم تفاوت‌های رویشگاهی بر ویژگی‌های آناتومی چوب گونه اوجا تأثیرگذار بوده

References

- [1]. Singh, G. (2010). Plant Systematics: An integrated approach, 3rd Ed., Science Publishers, United States.
- [2]. Wheeler, E.A., and Manchester, S.R. (2007). Review of the wood anatomy of extant Ulmaceae as context for new reports of late Eocene *Ulmus* woods. Bulletin of Geosciences, 82(4): 329–342.
- [3]. Ilvessalo-Pfäffli, M.S. (1995). Fiber atlas: identification of papermaking fibers, Springer-Verlag, Berlin.
- [4]. Denk, T., and Dilhoff, R.M. (2005). *Ulmus* leaves and fruits from the Early–Middle Eocene of northwestern North America: systematics and implications for character evolution within Ulmaceae. Canadian Journal of Botany, 83(12): 1663-1681.
- [5]. Rackham, O. (2003). Ancient woodland: its history, vegetation and uses, 2nd Ed., Castlepoint Press, Scotland.
- [6]. Iraqi, M.M., Rahnama, K., Mostafa, M., and Marandi, M. (2008). Investigation on isolates of fungus the causal agent of Dutch elm disease in some areas of Golestan province and their pathogenesis effect on *Ulmus* species. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(4): 186-194.
- [7]. Barbour, K.A., and Brinkman, J.R. (2005). *Ulmus* L. in U.S. Forest Service Woody Plant Seed Manual. <http://nsl.fs.fed.us> (10/06/2011).
- [8]. Mohadjer, M.R. (2005). *Silviculture*, University of Tehran Press, Tehran.
- [9]. Sabeti, H. (1999). Iranian Forests, Trees and Shrubs, University of Science and Industry, Tehran.
- [10]. Mozaffarian, V. (2005). Trees and shrubs of Iran, Farhang Moaser Publication, Tehran.
- [11]. Biggerstaffe, C., Iles, J.K., and Gleason, M.L. (1999). Sustainable urban landscapes: Dutch elm disease and disease-resistant elms. SUL-4, Iowa State University.
- [12]. Pooler, M.R., and Townsend, A.M. (2005). DNA fingerprinting of clones and hybrids of American Elm and other Elm species with AFLP markers. Journal of Environmental Horticulture, 23(3); 113-117.
- [13]. Zhong, Y., Baas, P., and Wheeler, E.A. (1992). Wood anatomy of trees and shrubs from China. IV. Ulmaceae. IAWA Bulletin, 13: 419-453.
- [14]. Wheeler, E., Lapasha, C.A., and Miller, R.B. (1989b). Wood anatomy of Elm (*Ulmus*) and Hackberry (*Celtis*) species native to the United States. IAWA Bulletin, 10: 5-26.
- [15]. Schweingruber, F.H. (1990). Anatomy of European Woods, Paul Haupt Berne and Stuttgart Publishers.
- [16]. Schoch, W., Heller, I., Schweingruber, F.H., and Kienast, F. (2004). Wood anatomy of central European Species. Online version: www.woodanatomy.ch (05/02/2011).
- [17]. FFPRI Wood Identification Database Team 2002 onwards. Microscopic identification of Japanese woods. <http://f030091.ffpri.affrc.go.jp/index-E3.html> (18/02/2011).
- [18]. Pearson, R.S., and Brown, H.P. (1932). Commercial timbers of India. Their distribution,

- supplies, anatomical structure, physical and mechanical properties and uses, Volume II. Government of India, Central Publication Branch, Calcutta.
- [19]. Parsa Pajouh, D., and Schweingruber, F.H. (2001). Atlas of the woods of north of Iran, 3rd Ed. Tehran University Publications, Tehran.
- [20]. Safdari, V., and Golchinfar, M. (2011). Comparative wood anatomy of Wych Elm, English Elm, Caucasian Elm and Hackberry. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(3): 564-578.
- [21]. Carlquist, S. (2001). Comparative Wood Anatomy. Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood, 2nd Ed., Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- [22]. Sweitzer, E.M. (1971). Comparative anatomy of the Ulmaceae. Journal of the Arnold Arboretum, 52: 523-585.
- [23]. Jansen, S., Choat, B., Vinckier, S., Lens, F., Schols, P., and Smets, E. (2004). Intervascular pit membranes with a torus in the wood of *Ulmus* (Ulmaceae) and related genera. New Phytologist, 163(1): 51-59.
- [24]. Wheeler, E.A., Baas, P., and Gasson, P. (1989a). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin, 10: 219-332.
- [25]. 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.
- [26]. Thomas, P. (2000). Trees: Their Natural History, 2nd Ed., Cambridge, United Kingdom.
- [27]. Bissing, D.R. (1982). Variation in qualitative anatomical features of the xylem of selected dicotyledonous woods in relation to water availability. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 109: 371-384.
- [27]. Carlquist, S. (1977). Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. American Journal of Botany, 64 (7): 887-896.
- [28]. Solla, A., Martín, J.A., Corral, P., and Gil, L. (2005). Seasonal changes in wood formation of *Ulmus pumila* and *U. minor* and its relation with Dutch elm disease. New Phytologist, 166(3): 1025-1034.
- [29]. Ellmore, G.S., and Ewers, F.W. (1985). Hydraulic conductivity in trunk xylem of elm, *Ulmus americana*. IAWA Bulletin, 6: 303-307.
- [30]. Bayramzadeh, V., Attarod, P., Ahmadi, M.T., Rezaee Amruabadi, S.H., and Kubo T. (2011). Does the climate of the origin control anatomical characteristics of the vessel elements as well as different foliar traits in *Fagus crenata*? Journal of Forest Science, 57 (9): 377-383.
- [31]. Jeje, A.A., and Zimmermann, M.H. (1979). Resistance to water flow in xylem vessels. Journal of Experimental Botany, 30: 817-827.
- [32]. Kohonen, M. (2006). Engineered wettability in tree capillaries. Langmuir, 22(7): 3148-3153.
- [33]. Schweingruber, F.H. 2007. Wood structure and environment, Springer Series in Wood Science, Springer, Heidelberg.
- [34]. Hosseini, Z. (2000). Fiber Morphology in wood and pulp, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.
- [35]. Adamopoulos, S. (2006). Identification of fibre components in packaging grade papers. IAWA Journal, 27(2): 153-172.

- [36]. Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009. <http://delta-intkey.com> (07/01/2011).
- [37]. InsideWood. 2004-onwards. Published on the Internet. <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search> (07/01/2011).
- [38]. Canny, M.J. (1997). Tyloses and the maintenance of transpiration. *Annals of Botany*, 80: 565–570.
- [39]. McElrone A.J., Grant, J.A., and Kluepfel, D.A. (2010). The role of tyloses in crown hydraulic failure of mature walnut trees afflicted by apoplexy disorder. *Tree Physiology*, 30(6): 761-772.
- [40] Bakhshi, R., Kiaei, M., and Veylaki, S. (2011). The effect of climate on fiber properties of Maple wood (*Acer velutinum* Boiss). *Middle East Journal of Scientific Research*, 8 (4): 739-746.
- [41]. Wang, D., and Furukawa, I. (2008). Dendroclimatological studies of elm [*Ulmus*] trees grown in the Hunshandak Desert in China. *Sand Dune Research*, 54(3): 139-146.
- [42]. Nishida, M., Nishida, H., and Ohsawa, T. (1989). Comparison of the petrified woods from the Cretaceous and Tertiary of Antarctica and Patagonia. In: *Proceedings of the National Institute of Polar Research Symposium on Polar Biology*, Tokyo, 2: 198-212. Japan.
- [43]. Gasson, P., Miller, R., Stekel, D.J., Whinder, F., and Ziemin, K. (2010). Wood identification of *Dalbergia nigra* (CITES Appendix I) using quantitative wood anatomy, principal components analysis and naïve Bayes classification. *Annals of Botany*, 105(1): 45–56.
- [44]. Hart, G., and Jay, B.A. (1971). Microscopic structure of hardwoods with terms, definitions and drawings, Teaching Aid No. 6, Timber Research and Development Association, High Wycombe.