

بررسی سیستماتیک تشریح چوب برخی گونه‌های تیره راش با تفسیر اکولوژیک

دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴ / پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸

زهرا کریمی: استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران (z.karimi@gu.ac.ir; karimiln@yahoo.com)

چکیده

گونه‌های تیره راش از عناصر اصلی جنگل‌های پهن‌برگ شمال ایران می‌باشند. اندازه بزرگ و ارزش تجاری چوب درختان آن باعث شده تا از نظر اقتصادی، استفاده از الوار این گیاهان مورد توجه قرار گیرد. علیرغم اهمیت اقتصادی، بررسی اجمالی در مورد مطالعه سیستماتیک تیره نشان داده که تفاسیر متفاوتی از محققان مختلف در مورد گونه‌های تیره راش به علت تنوع زیاد ریخت‌شناسی و وجود دورگه‌های احتمالی، وجود دارد. لذا هدف از این مطالعه، بررسی صفات خاص چوب گونه‌های تیره مذکور و تفسیر ارتباطات تاکسونومیک و اکولوژیک بین گونه‌های موجود در ایران است. به این منظور، تعداد ۱۸ صفت کمی و کیفی از چوب آن‌ها بررسی گردید و تحلیل خوشه‌ای براساس فاصله اقلیدسی و رسته‌بندی مبتنی بر ساختار کواریانس صفات انجام شد. نتایج تحلیل رسته‌بندی با تحلیل خوشه‌ای منطبق بود. نتایج این تحقیق نشان داد صفات تشریحی چوب مانند شکل، اندازه عناصر آوندی، فیبر، تراکتید، دوایر سالیانه رشد، تخلخل و آرایش آوندی و گروه‌بندی آن‌ها، نوع حاشیه و دهانه آن‌ها و آرایش پیت‌های آوندی و شکل آن‌ها و همچنین تراکم چوب از گونه‌های به گونه دیگر متفاوت بود. این یافته‌ها ضمن قابل استفاده بودن برای شناسایی گونه‌ها، نشان داد تفاوت و یا شباهت‌های بین گونه‌ها به محیط اکولوژیک و شرایط رویشگاه آن‌ها بستگی دارد.

واژه‌های کلیدی: آوند، بلوط، تحلیل رسته‌بندی، تحلیل خوشه‌ای، لان

**Systematic study of the wood anatomy of some species of the *Fagaceae* family
with an ecological interpretation**

Received: 04.01.2020 / Accepted: 06.04.2020

Zohreh Karimi: Assistant Prof., Department of Biology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran
(z.karimi@gu.ac.ir; karimiln@yahoo.com)

Summary

Different species of the *Fagaceae* family are the principal components of the broad-leaved forests in North of Iran. Because of the large size of trees and their commercial value of the wood, they are considered to be economically important for use as lumber. Despite its economic importance, a review of the systematic studies of this family shows that, several species have been interpreted differently by various authors due to high variations in morphology and the existence of probable hybrids. The objectives of this study are to elucidate specific characteristics of the wood of the family to obtain evidence regarding taxonomical and ecological relationships among the species occurring in the area. For this purpose, 18 quantitative and qualitative characters from wood were surveyed. Cluster analysis and principal components analysis (PCA) were performed based on Euclidean distance and covariance characteristics, respectively. PCA obtained the same result of the cluster analysis. Results showed that, wood characteristics such as shape and size of vessel elements and fiber and tracheids, growth rings, wood porosity, vessel arrangement together with its grouping, solitary vessel outline, perforation plates and intervessel pits arrangements along with their shape and wood density, varied from species to species. These findings are not only useful for species identification but also showed that, differences and similarities among species are related to ecological environment and habitat conditions.

Keywords: Cluster analysis, PCA, pit, *Quercus*, vessel

مقدمه

تیره راش (*Fagaceae*) دارای درختانی یک پایه با برگ‌های ساده و منفرد و گوشوارک زودافت هستند که در مناطق جنگلی و معتدل نیم کره شمالی پراکنده‌اند. جنس‌های مهم این تیره مانند شاه‌بلوط (*Castanea Mill.*)، راش (*Fagus L.*) و بلوط (*Quercus L.*) در جنگل‌های ایران انتشار دارند. راش و شاه‌بلوط هرکدام با یک گونه و بلوط با تعداد گونه بیشتر در ایران وجود دارد (Sabeti 1994). تاکسونومی گیاهان این تیره از نظر ریخت‌شناسی برگ و میوه مورد توجه بسیاری از تاکسونومیست‌ها چه در جهان و چه ایران بوده است. عدم شناسایی دقیق گونه‌ها، وجود گونه‌های دورگ و نام‌های مترادف، تاثیر تنوع زیاد توپوگرافی، تغییر شرایط اکولوژیکی-اقلیمی جهت تشخیص گونه‌ها و وجود پلی‌مورفسم برگ و هتروفیلی، اختلاف شکل برگ و میوه در گونه‌های مختلف و دورگ‌های احتمالی و همچنین عدم امکان جمع‌آوری نمونه‌های کامل از یک درخت، منجر به تغییراتی در انبوهی درختان شده و تشخیص و شناسایی گونه‌های این تیره را مشکل ساخته است (Jones 1986, Johnson et al. 2002).

نخستین بار تشریح چوب تیره راش توسط متلکاف و چاک (Metkafe & Chalk 1972) انجام شد. وجود کریستال‌های بزرگ در پارانشیم محوری به عنوان صفتی مشخص در تشریح چوب این تیره توسط کارلکوئیست (Carlquist 2001) معرفی شده است. فوجی (Fujii 1993) نیز از روش قالب‌گیری رزین چوب گونه‌های مهم تیره راش که در ژاپن از نظر الوار اهمیت دارند، برای نشان دادن حفرات آوندها و نحوه انتشار آب و پرشدن آوندها از آب، پراکندگی و چگونگی گسترش آوندها در این تیره استفاده کرد. وی اذعان داشت پیت‌های تراکئیدها و فیبرها از نظر شکل و اندازه و پراکندگی در این تیره متفاوت است. الفت و پورطهماسبی (Olfat & Pourtahmasebi 2010) در مقاله‌ای به معرفی برخی خصوصیات افتراقی و راه‌های شناسایی سه گونه بلوط به نام‌های *Q. infectoria*، *Q. brantii*، *Quercus libani* از طریق تشریح چوب آن‌ها پرداخته‌اند. در تحقیقی دیگر، برای شناسایی گونه‌های بلوط از صفات اپیدرم برگ، کرک، قاعده کرک‌ها، روزنه‌ها و واکس کوتیکول و همچنین صفات کوپول (پباله) استفاده شده است (Deng et al. 2015, 2017). بایرامزاده و همکاران (Bayramzadeh et al. 2011) در بررسی

تاثیر عامل اکولوژیک ارتفاع بر چوب و برگ درخت راش نشان دادند که تعداد آوندها در میلی‌متر مربع چوب، درصد مساحت آوندی، هدایت روزنه‌ای، سرعت تبخیر، ضخامت برگ و وزن خشک برگ در هر مساحت برگ رابطه نزدیکی به میزان بارش سالیانه، بهاره، پاییزه و زمستانه داشت. مهمترین مبحث مورد توجه در بررسی آن‌ها، عدم ارتباط داشتن خصوصیات آناتومیک و تشریح عناصر آوندی به میانگین درجه حرارت سالیانه و در عوض وابستگی شدید آن به بارندگی سالیانه بود. طاهری و همکاران (Taheri et al. 2012) معتقدند که ارتباط مستقیم بین سلامت تنه درختان راش، خمیدگی تنه و ارتفاع این درختان با ارتفاع از سطح دریا وجود دارد. ذوقی و همکاران (Zoghi et al. 2013) نیز ارتباط خواص بیومتری فیبر درخت راش مانند طول فیبر، پهنای لومن و ضخامت دیواره فیبر و ضریب بیومتری آن را با ارتفاع از سطح دریا معنی‌دار ارزیابی کردند.

با استفاده از ایزوتوپ کربن، نحوه رشد حلقه‌های رشد و اندکس بقا در شرایط اکولوژیک خشکی درختان آرس و بلوط مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این روش بیانگر اثر متقابل دو عامل اقلیم و شرایط رویشگاه است که روی حلقه رشد درختان اثر بسیار زیادی داشته، به طوری که تاثیر آن موجب گسترش گیاهان در شیب‌های شمالی و جنوبی دامنه‌ها می‌شوند. در این تحقیق مشخص شد، درخت آرس مقاومت بیشتری به شرایط خشکی در شیب‌های جنوبی نسبت به درخت بلوط نشان می‌دهد (Foroozan et al. 2018).

بسیاری از محققان جنگل‌شناس و چوب‌شناس، استفاده از صفات تشریحی چوب گیاه مانند تیپ آوندی در حلقه‌های رویش، شکل و اندازه و عناصر آوندی، اندازه و قطر آوند چوب، فیبر و تراکئید، ضخامت دیواره بین‌آوندی، ضخامت غشا پیت و اندازه آن و غیره را چه به منظور تهیه خمیر کاغذ (Varshoie Tabrizie et al. 1996)، اندازه‌گیری خمش چوب و یا تشخیص گونه‌های مقاوم را در برابر تنش‌های محیطی مفید دانسته‌اند (Ziaco et al. 2014).

هدف از انجام این تحقیق این است که در کنار بررسی تاکسونومی تیره راش، به توجیه علت شکل‌های متنوع تشریحی چوب گونه‌های مختلف این تیره از دیدگاه اکولوژی بپردازد. بنابراین، در تحقیق حاضر فرض بر این است که صفات ریختی و تشریحی چوب گونه‌ها، نه تنها اطلاعات ارزشمندی را در شناسایی گونه‌ها به دست می‌دهند، بلکه اطلاعاتی در مورد نوع رویشگاه و تنوع ژنتیکی گیاهان را نیز مورد بررسی قرار خواهد داد.

روش بررسی

طی مسافرت‌های علمی به مناطق مختلف (اواخر اردیبهشت تا شهریور)، تعداد پنج شاخه برگ‌دار همراه با گل‌آذین و یا میوه از گونه‌ها تهیه گردید و به کمک فلورهای موجود (Menitsky 1971, Davis 1982) و همچنین نمونه‌های هرباریومی دانشگاه گلستان برای شناسایی آن‌ها استفاده شد. فهرست گونه‌ها، نام فارسی، محل جمع‌آوری و کد هرباریومی آن‌ها در جدول ۱ آمده است. برای تهیه صفات و مقاطع میکروسکوپی چوب از روش‌های زیر استفاده شد:

الف) تجزیه چوب (maceration)

از حجم مساوی (۱:۱) اسیداستیک و آب‌اکسیژنه در یک لوله دردار ریخته و بخشی از نمونه چوب که پوست آن قبلاً جدا شده را درون آن انداخته و طبق پروتوکل فرانکلین (Franklin 1945) به مدت ۷۲ ساعت در آن با حرارت ۷۰ درجه سلسیوس به مدت دو شبانه روز قرار دادیم تا زمانی که قطعات چوب کاملاً سفید شدند که نشانه تجزیه ترکیبات سازنده چوب بود. سپس با جدا کردن محلول آن، به آرامی نمونه با آب جاری شستشو داده شد. به کمک اسکالپل، بخش بسیار کوچکی از نمونه را برداشته و روی لام به طور کامل از هم باز کرده و پس از آن با یک قطره سافرانین زیر میکروسکوپ، فیبرها، عناصر آوندی و تراکتیدها، پارانشیم و کریستال‌ها مشاهده شدند. از شکل و فرم و نوع دهانه آوند، شکل و نحوه آرایش و قرار گرفتن پونکتواسیون‌ها (پیت‌ها یا لان‌ها)، پیت‌ها و شکل ظاهری و ترتیب قرار گرفتن آن‌ها و همچنین، مساحت و قطر و اندازه آن‌ها توسط میکروسکوپ روبشی مرکز پژوهشی متالوژی رازی کرج عکس‌برداری شد. طول ۱۲۰-۸۰ عدد از طول عناصر آوندی (vessel element=VE)، طول تراکتید (tracheid=Tr) و طول فیبر (fiber=F) اندازه‌گیری گردید.

ب) مشاهده پیت‌ها

قطعه چوبی از شاخه‌های فرعی (قطر شاخه برابر با یک سانتی‌متر و یا تقریباً به ضخامت انگشتان دست) و هریک از گونه‌ها به طول دو سانتی‌متر و ضخامت یک سانتی‌متر تهیه شد و سپس با ایجاد شکاف طولی قطعه چوب، آن را برای عکس‌برداری توسط میکروسکوپ روبشی آماده کردیم. این عمل نه تنها برای مشاهده پیت‌ها و شکل‌های مختلف و نحوه آرایش آن‌ها، بلکه برای اندازه‌گیری مساحت پیت‌ها یا پونکتواسیون‌ها (pit area=PA)، مساحت دهانه پیت‌ها (pit aperture area=PAA)، قطر پیت (pit diameter=PD) و قطر دهانه پیت (pit aperture diameter=PAD) و نسبتی از مساحت دیواره آوند

(vessel wall=VW) که توسط پیت‌ها اشغال شده (pit area/vessel wall area=PA/VW) کاربرد دارد. همچنین، نسبت مساحت دهانه پیت به مساحت پیت (PAA/PA) با استفاده از نرم‌افزار (Rasband Mac Bio Photonic Image J) (1997-2019) اندازه‌گیری شد. نحوه اندازه‌گیری صفات ذکر شده در شکل ۱ آورده شده است. فهرست صفات کیفی مورد توجه این تحقیق به صورت ماتریس در جدول ۲ آمده است. همچنین، علاوه بر صفات کمی ذکر شده، تراکم چوب در پنج نمونه از هر گونه نیز محاسبه گردید که روش اندازه‌گیری آن در بخش "د" (اندازه‌گیری تراکم چوب) آمده است.

ج) برش‌گیری توسط میکروتوم دستی

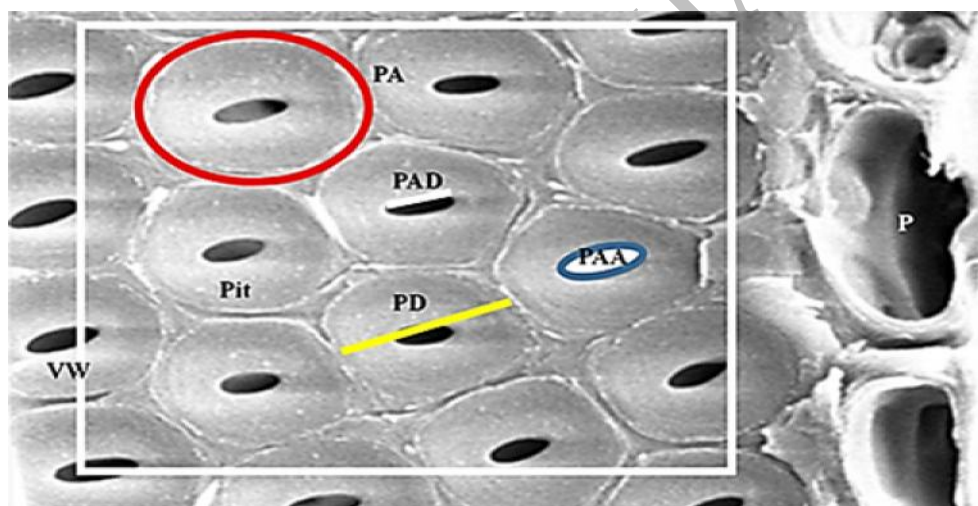
ابتدا چوب به طول دو سانتی‌متر و با ضخامت تقریبی یک سانتی‌متر با استفاده از دستگاه میکروتوم گروه چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مقاطع عرضی با ضخامت ۲۰-۱۸ میکرومتر تهیه گردید. رنگ‌آمیزی نمونه‌ها با استفاده از سافرانین صورت گرفت و پس از طی مراحل مختلف آبگیری توسط الکل در محلول گزلیل برای شفافیت و خروج الکل اضافی قرار داده و برای عکس‌برداری در زمان‌های مختلف، موقتاً در گلیسرین نگهداری شدند. عکس‌برداری با میکروسکوپ نوری دوربین‌دار و اندازه‌گیری تعداد، اندازه و مساحت آوندها توسط نرم‌افزار (Mac Bio Photonic Image J) انجام گرفت. مجموعاً، ۱۸ صفت تشریحی چوب بررسی شد که هشت صفت کیفی و ۱۰ صفت کمی بود. فهرست صفات کیفی مورد نظر در این تحقیق در جدول ۲ آورده شده است.

د) اندازه‌گیری تراکم چوب

قطعات ۲-۳ سانتی‌متری با ضخامت یکسان و به تعداد پنج قطعه چوب را وزن کرده و عدد آن را یادداشت نمودیم. سپس، قطعات چوب را به انتهای سوزنی که به تکیه‌گاهی متصل بود وصل نموده و داخل بشر آب قرار داده و آن را دوباره بدون این که با بدنه بشر تماس گیرد وزن کردیم. اختلاف وزن بین این دو همان وزن تر و واحد آن گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. قطعات چوب را در آن در دمای ۱۰۰ تا ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک نموده و دوباره وزن کردیم. سپس مانند روش قبل وارد بشر آب نموده و وزن جدید را به دست آوردیم. اختلاف حاصل این دو وزن، همان وزن خشک و واحد آن گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. این کار را برای تمام نمونه‌ها با پنج تکرار انجام داده و از فرمول ویلیامسون و ویمن (Williamson & Wiemann 2010) برای محاسبه تراکم چوب هر یک از گونه‌ها استفاده نمودیم. توضیح این که میزان تراکم چوب بین ۰ تا ۱/۵ در گیاهان متغیر است و واحدی ندارد.

جدول ۱- اسامی گیاهان (جمع‌آوری شده و هرباریومی) مورد بررسی همراه با اطلاعات مربوط

محل جمع‌آوری و نام جمع‌آوری کننده	کد هرباریومی	نام فارسی	آرایه
جنگل‌های سی‌سنگان نوشهر (کریمی)	۴۷۲۸	شاه‌بلوط	<i>Castanea sativa</i> Mill.
جنگل‌های غرب مازندران (کریمی)	۴۷۰۰	راش	<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.
علی‌آباد-کبودوال (قوی‌اندام)	۶۲۵۴	کرمازو	<i>Quercus atropatana</i> Schwarz
خرم‌آباد لرستان (حسن عباسی)	۱۸۱۳	برودار	<i>Q. brantii</i> Lindl.
سردشت (حسن عباسی)	۷۱۲۵	-	<i>Q. cardachorum</i> C. Koch
چالوس (کریمی)	۴۶۸۱	بلندمازو	<i>Q. castaneifolia</i> C.A.Mey.
مریوان-سردشت (حسن عباسی)	۶۵۲۵	دارمازو	<i>Q. infectoria</i> Oliv.
ارومیه (حسن عباسی)	۲۴۹۶	وی‌ول	<i>Q. libani</i> G.Olivier
گرگان (کریمی)	۵۲۱۳	اوری	<i>Q. macranthera</i> Fisch. & C.A.Mey.
ساری (کریمی)	۶۲۵۳	سفیدمازو	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.



شکل ۱- مشخصات پیت‌ها با عکس‌برداری توسط میکروسکوپ الکترونی (رویشی): PA. مساحتی که غشاپیت یا پیت بین‌آوندی اشغال می‌کند، PAA. مساحت سطح دهانه پیت، PD. قطر پیت که طولی‌ترین قطر افقی غشا پیت اندازه‌گیری می‌شود، PAD. قطر دهانه پیت که در پهن‌ترین بخش دهانه اندازه‌گیری می‌گردد. مساحتی (مربع سفید) از دیواره آوند یا VW که توسط مساحتی از پیت‌ها (pit) اشغال شده است و به نام کسر محدوده پیت نامیده می‌شود، محاسبه می‌گردد، P. پارانشیم اشعه آوندی.

Fig. 1. SEM image of Intervessel pits associated with pit characters: PA. Area occupied by pit border or the intervessel pit membrane, PAA. Pit aperture surface area, PD. Diameter of pit measured as the horizontal pit membrane diameter at its widest point, PAD. Diameter of the outer pit aperture measured at the widest part of the opening. Intervessel pit-field fraction measured as ratio of intervessel wall area occupied by pits to total intervessel wall area (intervessel wall area or VW showed with white square), P. Ray parenchyma.

جدول ۲- ماتریس صفات کیفی-تشریحی چوب در بررسی گونه‌ها

صفات	کد حالات صفات
حلقه رشد	(۱) واضح و مشخص (۲) غیرمشخص
تخلخل آوندها	(۱) روزنه‌ای (۲) پراکنده‌آوند (۳) نیمه‌روزنه‌ای
آرایش آوندها	(۱) در نوارهای مماسی (۲) مورب و شعاعی (۳) طرح درختی یا شعله‌ای
گروه‌بندی آوندها	(۱) فقط منفرد (۲) در دستجات شعاعی یا بیش از چهار آوند (۳) به صورت گروه‌های خوشه‌ای یا دسته‌ای
حاشیه آوندهای منفرد	(۱) گوشه‌دار یا زاویه‌دار (۲) گرد
دهانه آوندی	(۱) ساده (۲) نردبانی و ساده تواما
آرایش پیت‌های بین‌آوندی	(۱) نردبانی (۲) متقابل (۳) متناوب (۴) نردبانی تا متقابل
شکل پیت‌های بین‌آوندی	(۱) چندگوش (۲) گرد یا تخم‌مرغی (۳) مورب گرد یا نردبانی

محیطی، مورد توجه اکولوژیست‌ها قرار دارد. این عناصر در *Q. brantii* با کم‌ترین طول (۳۲۲ میکرومتر) و در *F. orientalis* با بیش‌ترین طول (۵۵۸ میکرومتر) دیده می‌شوند. فیبرها گرچه در انتقال آب دخالتی ندارند، ولی در استحکام بخشیدن به ساختار ثانویه گیاه و استقامت تنه درخت نقش مهمی دارند، لذا طول و ضخامت دیواره آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. طول فیبر در *C. sativa* و *Q. libani* و *Q. cardachorum* به ترتیب ۴۲۵، ۴۶۰ و ۴۶۱ میکرومتر کم‌ترین و در *Q. atropatana* با ۶۷۴ میکرومتر بیش‌ترین طول را نشان داد. عناصر اصلی سازنده چوب با شکل‌ها و اندازه‌های متفاوت در گونه‌های مختلف، در شکل A-F ۲ نشان داده شده است.

در گیاهان عالی، عامل انتقال آب از سلولی به سلول دیگر و از آوندی به آوند دیگر، پونکتواسیون‌ها (پیت‌ها یا لان‌ها) می‌باشند که در عناصر آوندی و تراکئیدها از نوع پیت‌های هاله‌ای یا هلالی و در فیبرها از نوع ساده است. آرایش پیت‌های هلالی در آوندها به صورت‌های نردبانی، متقابل و متناوب یا حالت‌هایی ترکیبی از نردبانی تا متقابل در این تیره می‌باشد. در *Q. macranthera* آرایش پیت بین‌آوندی، نردبانی تا متقابل و در *Q. petraea* به صورت نردبانی، در *Q. libani* و *Q. infectoria* متناوب و در بقیه گونه‌ها آرایش متقابل را نشان دادند (شکل ۲). شکل پیت‌ها در *Q. macranthera*، *Q. castaneifolia* و *Q. cardachorum* به صورت مورب گرد تا نردبانی شکل و در بقیه گونه‌ها گرد و یا تخم‌مرغی شکل است (شکل ۲).

آوندهای تکامل‌یافته‌تر دارای دهانه‌های آوندی ساده (simple perforation plate) و آوندهای غیرمتکامل دارای

- تحلیل آماری و ارزیابی داده‌ها

روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا PCA (براساس ماتریس کواریانس) روی داده‌های نرمال شده بر مبنای اندازه انجام شد تا پراکنش گونه‌ها توجیه گردد و همچنین رسته‌بندی یا اوردیناسیون آرایه‌ها به وسیله تحلیل مؤلفه‌های اصلی (ماتریس-واریانس-کواریانس) انجام شد. رابطه گونه‌ها با استفاده از ماتریس فاصله اقلیدسی و به کارگیری میانگین فاصله‌ها توسط تحلیل خوشه‌ای به دست آمد. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار PAST استفاده شد (Hammer et al. 2001).

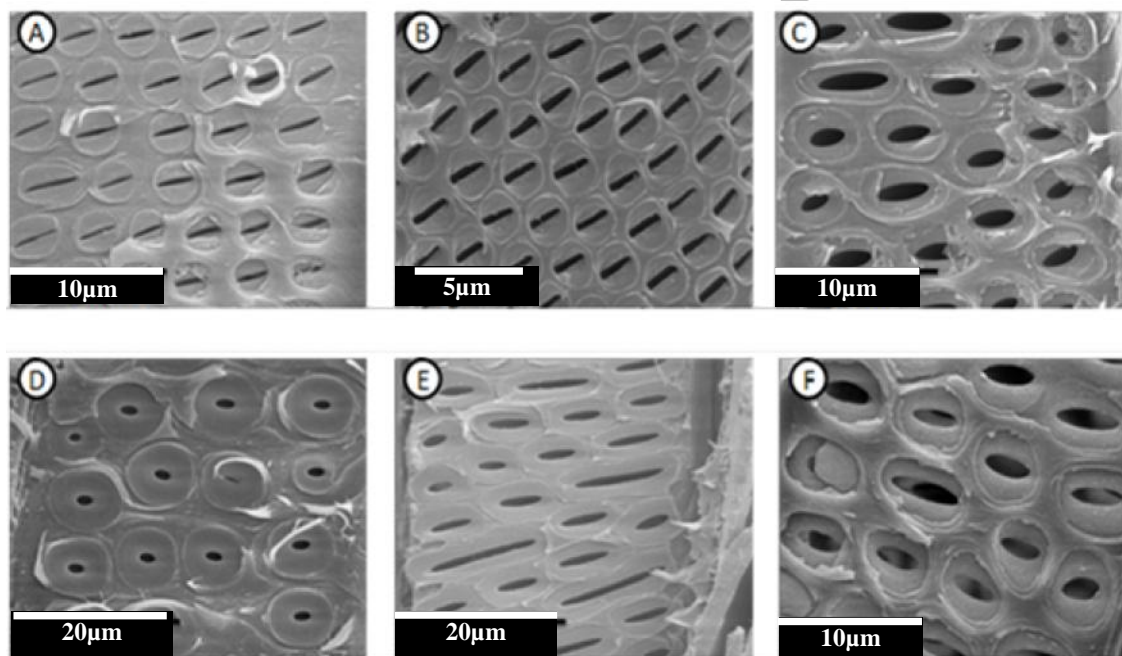
نتیجه

نتایج حاصل از تجزیه چوب نشان داد که در ترکیب ساختاری چوب ثانویه گیاهان تیره راش هر سه اجزای تراکئیدی یعنی تراکئید (tracheid)، فیبر (fiber) و عنصر آوندی (vessel element) وجود دارد. تنوع شکل و اندازه عناصر آوندی، شکل و اندازه پیت‌های آوندی، قطر و مساحت پیت و دهانه پیت، از تفاوت‌های تشریحی گیاهان چوبی محسوب می‌شود. عنصر آوندی در چوب بهاره پهن‌تر و کوتاه‌تر و در چوب پاییزه باریک‌تر و بلندتر است، بنابراین در اندازه‌گیری کمی از میانگین طول آن استفاده می‌شود. با توجه به صفات کمی اندازه‌گیری شده تشریح چوب، طول عنصر آوندی در جنس بلوط از حدود ۳۲۰ میکرومتر در *Q. brantii*، *Q. macranthera* و *Q. castaneifolia* تا حدود ۶۰۰ میکرومتر و در *Q. atropatana* و *Q. petraea* متغیر است. تراکئیدها که نه تنها به عنوان عناصر هادی بلکه استحکام‌دهنده محسوب می‌شوند، وجودشان به عنوان عناصر یذکی در کنار آوندها و یا ذخیره‌کنندگان آب در تنش‌های

جمله خشکی و کم‌آبی محسوب می‌شود، زیرا هر چه سطحی که پیت‌ها در آوند اشغال می‌کنند کم‌تر و دهانه پیت کوچک‌تر باشد، احتمال ورود هوا (air seeding) به درون آوند از طریق غشای پیت کم‌تر و احتمال حفره‌سازانی (embolism or cavitation) در آوند کم‌تر خواهد شد، به طوری که گیاهانی که در مناطق خشک با پدیده کم‌آبی مواجه هستند، حفره‌سازانی در آن‌ها دیرتر اتفاق می‌افتد. به همین ترتیب، قطر کم‌تر پیت و دهانه آن نیز در این امر مؤثرتر خواهند بود. مشاهدات نشان داد که بیش‌ترین مساحت پیت و مساحت دهانه آن، قطر پیت و قطر دهانه آن در *Q. atropatana* و کم‌ترین مساحت دهانه پیت و قطر دهانه پیت در *Q. macrantherra* وجود دارند.

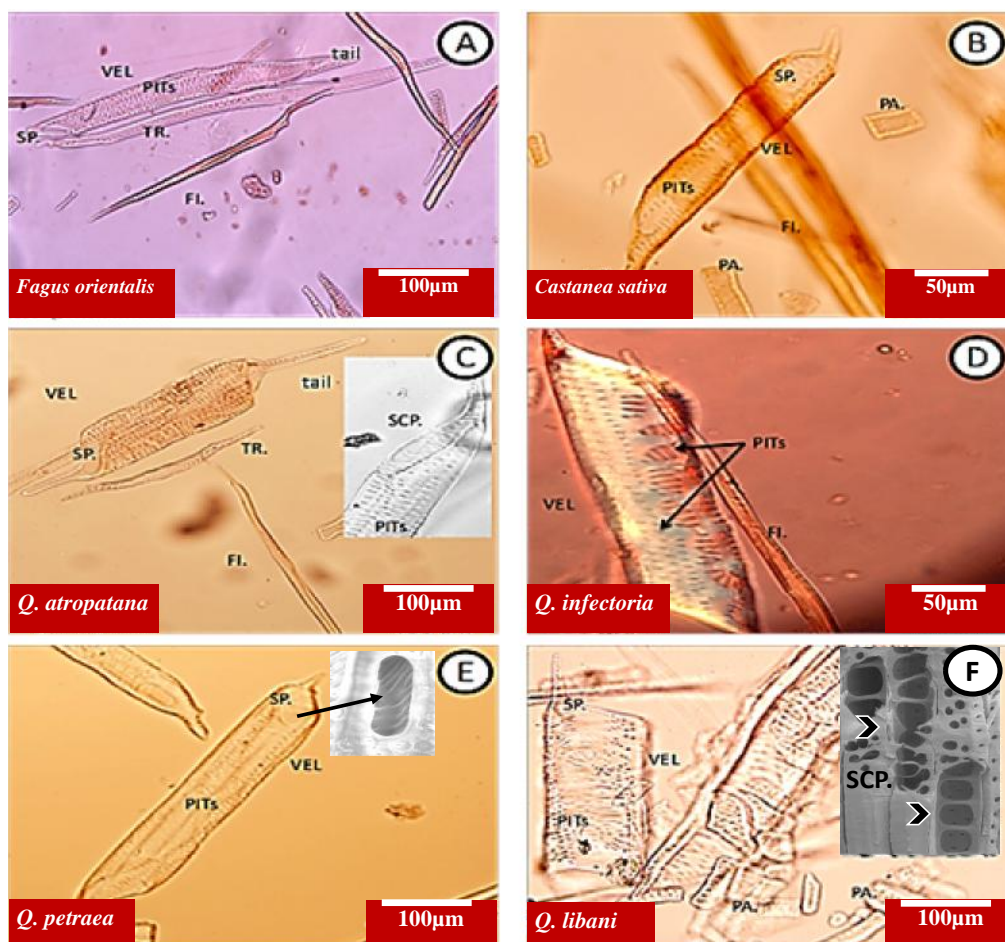
دهانه‌های آوندی نردبانی (scalariform perforation plate) می‌باشند. گاه حالت‌های حد واسط در این دو نوع نیز دیده می‌شود، به طوری که در برخی گیاهان (شکل C, F) هر دو نوع دهانه آوندی وجود دارد؛ البته آوندهای پاییزه می‌توانند حالت نردبانی را نشان دهند، زیرا از عناصر آوندی باریک‌تری تشکیل شده‌اند. اکثر عناصر آوندی تیره راش دارای دهانه آوندی ساده بودند، ولی هر دو نوع ساده و نردبانی نیز در برخی گونه‌ها مانند *Q. atropatana*، *Q. libani*، *Q. macrantherra* (شکل ۳) می‌شوند.

مساحت پیت به عنوان مساحت اشغال شده آوند توسط حاشیه پیت (pit border) یا غشا پیت (intervessel pit membrane) است. همچنین، نسبت مساحت دهانه پیت به مساحت آن، شاخصی برای تشخیص گونه‌های مقاوم به تنش‌های محیطی از



شکل ۲- آرایش پیت‌های بین‌آوندی در گونه‌های مختلف توسط میکروسکوپ الکترونی: A. شاه‌بلوط، B. وی‌ول، C. راش، D. دارمازو، E. سفیدمازو، F. کرمازو. شکل پیت‌ها در A، B و D گرد و در بقیه گرد تا تخم‌مرغی و یا نردبانی شکل دیده می‌شوند.

Fig. 2. SEM images of intervessel pitting: A. *Castanea sativa*, B. *Quercus libani*, C. *Fagus orientalis*, D. *Q. infectoria*, E. *Q. petraea*, F. *Q. atropatana*. A, B & D showing circular-shaped pitting and C, E & F with circular-ovate or scalariform-shaped pitting.

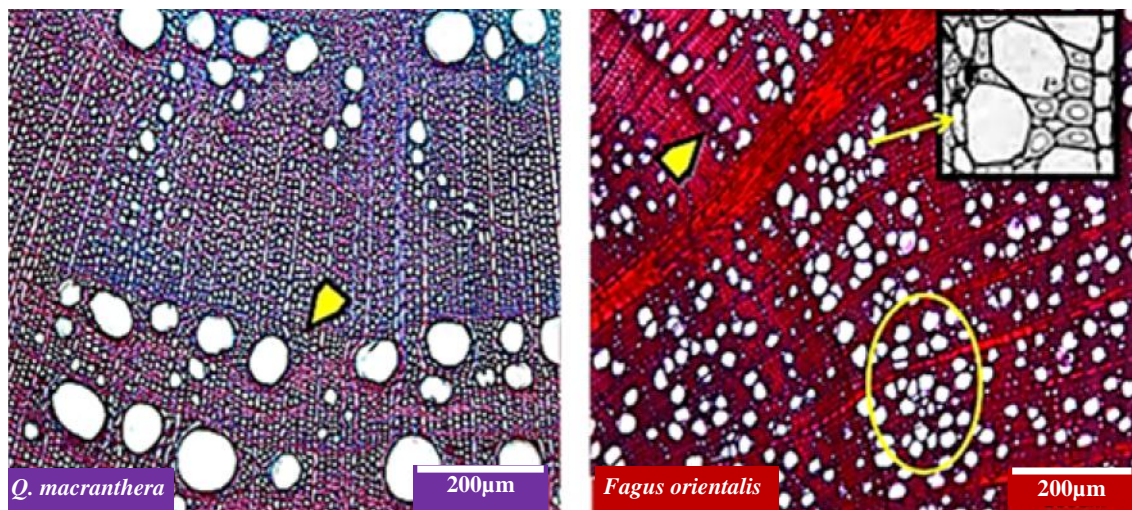


شکل ۳- مشخصات عناصر سازنده بخش هادی در نمونه‌های چوب تجزیه شده: A-B (راش و شاه‌بلوط) و E (سفیدمازو)- عنصر آوندی با دهانه آوندی ساده و دم کوتاه و پیت‌های هاله‌ای، D (دارمازو)- عنصر آوندی با دهانه آوندی ساده و دو نوع پیت از نوع هاله‌ای و نردبانی، C & F (کرمازو و وی‌ول) عنصر آوندی با دهانه آوندی نردبانی و دم بلند، عنصر آوندی: VEL، تراکتید: TR، فیبر: FI، سلول‌های پارانشیمی، PA پونکتواسیون‌ها یا پیت‌ها: PITs، دهانه آوندی ساده: SP، دهانه آوندی نردبانی: SCP، دم یا دنباله عنصر آوندی: tail (پیکان در شکل D پیت‌ها و در شکل‌های E و F به ترتیب دهانه آوندی ساده و نردبانی را نشان می‌دهند).

Fig. 3. Macerated wood samples showing some tracheary element characters: A-B. (*Fagus orientalis* & *Castanea sativa*) and E. (*Quercus petraea*)- Vessel element with simple perforation plate and a small tail with bordered pits, D. (*Q. infectoria*)- Vessel element with simple perforation plate and two kinds of pits (bordered pits and scalariform pits), C & F. (*Q. atropatana* & *Q. libani*)- Vessel element with a long tail, and scalariform perforation, FI. Fibers, VEL. Vessel element, TR. Tracheid, SCP. Scalariform perforation plate, SP. Simple perforation plate, PA. Parenchyma cells, tail, Vessel element tail (arrow showing pits in D., and simple and scalariform perforation plate in E & F, respectively).

آرایش درختی (dendritic) را نشان داد. اکثر گروه‌بندی آوندی (vessel grouping) در این تیره از نوع منفرد (exclusively solitary) بود، ولی در گونه *Q. libanii* به صورت چندتایی شعاعی (radial multiple) و در *F. orientalis* و *Q. petraea* به صورت خوشه‌ای (cluster) دیده شد. حاشیه آوندهای منفرد اکثر گونه‌ها گرد (annular) بود (به جز گونه‌های *F. orientalis* و *Q. branitii* که گوشه‌دار (angular) بودند) (شکل ۴).

تشریح عرضی چوب نشان داد که حد دوایر رویشی (growth ring boundaries) در اکثر گیاهان این تیره به جز گونه *Q. atropatana*، مشخص (distinct) بود. بیش‌ترین نوع تخلخل آوندی در این تیره از نوع روزنه‌ای (ring-porous) بود و پراکنده‌آوند (diffuse-porous) در *Q. castaneifolia* دیده شد. آرایش آوندها در چوب بیش‌تر گونه‌ها به صورت نوارهای مماسی (tangential) یا ترکیبی از مماسی و مورب (diagonal) به جز گونه *C. sativa* که



شکل ۴- برش عرضی چوب نشان‌دهنده حلقه رشدی و نحوه آرایش آوندی. تصویر سمت راست: حلقه رشد از نوع مشخص در راش (پیکان پهن) و تخلخل آوندی از نوع پراکنده آوند، آرایش آوندی به صورت خوشه‌ای (دایره) با حاشیه‌های آوند گوشه‌دار (فلش) دیده می‌شوند. تصویر سمت چپ: حلقه رشد در بلوط‌آوری از نوع مشخص (پیکان پهن)، تخلخل آوندی از نوع روزنه‌ای و آرایش آوندی به صورت منفرد است (پیکان دواپر رویشی را نشان می‌دهد).

Fig. 4. Cross sections of wood showing growth rings and vessel arrangements. Right picture: Growth ring in *Fagus orientalis* is distinct and wood porosity is diffuse-porous and vessel arrangements are in a clusters pattern (circular loop) and vessel margins are angular (arrow). Left picture: Growth ring in *Quercus macranthera* is distinct and wood is ring-porous, vessel arrangements are in exclusively solitary vessel (arrow showing growth ring).

مؤلفه‌های اصلی در شکل ۵ آورده شده است. در مؤلفه دوم و در بالای نمودار، گونه‌های *Q. petraea*، *Q. macranthera* و *Q. castaneifolia* دارای بیش‌ترین اندازه صفات طول عنصر آوندی، طول تراکتید و طول فیبر هستند. عکس این حالت را در گونه‌های *Q. brantii*، *Q. libani*، *Q. infectoria* و *Q. cardachorum* می‌توان مشاهده نمود (موقعیت قرار گرفتن آن‌ها در پایین نمودار در شکل ۵ آورده شده است).

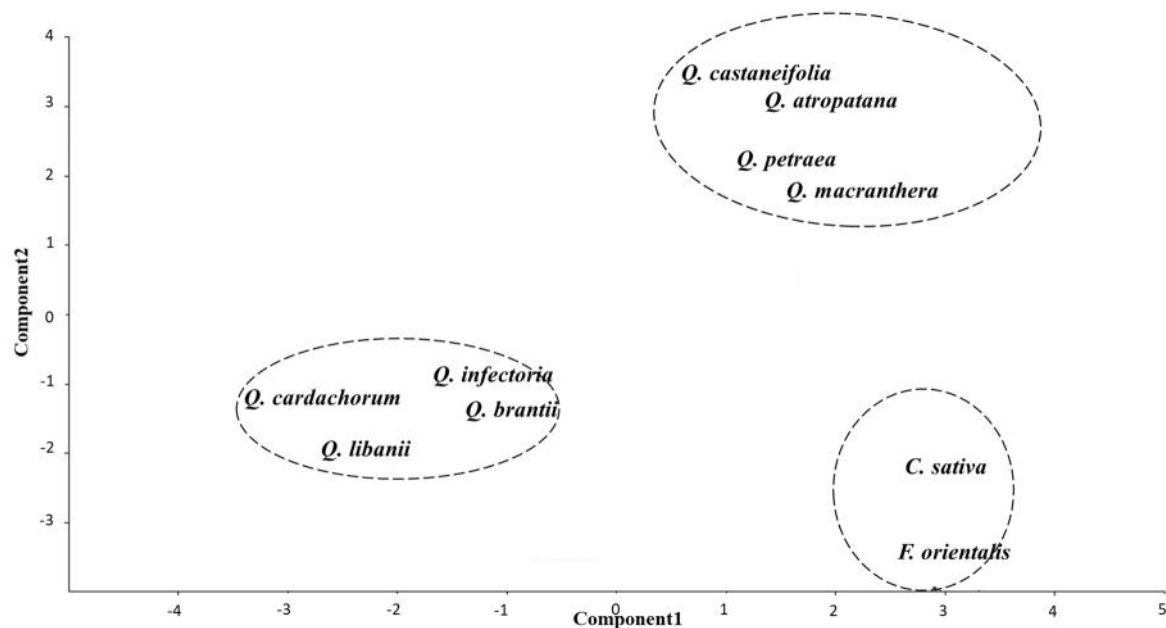
تحلیل خوشه‌ای تیره راش منطبق بر رسته‌بندی گونه‌های فوق در سه گروه نشان داده شده‌اند. در نخستین گروه، گونه‌های راش (*Fagus orientalis*) و شاه‌بلوط (*Castanea sativa*) از سایرگونه‌ها جدا شده‌اند. در دومین گروه، *Q. Libani* - *Q. cardachorum* تشکیل یک زیرگروه و *Q. brantii* - *Q. infectoria* زیرگروه دیگر را ایجاد کرده‌اند. گروه سوم از دو زیرگروه با گونه‌های *Q. castaneifolia* - *Q. atropatana* و *Q. macranthera* - *Q. petraea* تشکیل شده است که با توجه به مکان رویشگاه گونه‌های فوق (جدول ۱)، می‌توان تاثیر اکولوژیک محل جمع‌آوری را مؤثر بر این نوع خوشه‌بندی دانست (شکل ۶).

- تراکم چوب

وقتی سخن از تراکم چوب (basic specific gravity or wood density) به میان می‌آید، آنچه ابتدا به ذهن متبادر می‌گردد، میزان مقاومت گیاه در برابر شکستگی بر اثر بادهای سهمگین و یا ابزارهای ساخته دست بشر است. حال آن که با وجود درستی این امر در مفهوم کلی؛ از نظر علمی، این تراکم به میزان لیگنینی که از ترکیبات مهم سازنده چوب می‌باشد بستگی دارد، زیرا این ماده در دیواره سلولی ثانویه گیاهانی که ساختار پسین دارند به فراوانی یافت می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که تراکم چوب در *C. sativa* دارای کم‌ترین (۰/۴۵) و در *Q. petraea* بیش‌ترین میزان (۰/۸۰) است.

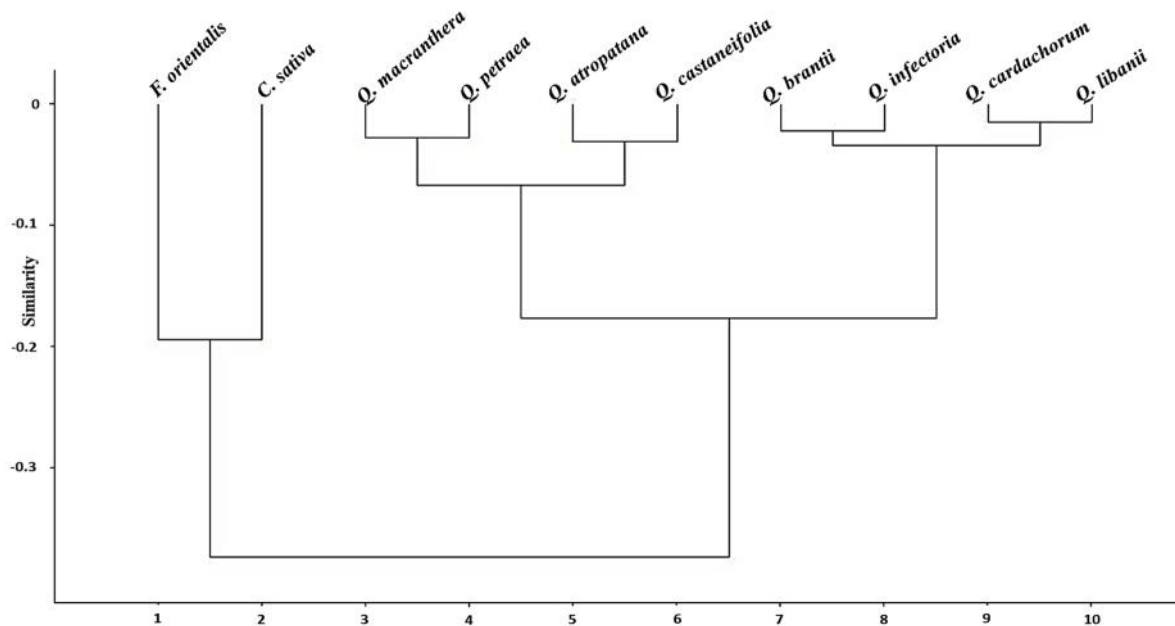
- تحلیل داده‌ها و آنالیز خوشه‌ای

همبستگی صفات کمی و کیفی گونه‌ها با مؤلفه نخست، حاکی از آن است که گونه‌هایی مانند *F. orientalis* و *C. sativa* که بیش‌ترین اندازه در مؤلفه اول را نشان می‌دهند، دارای بزرگ‌ترین اندازه تخلخل آوندی، آرایش آوندی، گروه‌بندی آوندها، دهانه آوندی و نسبت کل مساحت پیت به مساحت کل دیواره آوندی هستند. البته عکس این حالت برای گونه‌های *Q. brantii*، *Q. libani*، *Q. infectoria* و *Q. cardachorum* صادق است (نتایج تحلیل



شکل ۵- تحلیل رسته‌بندی صفات تشریح چوب تیره راش.

Fig. 5. PCA analysis on the basis of wood anatomical traits of the *Fagaceae* family.



شکل ۶- تحلیل دندروگرام خوشه‌ای صفات کمی و کیفی تشریح چوب تیره راش.

Fig. 6. Cluster analysis on the basis of wood anatomical traits of the *Fagaceae* family.

بحث

نگاهی دقیق بر صفات کمی و کیفی تشریحی چوب حاصل از ۱۰ گونه و سه جنس مورد مطالعه در تیره راش نشان داد که بسیاری از صفات حتی برای گونه‌های انفرادی مطالعه شده، جزو صفات تشخیصی (diagnostic features) هستند. مطالعه صفاتی مانند مساحت پیت و مساحت دهانه آن و نسبت آن دو به یکدیگر، قطر پیت، قطر دهانه، آرایش و نوع پیت‌ها، دهانه آوندی نردبانی و ساده در عناصر آوندی سازنده چوب نه تنها می‌تواند در بررسی سیستماتیک تیره، جنس یا گونه‌ها مفید باشد بلکه تا حدودی در تشخیص گونه‌های مقاوم به خشکی نیز کمک می‌نماید.

در این بررسی، بلوط‌آوری *Q. macranthera* و *Q. atropatana* کم‌ترین و بیش‌ترین مساحت پیت و *Q. atropatana* و بیش‌ترین مساحت دهانه پیت را نشان دادند. قطر پیت در *Q. atropatana* و *F. orientalis* به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین اندازه و قطر دهانه پیت نیز در گیاهان *Q. brantii* و *Q. atropatana* به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین بود. تحقیقات آناتومی متعددی در زمینه هدایت آبی آوند چوب و حفره‌سازنی از طریق پیت‌ها صورت گرفته و نتایج منطبق یا متضادی هم به دست آمده، اما آن چه که عموماً در دیدگاه محققان مورد پذیرش می‌باشد این است که با افزایش مساحت یا قطر پیت یا دهانه پیت، حفره‌سازنی یا ورود هوا به درون آوند چوب سریع‌تر صورت می‌گیرد که گاهی عناصر آوندی با داشتن دم (tail) (شکل ۲) در دو انتهای خود در به دام انداختن حباب‌های هوا نقش خود را نشان می‌دهند (Carlquist 2001).

در این پژوهش، مشخص شد که گیاهان این تیره دو نوع دهانه آوندی را نشان می‌دهند که گاه در یک گونه هر دو حالت نیز رؤیت می‌شود. از نظر سیستماتیک، دهانه‌های آوندی نردبانی و ساده یکی از راه‌های شناسایی گونه‌های غیرتکامل یافته و تکامل یافته‌اند؛ با توجه به این که گونه‌هایی که دارای دهانه آوندی ساده می‌باشند تکامل یافته‌تر هستند. محققان وجود هر دو نوع دهانه را در گیاهان به این صورت توجیه کرده‌اند که در چوب بهاره آوندها درشت‌تر و دهانه بزرگ‌تر بوده و بنابراین از نوع ساده ولی در چوب‌های پاییزه آوندها باریک‌تر و دهانه از نوع نردبانی است. پیت‌های نردبانی نیز در گیاهان غیرتکامل یافته‌تر دیده می‌شود (Carlquist 2001).

مساحتی از آوند که توسط پیت اشغال شده بود در *Q. brantii* کم‌ترین و در *Q. castaneifolia* بیش‌ترین بود و

نسبت مساحت دهانه به سطح پیت نیز در *Q. macranthera* کم‌ترین و در *Q. infectoria* بیش‌ترین مقدار را نشان داد. محققان عقیده دارند که نسبت سطحی که پیت‌ها در دیواره آوند اشغال می‌کنند و نسبت مساحت دهانه پیت به مساحت پیت نیز هر چه کوچک‌تر باشد مقاومت به حفره‌سازنی را بهبود بخشیده و مانع از پاره شدن غشای پیت (pit membrane) می‌گردد (Lens et al. 2011).

به نظر می‌رسد، دوایر رشد مشخص در اکثر گونه‌های تیره، به عوامل محیطی مانند فوتوپریود، نوسانات دمایی و قابلیت دسترسی به آب بستگی داشته باشد (Elmore & Ewers 1985). بنابراین، نوسانات دما، بارندگی و تغییرات ارتفاع و یا در دسترس بودن رطوبت خاک فاکتورهای مهمی هستند که دوایر رشد نامشخص در *Q. atropatana* را تشریح می‌کنند.

تخلخل چوب به طور عمومی در دولپه‌ای‌های چوبی از نوع پراکنده‌آوند (diffuse-porous) است ولی ساختار چوب تیره راش نشان داد که تخلخل چوب در جنس بلوط از نوع روزنه‌ای (ring-porous) بوده و چوب پراکنده‌آوند نیز در *Q. castaneifolia* دیده شد. حالت پراکنده‌آوند در راش *F. orientalis* و در جنس شاه‌بلوط *C. sativa* نیز از نوع روزنه‌ای مشاهده گردید. آرایش آوندها در چوب بیش‌تر گونه‌ها به صورت نوارهای مماسی (tangential) یا ترکیبی از مماسی و مورب (diagonal)، بود به جز گونه *C. sativa* که آرایش درختی (dendritic) را نشان داد. اکثر گروه‌بندی آوند (vessel grouping) در این تیره از نوع منفرد (exclusively solitary) بود، ولی در گونه *Q. libanii* به صورت چندتایی شعاعی (radial multiple) و در *F. orientalis* و *Q. petraea* به صورت خوشه‌ای (cluster) دیده شد. تحقیقات نشان داده است که نوع آرایش آوندی به صورت خوشه‌ای یا چندتایی شعاعی ممکن است امکان ایجاد یک سیستم هدایتی مناسب را نماید که قابلیت گذر از آوندهایی که دچار حفره‌سازنی (embolized vessels) شده‌اند را بدون از دست دادن هدایت آبی بالا دارا می‌باشد (Carlquist 2001). گیاهان با تخلخل روزنه‌ای، بیش‌تر دستخوش پدیده حفره‌سازنی بوده و لذا برای جلوگیری از هدر رفتن آب در اثر تعرق، به ایجاد و افزایش میزان کوتیکول و کرک‌های مختلف اپیدرمی می‌پردازند.

در این تحقیق، صفات دوایر رویشی، تخلخل و آرایش آوندی، گروه‌بندی آوندها، حاشیه و دهانه آوندی و همچنین آرایش و شکل پیت‌های بین‌آوندی گونه‌های بلوط *Q. libani*، *Q. brantii* و *Q. infectoria* به جز صفت دهانه آوندی

مولکولی بین لیگنین و آب باعث می‌شود که در برابر مکش تعرق مقاومت بیش‌تری داشته باشد و دیرتر آب خود را از دست دهد. فیبرها جزو اصلی مقاومت مکانیکی بافت چوب بوده و دارای بیش‌ترین میزان لیگنین در دیواره ثانویه هستند، بنابراین بیش‌ترین مقاومت را در اطراف سلول‌های هادی ایجاد می‌کنند تا از فشار سلول‌های اطراف بر آن‌ها جلوگیری کرده و همچنین از میزان فشار حاصل از مکش بر دیواره آوندهای چوبی بکاهند (Jacobsen *et al.* 2005). به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که چوب‌های متراکم‌تر آسیب‌پذیری کم‌تری به حفره‌سانی (cavitation) و تخریب دیواره‌ای دارند (Hecke *et al.* 2001). صفات تشخیصی تشریحی گونه‌های تیره راش در جدول ۲ آورده شده است.

مطالعات رسته‌بندی و تحلیل خوشه‌ای این تحقیق نشان‌دهنده مؤثر بودن صفات ریختی بر تاکسونومی و شناسایی گونه‌ها و جنس‌های این تیره (راش) است. پنگ و همکاران (Peng *et al.* 2007) نیز در بررسی تاکسونومی عددی و تحلیل خوشه‌ای جنس بلوط با ۲۵ صفت کیفی و ۱۸ صفت کمی دریافتند که جنس بلوط به پنج گروه یا بخش با نام‌های sect. *Aegilops*, sect. *Quercus*, sect. *Brachylepides*, sect. *Echinolepides* و sect. *Engleriana* تقسیم می‌شود و نمودار حاصل از تحلیل رسته‌بندی مشابه با تحلیل خوشه‌ای شان بود. این محققان معتقدند که صفات اصلی تاکسونومیک در بلوط هنوز موجود بوده و فقط در فرآیند تکامل چندگروه مختلف در جنس بلوط ایجاد شده است. آن‌ها استفاده از صفات ریختی در تشخیص و شناسایی گونه‌های نزدیک به هم بلوط را مؤثر دانسته‌اند.

مطالعات رسته‌بندی و تحلیل خوشه‌ای این تحقیق نشان داد که گونه *F. orientalis* و اکثر گونه‌های بلوط به جز *Q. petraea* دارای صفات منحصر به فردی می‌باشند که آن‌ها را به یکدیگر شبیه و از جنس‌های دیگر این تیره جدا ساخته‌اند. استفاده از مارکرهای ITS PCR-RFLP در مطالعات فیلوژنی تمام جنس‌های این تیره، نشان داده است که بیش‌تر بلوط‌ها یا به صورت گروه‌های فروجنسی (infrageneric group) و یا گروه‌های وابسته به مناطق اکولوژیک (ecological area) قابل دسته‌بندی هستند (Coutinho *et al.* 2015).

این پژوهش همچنین نشان داد که گونه‌های *Q. libani*, *Q. cardachorum* و به دنبال آن *Q. brantii* و *Q. infectoria* در تحلیل خوشه‌ای و رسته‌بندی کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. این تحقیق، همچنین نشان داد که گونه‌های بلوط با اقلیم نسبتاً

در بلوط *Q. libani* با مطالعات الفت و پورطهماسی (Olfat & Pourtahmasi 2010) که به معرفی برخی خصوصیات افتراقی و راه‌های شناسایی سه گونه بلوط ذکر شده در بالا از طریق تشریح چوب آن‌ها پرداخته‌اند، منطبق بود.

فوجی (Fujii 1993) در بررسی خود متوجه شد که پراکندگی آوندها در این تیره بسیار متغیر است و سه حالت پراکنده‌آوندی، آوندهای شعاعی و روزنه‌ای وجود دارد. وی همچنین نشان داد، آوندهای بلند به راحتی جدا می‌شوند و همراه آن‌ها تراکنیدها و پارانشیم‌های آوندی وجود دارند که با سلول‌های پارانشیم اشعه آوندی متصل می‌باشند. در گونه‌هایی از راش و شاه‌بلوط و کاتانوپسیس، پیت‌های پراکنده در چوب‌های پاییزه و در چوب‌های بهاره، پیت‌های مشخص و فشرده در سطح آوندها دیده می‌شد. فوجی (1993) ادعان داشت پیت‌های تراکنیدها و فیبرها از نظر شکل و اندازه و پراکندگی در این تیره متفاوت است.

ییلماز و همکاران (Yilmaz *et al.* 2008) رابطه معنی‌داری بین صفات تشریحی چوب و خصوصیات خاک به دست آوردند. این محققان بیان داشتند که ارتفاع به عنوان عامل اقلیمی بسیار مهمی در تشکیل و فرم چوب در گیاهان، رابطه مثبتی با ضخامت دیواره تراکنید و رابطه منفی با طول و قطر عناصر آوندی در چوب پاییزه، تعدادی پارانشیم اشعه‌ای تک‌ردیفه، نشان می‌دهد.

در این تحقیق، مشخص شد که بیش‌ترین تراکم چوب را *Q. petraea* و کم‌ترین را *C. sativa* دارا می‌باشند. وجود و وفور لیگنین مؤید میزان کربن بیش‌تر در گیاه و در نتیجه تراکم چوب بیش‌تر می‌باشد. تراکم چوب پارامتر مهمی در شکل‌گیری تنه گیاه و تحت تاثیر قرار دادن عملکرد آن است، زیرا: (۱) قدرت مکانیکی و مقاومت گیاه را در برابر شکسته شدن و مرگ افزایش می‌دهد (Steege & Hammond 2001) و (۲) در سطح بافتی و بین‌سلولی، چوب متراکم‌تر دارای کربن بیش‌تر و مقدار انرژی بالاتر است تا چوب سبکتر (Enquist *et al.* 1999). بنابراین، تراکم چوب، مقاومت آوند چوب یا بافت چوب را در برابر پاره شدن دیواره آوند، تحت مکش تعرق بالا را افزایش می‌دهد (Hacke *et al.* 2001).

در ساختار آوندها، تراکنید و فیبرها لیگنین (چوب) وجود دارد. هر چه این ماده در آوند بیش‌تر باشد استحکام آن را در برابر فروپاشیدن حاصل از مکش تعرق بیش‌تر می‌کند. در مورد تراکنیدها نیز چون در ساختار آن‌ها بخش‌های لیگنینی شده دیواره به صورت مارپیچی ضخیم شده، لذا اتصالات

تیره بلکه ارتباط آن‌ها با عوامل اکولوژیک و اقلیمی بسیار مؤثر می‌باشند. از آنجایی که در این پژوهش از ترکیب خصوصیات ریزریخت‌شناسی چوب استفاده شد، به نظر می‌رسد که استفاده از آن صفات برای ایجاد کلید شناسایی می‌تواند سودمند باشد. جهت ارایه این مطالعه پیشنهاد می‌گردد که صفات و مارکرهای مولکولی در این تیره بررسی و نتایج حاصل با صفات ریختی و تشریحی ادغام شده تا بتوان به دست‌بندی دقیق‌تری از گیاهان این تیره دست یافت.

سپاسگزاری

این مقاله، بخشی از پروژه تحقیقاتی دانشجویی است که به این وسیله نگارنده از معاونت پژوهشی و فناوری، مالی و اداری و پشتیبانی دانشگاه گلستان که در حمایت علمی و فراهم کردن امکانات لازم برای انجام آن تلاش نمودند تشکر می‌نماید. از زحمات جناب آقای دکتر علی‌اکبر باقریان یزدی که در آنالیز داده‌ها با نگارنده همکاری نموده‌اند نیز سپاسگزاری و قدردانی می‌گردد.

References

- Bayramzadeh, V., Attarod, P., Ahmadi, M.T., Rezaee Amruabadi, S.H. & 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.
- Carlquist, S. 2001. *Comparative Wood Anatomy - Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon wood*. 2nd Edition, Springer Verlag, Berlin, 449 pp.
- Coutinho, J.P., Carvalho, A. & Lima-Brito, J. 2015. Taxonomic and ecological discrimination of Fagaceae species based on internal transcribed spacer polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism. *Annals of Botany* 7(1): 1–13.
- Davis, J.C. 1982. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh at the University Press. Vol. 7, 558 pp.
- Deng, M., Song, Y., Li, Q., Coombes, A. & Li, Q. 2015. Clarification of the identity of *Quercus patkoiensis* and *Q. semiserratooides* (Fagaceae)

کوهستانی و سرد و خشک (*Q. brantii* و *Q. libani*) و به دنبال آن، *Q. cardachorum* و *Q. infectoria*) در کنار هم و گونه‌هایی که در مناطق مرطوب و معتدل رویش می‌یابند (*Q. castaneifolia* و *Q. atropatana*, *Q. macranthera*) گروهی دیگر در کنار هم قرار گرفته‌اند و در نهایت با دو گونه راش (*F. orientalis*) و شاه بلوط (*C. sativa*) نیز که در مناطق مرطوب و معتدل رویش دارند، خوشه بزرگ‌تر (تیره) را به وجود آورده‌اند. تحقیق حاضر، با مطالعات پنگ و همکاران (۲۰۰۷) و کوتینهو و همکاران (۲۰۱۵) که روی محدوده تاکسونومیک و اکولوژی این تیره کار نموده‌اند، مطابقت دارد. در مطالعه رسته‌بندی مشخص شد، برخی صفات تشریحی مانند طول عنصر آوندی، طول تراکئید و طول فیبر در قرار گرفتن گونه‌ها در کنار هم مؤثر می‌باشند.

صفات مختلف تشریح چوب از شکل و اندازه عناصر آوندی، فیبرها، تراکئیدها و پیت‌ها تا صفات تشریحی برش عرضی چوب و تراکم چوب، نه تنها در بررسی سیستماتیک این

using leaf epidermal features. *Plant Systematic Evolution* 301: 849–860.

- Deng, M., Jiang, X.L., Song, Y.G., Coombes, A., Yang, X.R., Xiong, Y.S. & Li, Q.S. 2017. Leaf epidermal features of *Quercus* Group *Ilex* (Fagaceae) and their application to species identification. *Review of Paleobotany and Palynology* 237: 10–36.
- Foroozan, Z., Pourtahmasi, K. & Bräuning, A. 2018. Climatic signals in stable carbon isotope ratios of Juniper and Oak tree rings from northern Iran. *Global and Planetary Change* 165: 90–99.
- Franklin, G.L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature* 155: 51–59.
- Fujii, T. 1993. Application of a resin casting method to wood anatomy of some Japanese Fagaceae species. *IAWA Journal* 14(3): 273–288.
- Hacke, U.G., Sperry, J.S., Pockman, W.T., Davis, S.D. & Mc Culloh, K.A. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem

- implosion by negative pressure. *Oecologia* 126: 457–461.
- Hammer, O., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 49 pp.
- Jacobsen, A.L. & Ewers, F.W. 2005. Do xylem fibers affect vessel cavitation resistance? *Plant Physiology* 139: 546–556.
- Johnson, P.S., Shifley, S.R. & Rogers, R., 2002. The Ecology and Silviculture of Oaks. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, 503 pp.
- Lens, F., Sperry, J.S., Christman, M.A., Choat, B., Rabaey, D. & Jansen S. 2011. Testing hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. *New Phytologist* 190: 709–723.
- Menitsky, G.L. 1971. Fagaceae, pp. 1–20. *In*: Rechinger, K.H. (ed.), *Fl. Iranica*, Vol. 77. Akademische Druck, University of Verlagsanstalt Graze, Austria.
- Metcalf, C.R. & Chalk, L. 1972. Anatomy of the dicotyledons, Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
- Olfat, A.M. & Pourtahmasi, K. 2010. Anatomical characters in three oak species (*Q. libani*, *Q. brantii* and *Q. infectoria*) from Iranian Zagros mountains. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 4(8): 3230–3237.
- Peng, Y.S., Chen, L. & Li, J.Q. 2007. Study on numerical taxonomy of *Quercus* L. (Fagaceae) in China. *Journal of Wuhan Botanical Research* 25: 149–157.
- Rasband, W.S. 1997–2019. ImageJ. National Institutes of Health. Available online at: <http://rsb.info.nih.gov/ij>.
- Russell, M.J., Hall, A.J., Boyce, A.J. & Fallick, A.E. 2005. 100th Anniversary Special Paper: On Hydrothermal Convection Systems and the Emergence of Life. *Economic Geology* 100(3): 419–438.
- Sabeti, H. 1994. *Forests, Trees and Shrubs of Iran*. Tehran University Publication, Tehran, 810 pp.
- Sauquet, H., Ho, S.Y., Gandolfo, M.A., Jordan, G.J., Wilf, P., Cantrill, D.J., Bayly, M.J., Bromham, L., Brown, G.K. & Carpenter, R.J. 2012. Testing the impact of calibration on molecular divergence times using a fossil-rich group: the case of *Nothofagus* (Fagales). *Systematic Biology* 61: 289–313.
- Steege, H.T. & Hammond, D.S. 2001. Character convergence, diversity, and disturbance in tropical rain forest in Guyana. *Ecology* 82(11): 3197–3212.
- Taheri Abkenar, K., Soltani, H. & Razavi, S.M. 2012. Study of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees morphology of according to elevation in Guilan province (Hyrcaian forests), Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4–5: 207–212. Available online at: www.ijagcs.com.
- Varshoie Tabrizie, A., Parsa Pajouh, D. & Sheikholeslami, A. 1996. The effects of site conditions on wood biometric coefficients in Iranian beech (*Fagus orientalis* Lipsky). *Journal of Agricultural Sciences* 12(3): 677–684.
- Williamson, G.B. & Wiemann, M.C. 2010. Measuring wood specific gravity...correctly. *American Journal Botany* 97(3): 519–524.
- Yilmaz, M., Serdar, B., Altun, L. & Usta, A. 2008. Relationships between environmental variables and wood anatomy of *Quercus pontica* C. Koch (Fagaceae). *Fresenius Environmental Bulletin* 17: 902–910.
- Ziaco, E., Biondi, F., Rossi, S. & Deslauriers, A. 2014. Climatic influences on wood anatomy and tree-ring features of Great Basin conifers at a new mountain observatory. *Applications in Plant Sciences* (online publication).
- Zoghi, Z., Azadfar, D. & Khazaeian, A. 2013. Study of altitude and selection on fiber biometry properties of *Fagus orientalis* Lipsky. *Bioscience* 5(1): 30–34.