

Leaf Anatomical and Morphological Characteristics of some Species of *Quercus*, *Fagus*, and *Castanea* (Fagaceae) from some Habitats in Iran

Zohreh Karimi ^{1*}, Azam Ghaviandam ², Afzalsadat Borhani²

¹ Assistant Professor of Department of Biology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

² Lab Technician of Department of Biology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

Abstract

The Fagaceae family is comprised of 8 genera with over 1000 different species. Despite many advances in understanding phylogenetic relationships based on molecular data, the existence of hybrids and/or the presence of ambiguous sequences justify careful observation of morphological, anatomical, and ecological characters of the Fagaceae. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating the morphological and anatomical characteristics the leaf of existing taxa in different habitats in Iran to identify and establish their similarities and dissimilarities relationships between them. Thus, 52 quantitative and qualitative characters from the leaf were studied. Cluster Analysis and Principal Components Analysis (PCA) were done based on Euclidean distance and covariance characteristics, respectively. The results obtained from PCA were consistent with cluster analysis. The results showed that the presence or absence of grooves in the petiole, petiole length, leaf width, leaf outline, the presence of trichomes between the midrib and secondary veins behind the leaf, the presence of cilia on the leaf margins were important morphological traits in the Fagaceae family. Some leaf anatomical characters such as venation density, midrib thickness, the presence or absence of trichomes, different shapes and sizes of trichomes, trichomes density, thickness and variety of epicuticular waxes and their shapes, stomatal size and density would be taxonomically useful for species.

Keywords: *Quercus*, Venation Density, Cluster Analysis, Principal Components Analysis, Stoma, *Castanea*, Trichome.

* z.karimi@gu.ac.ir

ویژگی‌های تشریحی و ریختی برگ برخی گونه‌های *Quercus*, *Fagus* و *Castanea* (Fagaceae) از برخی رویشگاه‌های ایران

زهره کریمی^{۱*}، اعظم قوی اندام^۲، افضل سادات برهانی^۲

^۱ استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

^۲ کارشناس ارشد آزمایشگاه گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

چکیده

تیره راش دارای ۸ سرده و بیش از ۱۰۰۰ گونه است. با وجود پیشرفت‌های زیاد در فهم ارتباطات انساب‌شناسی براساس داده‌های مولکولی، حضور هیبریدها یا حضور مترادف‌های مبهم تصدیق می‌کنند که صفات ریختی، تشریحی یا اکولوژیک باید با دقت بررسی شوند؛ بنابراین در پژوهش حاضر ویژگی‌های ریختی و تشریحی برگ تاکسون‌های موجود در رویشگاه‌های مختلف ایران بررسی شد تا تفاوت‌ها و شباهت‌های ریختی و تشریحی بین آنها مشخص شود. تعداد ۵۲ صفت کمی و کیفی برگ، بررسی و تحلیل خوشه‌ای براساس فاصله اقلیدسی و رسته‌بندی براساس ساختار کواریانس صفات انجام شد. نتایج تحلیل رسته‌بندی با تحلیل خوشه‌ای هماهنگ بود. نتایج این پژوهش نشان داد وجود داشتن یا نداشتن شیار در دم‌برگ، طول دم‌برگ، عرض برگ، شکل کلی برگ، وجود کرک در پشت برگ و بین رگبرگ‌های فرعی و اصلی و مژه‌های موجود در حاشیه برگ از صفات مهم ریخت‌شناسی در تیره راش است و برخی از ویژگی‌های تشریحی نیز مانند ضخامت پهنک، ضخامت پارانشیم نردبانی، تراکم رگبندی، ضخامت رگبرگ اصلی، وجود و تراکم کرک و شکل‌ها و اندازه‌های متنوع آن، ضخامت و تنوع موم و شکل‌های آن و در نهایت اندازه و تراکم روزنه، برای گونه‌ها دارای ارزش آرایه‌شناختی است.

واژه‌های کلیدی: بلوط، تراکم رگبندی، تحلیل خوشه‌ای، رسته‌بندی، روزنه، شاه‌بلوط، کرک.

مقدمه

Pasania, *Castanopsis* (D. Don) Spach, (بلوط)

Lithocarpus Blume, *Nothofagus* Blume, Oerst.

و *Trigonobalanus* Forman است (Petit et al., 2013).

سه سرده اول این تیره، در جنگل‌های ایران انتشار

تیره راشیان (Fagaceae) بیشتر ویژه مناطق جنگلی و

معتدل نیم‌کره شمالی و دارای سرده‌های مهم: *Castanea*

Mill. (شاه‌بلوط)، *Fagus* L. (راش)، *Quercus* L.

* z.karimi@gu.ac.ir

Copyright©2019, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

Doi: [10.22108/tbj.2020.118193.1094](https://doi.org/10.22108/tbj.2020.118193.1094)

دارند (Sabeti, 1994). Browicz و Menitsky (۱۹۷۱) از تیره راش سه سرده شاهبلوط با یک گونه، راش با یک گونه و بلوط با ۱۰ گونه و ۲۰ زیرگونه، ۵ بخشه و ۲۸ زیربخشه، ۷ واریته و ۷ هیبرید را برای فلورا ایرانیکا معرفی کرده‌اند؛ در حالی که Sabeti (۱۹۹۴) یک گونه برای شاهبلوط و راش و بلوط‌های ایران را نیز با ۱۷ گونه، ۶ زیرگونه و سه واریته معرفی کرده است. Panahi و Jamzad (۲۰۱۷) نیز ۲۵ گونه بلوط را که جوانشیر در رساله خود در سال ۱۹۷۶ از ایران معرفی کرده بود، دوباره ارزیابی، کلید شناسایی آنها را ایجاد و درنهایت از آن گونه‌ها، ۷ گونه را نام‌های پذیرفته شده معرفی کردند و بقیه نام‌ها را نام‌های مترادف دانستند.

بررسی تشریح برگ و چوب تیره راش به زمانی برمی‌گردد که Metcalfe و Chalk (۱۹۷۲) ساختار ریشه، ساقه و برگ تیره‌های مختلف را مقایسه تشریحی کردند؛ همچنین مطالعه ریزریخت‌شناسی برگ گونه‌های متعلق به بخشه‌های *Quercus L.* و *Lobatae Nixon* انجام شده است که در چند گروه بودند یا گونه‌های نزدیک که از نظر محدوده تاکسونومیک مشکلات زیادی داشتند و هیبرید شناخته شده بودند (Scareli- Santos et al., 2013). Mehrnia و همکاران (۲۰۱۳) پراکنش بلوط‌های دارای برگ لوبدار در رشته کوه زاگرس را با در نظر گرفتن ۲۳ صفت ریختی کمی و کیفی برگ و پیاله مطالعه کردند و با آنالیز خوشه‌ای نشان دادند صفات ریختی برگ‌ها بیش از صفات کرک در جدا کردن گونه‌ها مؤثر است؛ همچنین این پژوهشگران براساس همین صفات، دو تاکسون زیر را برای نخستین بار برای فلور ایران معرفی کردند: *Quercus robur L. subsp. robur* و *Q. petraea L. subsp. pinnaetiloba Koch* و همکاران

(۲۰۱۱) ریزریخت‌شناسی صفات برگ و دانه گرده سرده بلوط در جنگل‌های ایران را با میکروسکوپ انجام داده و ارزش تاکسونومیک آنها را برای بلوط‌های ایران ارزیابی کرده‌اند. در پژوهشی دیگر، برای شناسایی گونه‌های بلوط از صفات اپیدرم برگ، کرک، قاعده کرک‌ها، روزنه‌ها و واکس کوتیکول و صفات کپول (پیاله) استفاده شده است (Deng et al., 2015 and Panahi, Deng et al., 2017) و همکاران (۲۰۱۱) روی صفات کمی و کیفی ریزریخت‌شناسی مانند نوع کرک، تعداد و طول بازوهای کرک، موم سطح اپیدرم برگ، نوع و شکل روزنه‌ها، شکل و تزئینات آگزین دانه گرده نمونه‌های جمع‌آوری شده گونه *Quercus castaneifolia C. A. Mey* مطالعه کردند. این پژوهشگران برای گونه ذکر شده ۴ تاکسون درون گونه شناسایی و تأکید کردند می‌توان به صفات انتخابی‌شان همراه با صفات ریخت‌شناسی، به‌عنوان صفات دیاگنوستیک درون گونه‌ای، توجه کرد.

مقایسه صفات آناتومیک شاهبلوط با دو مبدأ جنگل‌های خزری و اروپا نیز نشان داد از لحاظ صفات کمی روزنه و انواع کرک‌های پوششی اختلاف‌های چشمگیری بین آنها وجود دارد (Ghanbari et al., 2011)؛ اگرچه در پژوهشی دیگر روی ریزریخت‌شناسی برگ و دانه گرده راش سفید و راش سیاه در جنگل هیرکانی، مشخص شد ویژگی‌های ریزریخت‌شناسی دو فرم راش تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر ندارند (Panahi et al. 2017).

است. صفات کمی ریخت‌شناسی اندام‌های برگ دست کم ۵ نمونه از هر گونه، با خط کش یا کولیس اندازه‌گیری شد و برای مقایسه گونه‌ها، به میانگین اعداد توجه شد. صفات کیفی نیز با بررسی بخش‌های مختلف برگ و با استریومیکروسکوپ تهیه شد. برای تهیه مقاطع میکروسکوپی، از بخش مرکز برگ، جایی که رگبرگ اصلی دارای استحکام کافی است، همراه با پهنک، برش‌گیری دستی انجام شد و پس از رنگ‌آمیزی مضاعف با قرمز کنگو و سبز متیل، با میکروسکوپ دوربین‌دار موجود در گروه زیست‌شناسی دانشگاه گلستان و میکروسکوپ روبشی مرکز پژوهشی متالوژی رازی کرج، تعدادی عکس از روزه‌ها، کرک‌ها و انواع آن، کوتیکول و ... تهیه شد.

علاوه بر برش‌گیری پهنک برگ، تراکم رگبندی اندازه‌گیری شد که از صفات مهم اکولوژیک است. رگبندی نحوه آرایش رگبرگ‌های اصلی و فرعی است که خاص هر گیاه است و متناسب با شرایط اقلیمی گسترش می‌یابد. به نسبت فضایی که کلیه رگبرگ‌ها نسبت به کل مساحت پهنک برگ اشغال کرده‌اند، تراکم رگبندی گفته می‌شود و واحد آن میلی‌متر بر میلی‌متر مربع است. با نرم‌افزار Mac bio photonic Image J (Rasband, 1997–2019)، تراکم رگبندی ۵ تصویر برای هر گونه، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات کمی تشریحی نیز از نرم‌افزار فوق استفاده شد. ۳۲ صفت کیفی و ۲۰ صفت کمی تشریحی و ریخت‌شناسی برگ بررسی شد. پس از تهیه صفات، جدول‌های ماتریکس خام و تشابه از آنها تهیه شد. جدول‌های ۲ و ۳، ماتریکس خام صفات کیفی تشریح و ریخت‌شناسی برگ را نشان می‌دهند. تحلیل داده‌ها و رسته‌بندی گونه‌ها با نرم‌افزار Past انجام شد (Hammer *et al.*, 2001).

ضخامت اپیدرم فوقانی و تحتانی و ضخامت پارانشیم نردبانی را اندازه گرفتند. نتایج نشان داد گونه‌های رشدیافته در شرایط خشک و نور بیشتر دارای بیشترین انعطاف‌پذیری آناتومیک برگ و بیشترین میزان فتوسنتز خالص بوده‌اند و گونه‌های تحمل‌ناپذیر خشکی حداقل انعطاف‌پذیری، حداقل فتوسنتز خالص در شرایط نوری متفاوت و بالاترین سطح روزه‌ای در هر سطح برگ را نشان داده‌اند.

صفات تشریحی برگ مانند شکل و انواع روزه و سلول‌های همراه، شکل‌های کرک، ضریب روزه‌ای و ... اطلاعات ارزشمندی را در اختیار می‌گذارد که میزان توان فیزیولوژیک و فتوسنتزی گیاه و انتقال آب و حتی الگوی پراکنش گیاه و رویشگاه و اکولوژی محل رویش گیاه را با آن می‌توان به دست آورد (Moradi and Zolfaghari, 2016)؛ بنابراین، در پژوهش حاضر فرض بر این است که صفات ریختی و تشریحی برگ و اپیدرم گونه‌ها نه تنها اطلاعات ارزشمندی را در شناسایی و تاکسونومی گونه‌ها ارائه می‌دهند، اطلاعاتی را هم درباره نوع رویشگاه و تنوع ژنتیکی گیاهان بررسی شده ارائه خواهند داد.

مواد و روش‌ها

برای تهیه صفات ریختی و تشریحی برگ، هم از گونه‌هایی که در طی مسافرت‌های علمی به مناطق مختلف (اواخر اردیبهشت تا شهریور) جمع‌آوری شده بود و هم از نمونه‌های هرباریومی دانشگاه گلستان پس از شناسایی با فلورا ایرانیکا (Browicz and Menitsky, 1971) و فلور ترکیه (Davis, 1982) استفاده شد. لیست گونه‌ها و نام فارسی آنها، محل جمع‌آوری، نام جمع‌آوری‌کننده و کد هرباریومی آنها در جدول ۱ آمده

جدول ۱- اسامی گیاهان بررسی شده با نام فارسی، کد هرباریومی، نام جمع آوری کننده و محل جمع آوری

نام گیاه	بخشه	نام فارسی	نام جمع آوری کننده و کد هرباریومی	محل جمع آوری
<i>Castanea sativa</i> Mill.	-	شاهبلوط	حسن عباسی ۴۷۲۸، کریمی ۵۳۰۲	آستارا، نوشهر
<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.	-	راش	حیدرپور ۵۲۷۵، حسن عباسی ۱۸۸۵، کریمی ۴۷۰۰	کلاردشت (عباس آباد)، گرگان (جهان نما)، جنگل های غرب مازندران
<i>Quercus brantii</i> Lindl.	Cerris	برودار	حسن عباسی ۱۸۱۳، حسنی ۵۷۸۲، عباسی ۲۵۶۱، کاظمی ۵۵۰۱	لرستان (خرم آباد)، فارس (نورآباد ممسنی اسکان عشایر)، کهگیلویه و بویراحمد
<i>Quercus castaneifolia</i> C.A.Mey.	Cerris	بلندمازو	کریمی ۴۶۸۱، هوشنی ۱۶۹۰، قوی اندام ۵۴۸۰، کریمی ۱۵۷۰، باقری ۱۹۱۹	چالوس، آمل، بابل، قائم شهر، ساری (سلیمان تنگه)
<i>Quercus infectoria</i> Oliv.	Quercus	دارمازو	حسن عباسی ۶۵۲۵	کردستان، سردشت
<i>Quercus libani</i> Oliv.	Cerris	ویول	حسن عباسی ۲۴۹۶	رضاییه
<i>Quercus macranthera</i> Fisch. & C.A.Mey.	Quercus	اوری	حسن عباسی ۵۲۱۴، کریمی ۵۲۱۳، سرایلو ۳۰۶۱، فاتحی ۶۲۵۶، قوی اندام ۴۹۲۷	فاضل آباد، گرگان (النگدره)، گرگان، گرگان (شهرک فرهنگیان)، گرگان (جعفرآباد)
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	Quercus	سفیدمازو	کریمی ۶۲۵۳، عباسی ۶۲۵۲	گرگان، ساری (ماهدهشت)
<i>Quercus suber</i> L.	Cerris	بلوط چوب پنبه ای	حسن عباسی ۵۳۲۳	باغ گیاه شناسی شصت کلا (کاشته شده)

جدول ۲- ماتریکس خام صفات کیفی ریخت‌شناسی استفاده‌شده در بررسی گونه‌ها

گوشوارک:	(۱) وجود دارد.	(۲) وجود ندارد.
شکل گوشوارک:	(۱) بلند، در قاعده پهن و به سمت بالا نوک تیز	(۲) بسیار کوچک
وجود شیار در دمبرگ:	(۱) شیاردار	(۲) بدون شیار
وجود کرک در دمبرگ:	(۱) کرک دار	(۲) بدون کرک
ضخامت پهنک برگ:	(۱) ضخیم و چرمی	(۲) نازک و لطیف
وجود کرک در پهنک:	(۱) کرک‌دار و متراکم	(۲) کرک‌دار و پراکنده (۳) بدون کرک
وجود کرک در پشت برگ:	(۱) کرک‌دار و متراکم	(۲) کرک‌دار و پراکنده (۳) بدون کرک
وجود کرک در زاویه رگبرگ اصلی و فرعی:	(۱) وجود دارد.	(۲) وجود ندارد.
وجود مژه در حاشیه برگ:	(۱) در صورت وجود دارای زائده مشخص و واضح	(۲) بسیار کوتاه (۳) وجود ندارد یا بسیار اندک است.
قاعده برگ:	(۱) گوه‌ای - مورب (۲) قلبی (۳) مورب (۴) میخی	
حاشیه برگ:	(۱) دندانه‌اره‌ای درشت	(۲) دندانه‌اره‌ای نسبتاً عمیق (۳) حاشیه با دندانه‌های سینوسی و کند
(۴) حاشیه درشت	(۵) دندانه‌اره‌ای متوسط	
شکل کلی برگ:	(۱) بیضی شکل (۲) مستطیلی شکل (۳) واژتخم مرغی (۴) تخم مرغی	

جدول ۳- ماتریکس خام انواع صفات کیفی تشریحی برگ در بررسی گونه‌ها

۱	سلول‌های اپیدرمی:	(۱) سینوسی شکل	(۲) مکعبی نامتوازن	(۳) حدواسط دو حالت قبل
۲	تعداد ردیف پارانشیم نردبانی:	(۱) یک‌ردیفی	(۲) دوردیفی	(۳) بیش از دو ردیف
۳	کرک فقط در سطح اپیدرم فوقانی:	(۱) وجود دارد	(۲) وجود ندارد	(۳) به صورت کم و پراکنده
۴	کرک فقط در سطح اپیدرم تحتانی:	(۱) وجود دارد	(۲) وجود ندارد	(۳) به صورت کم و پراکنده
۵	وجود کرک در دو سطح اپیدرم:	(۱) بسیار زیاد	(۲) در اپیدرم تحتانی بیش از فوقانی است.	(۳) در اپیدرم فوقانی

- بیش از تحتانی است. (۴) در هر دو سطح به یک اندازه است. (۵) در هیچ کدام کرک وجود ندارد.
- ۶ وجود کرک در محل رگبرگ اصلی: (۱) در اطراف رگبرگ اصلی فراوان وجود دارد. (۲) در اطراف رگبرگ اصلی وجود ندارد.
- ۷ وجود کرک ترشچی: (۱) دیده می شود یا تعداد اندک وجود دارد. (۲) دیده نمی شود.
- ۸ شکل کرک ترشچی: (۱) گریزی شکل چندسلولی (۲) گریزی شکل چندسلولی با سر تک سلولی بسیار حجیم (۳) هیچ کدام دیده نمی شود.
- ۹ شکل های کرک های پوششی: (۱) ستاره ای شکل (۲) ساده چندسلولی همراه با تک سلولی (۳) فقط تک سلولی
- انواع کرک های پوششی: (۱) ستاره ای شکل ۳ تا ۴ بازو دار ولی ۲، ۵ و ۶ بازو نیز دیده می شود. (۲) ستاره ای شکل با بیش از ۴ بازو ولی تعداد بازوها از ۷ عدد بیشتر نیست. (۳) اکثراً تعداد بازوها بین ۸ تا ۱۰ عدد است. (۴) کرک های تک سلولی فراوان دیده می شود. (۵) کرک های ساده مفصل دار چندسلولی یا تک سلولی دیده می شود.
- ۱۱ فرم کرک های پوششی: (۱) ایستاده و افراشته (۲) خوابیده و پخش
- ۱۲ ضخامت کوتیکول: (۱) کوتیکول ضخیم (۲) کوتیکول نازک
- ۱۳ ضخامت پهنک برگ: (۱) ضخیم (۲) نازک
- ۱۴ اندازه روزنه ها: (۱) بزرگ و مشخص (۲) کوچک
- ۱۵ آرایش رگبرگ اصلی و فرعی: (۱) ساختار رگبرگ های فرعی نسبت به اصلی بسیار نزدیک و فشرده است. (۲) ساختار رگبرگ های فرعی نسبت به اصلی با فاصله زیاد منشعب شده است.
- ۱۶ وضعیت آوندها در رگبرگ اصلی: (۱) یک دسته آوند چوب آبکش مرکزی دیده می شود. (۲) بیش از یک دسته آوند چوب آبکش مرکزی دیده می شود.
- ۱۷ طرز قرار گرفتن آوندها نسبت به یکدیگر: (۱) آوند آبکش به صورت حلقه ای کامل، در اطراف آوند چوب دیده می شود. (۲) آوند آبکش به صورت حلقه های بریده بریده در اطراف آوند چوب دیده می شود.
- ۱۸ وجود پارانسیم در بخش میانی رگبرگ اصلی: (۱) وجود دارد. (۲) وجود ندارد.
- ۱۹ وجود کلانشیم در زیر اپیدرم: (۱) وجود دارد. (۲) وجود ندارد یا در حال تشکیل است.
- ۲۰ نوع کریستال: (۱) منشوری یا مکعبی شکل (۲) ستاره ای شکل (۳) هر دو نوع دیده می شود.

نتایج

صفات ریخت‌شناسی برگ

گونه‌های راش و شاه‌بلوط با صفات ریختی شکل برگ از گونه‌های بلوط شناسایی می‌شوند. گونه‌های بلوط در بسیاری از صفات مشترکند؛ ولی آنچه آنها را از هم متمایز می‌کند، بسیار متغیر است. وجود داشتن یا نداشتن گوشوارک، وجود داشتن یا نداشتن شیار در دمبرگ، وجود کرک‌های متراکم یا کم‌تراکم و پراکنده در سطح برگ‌ها و وجود کرک در پشت برگ، مابین رگبرگ‌های فرعی و اصلی از صفات مهم ریخت‌شناسی گونه‌های بلوط است که گونه‌های *Q. macranthera* و *Q. petraea* از بخشه *Quercus* و همچنین *Q. castaneifolia* و *Q. suber* از بخشه *Cerris*، دو به دو در صفات ریختی، بیشترین شباهت را به یکدیگر دارند. دو گونه اول از طریق حاشیه برگ، شکل کلی برگ و مژده‌های موجود در حاشیه، از هم تشخیص داده می‌شوند. گونه *Q. macranthera* به دلیل وجود زنده‌ای در حاشیه برگ، حاشیه دنداندار اره‌ای عمیق و برگ واز تخم‌مرغی از گونه نزدیک تمایز داده می‌شود و *Q. petraea* با دارا بودن بیشترین طول و عرض برگ و داشتن بریدگی‌های بسیار عمیق تا نزدیکی رگبرگ اصلی، از تمامی گونه‌های بلوط تشخیص‌پذیر است. *Q. suber* به دلیل داشتن برگ‌هایی بدون بریدگی و با کرک‌های متراکم، وجود کرک در پشت برگ و مابین رگبرگ‌های فرعی و اصلی و طول کوتاه دمبرگ و شیارهایی در آن، از گونه *Q. castaneifolia* جدا می‌شود. این امر درباره *Q. libani* و *Q. brantii* از بخشه *Cerris* نیز صادق است؛ به طوری که عمق بریدگی و نامنظم بودن حاشیه برگ و اندازه مژه‌ها که از کشیدگی آوندهای رگبرگ‌های

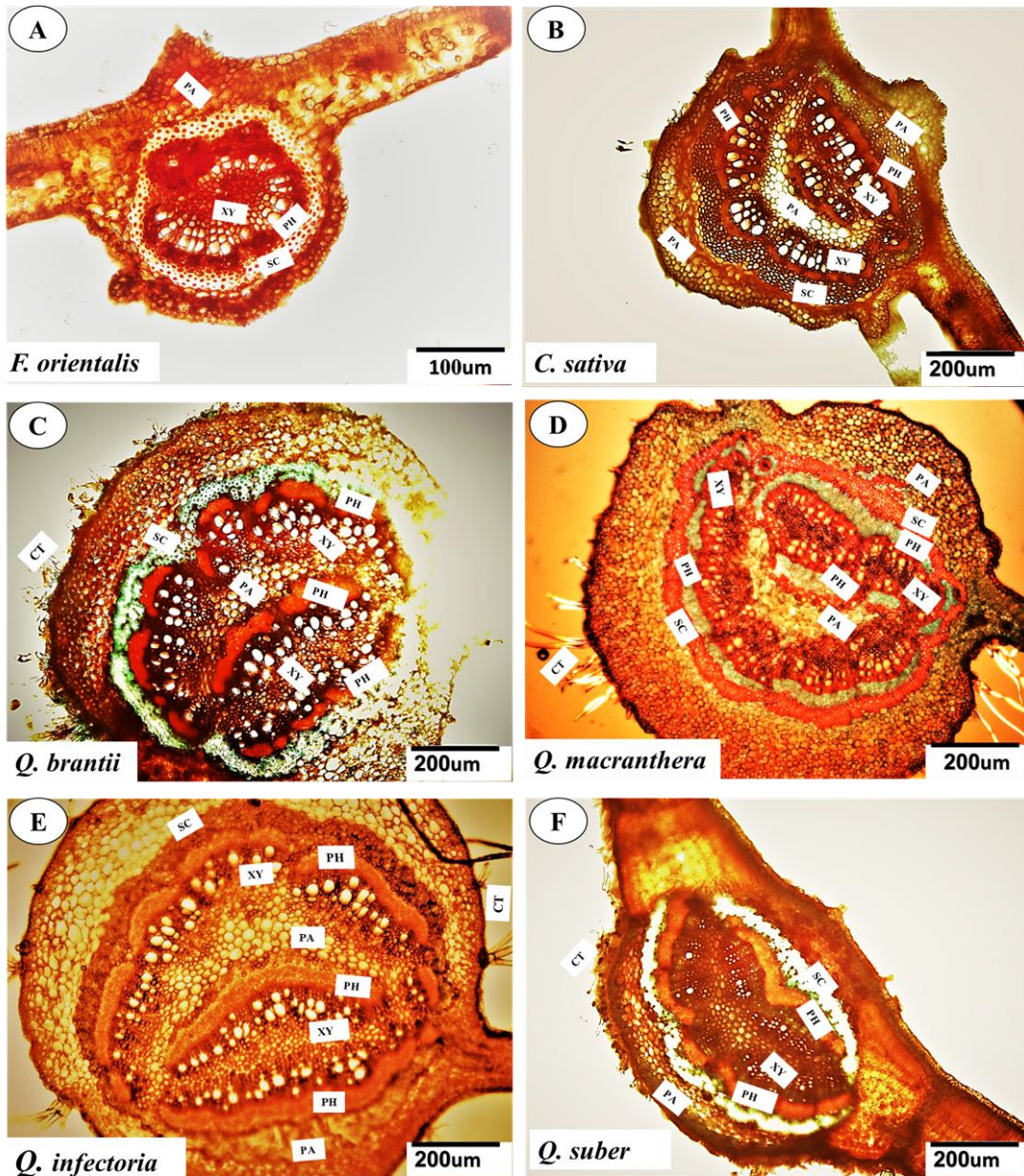
فرعی ایجاد شده است راه شناسایی آنها از یکدیگر است. گونه دیگر از بخشه *Quercus*، *Q. Infectoria* است که آن نیز با شکل گوشوارک، حاشیه اره‌ای درشت و بدون مژه برگ، کرک‌دار بودن دمبرگ، نوک برگ تقریباً پهن و دندان‌اره‌ای و برگ بیضی‌شکل، از گونه‌های ذکر شده شناسایی می‌شود.

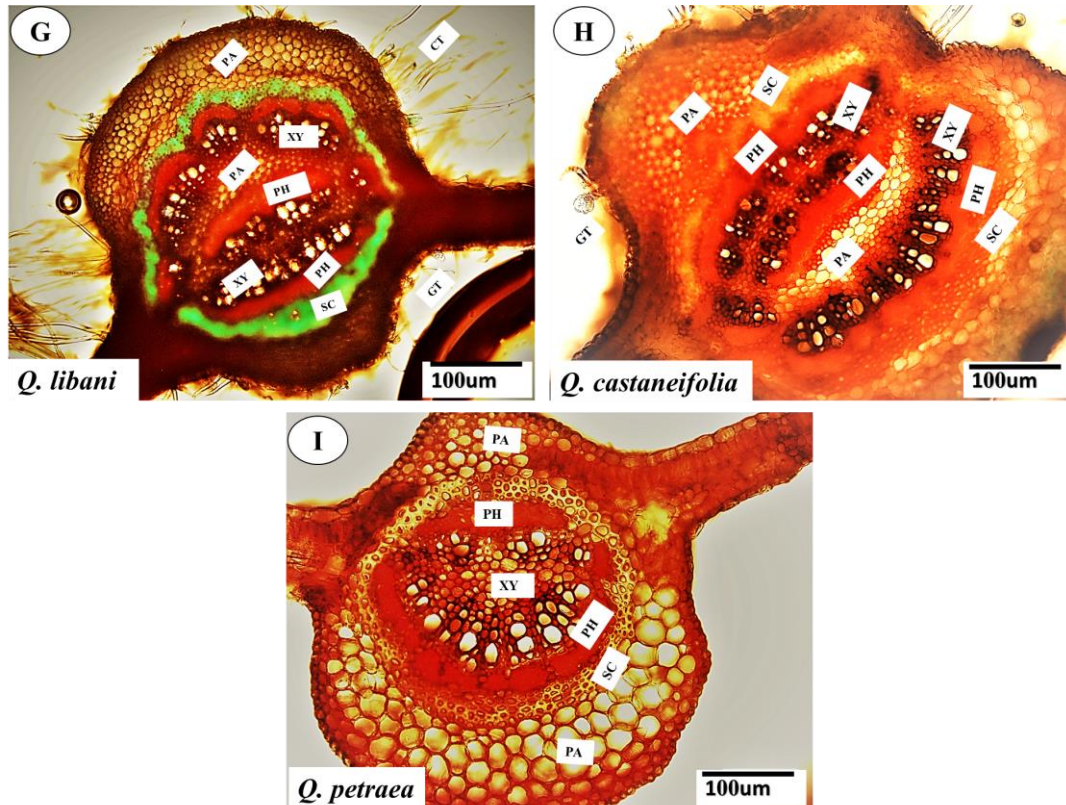
صفات تشریحی رگبرگ و پهنک

شکل ۱ برش عرضی رگبرگ گونه‌ها است که می‌توان آن را نماد تشریحی برگ در تیره راش محسوب کرد. ضخامت پهنک برگ در گونه‌ها متفاوت است؛ به طوری که در گونه *Q. petraea* کمترین ضخامت و در گونه *Q. suber* بیشترین ضخامت، با مقدار ۲۸۳/۷۷ میکرومتر، را نشان دادند. پارانشیم نردبانی که یکی از عوامل اصلی فتوسنتز گیاهان است، در ردیف‌های یک‌ردیفه، دوردیفه و سه‌ردیفه مشاهده شد که در *Q. suber* پارانشیم سه‌ردیفه و در *Q. libani* پارانشیم دوردیفه وجود داشت؛ گرچه ضخامت پارانشیم در راش (*Fagus orientalis*) کمترین مقدار و در *Q. suber* بیشترین مقدار بود. ضخامت کوتیکول نیز در گیاهان متنوع بود؛ به طوری که در شاه‌بلوط *Castanea sativa* کمترین و در *Q. suber* بیشترین مقدار را داشت. در بیشتر گونه‌ها دسته‌جات چوب آبکش در دو دسته بودند که دسته‌های آوندی کوچک‌تر، آنها را ایجاد کرده بودند (شکل ۱، B تا E و G تا H). آوندهای آبکش در بیشتر گونه‌ها به شکل حلقه‌های مقطع، در اطراف هر دسته آوند قرار گرفته بودند (شکل ۱، C، B، E تا G و I) و در *Q. castaneifolia*، *Q. macranthera* و *F. orientalis* به صورت حلقه‌ای کامل اطراف دستجات

گونه‌ها مانند: *Q. castaneifolia*، *Q. suber*، *Q. petraea* و *C. sativa* کلانشیم تشکیل شده یا در حال تشکیل بود. انواع کریستال‌ها در گونه‌ها دیده شد که از نوع منشوری، مکعبی شکل یا ستاره‌ای بودند که هر دو نوع کریستال در گونه *Q. petraea* دیده شد.

چوبی را احاطه کرده بودند (شکل ۱، A، D و H). در اطراف دسته‌جات آوندی رگبرگ اصلی، حلقه فیبرهای اسکلرانشیمی در همه گونه‌ها وجود داشت (شکل ۱، A تا I). وجود پارانشیم که ادامه پارانشیم مغزی دمبرگ است، در مرکز رگبرگ اصلی در برخی گونه‌ها دیده شد که در شکل ۱، B تا E و G تا I نیز مشاهده می‌شود. در زیر اپیدرم فوقانی و تحتانی برخی



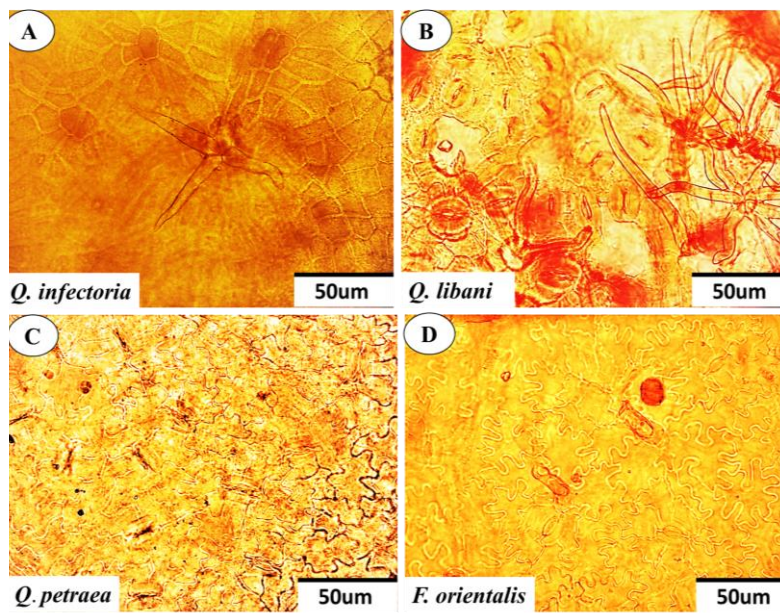


شکل ۱- تصاویر رگرگ گونه‌های راش، شاه‌بلوط و برخی گونه‌های بلوط. فیبرهای اسکله‌انشیتم: SC، آبکش: PH، آوند خوب: XY، پارانشیتم: PA، کرک پوششی: CT، کرک ترش‌چی: GT. برش‌گیری دستی و رنگ‌آمیزی مضاعف سبز متیل - قرمز کنگو انجام شده است.

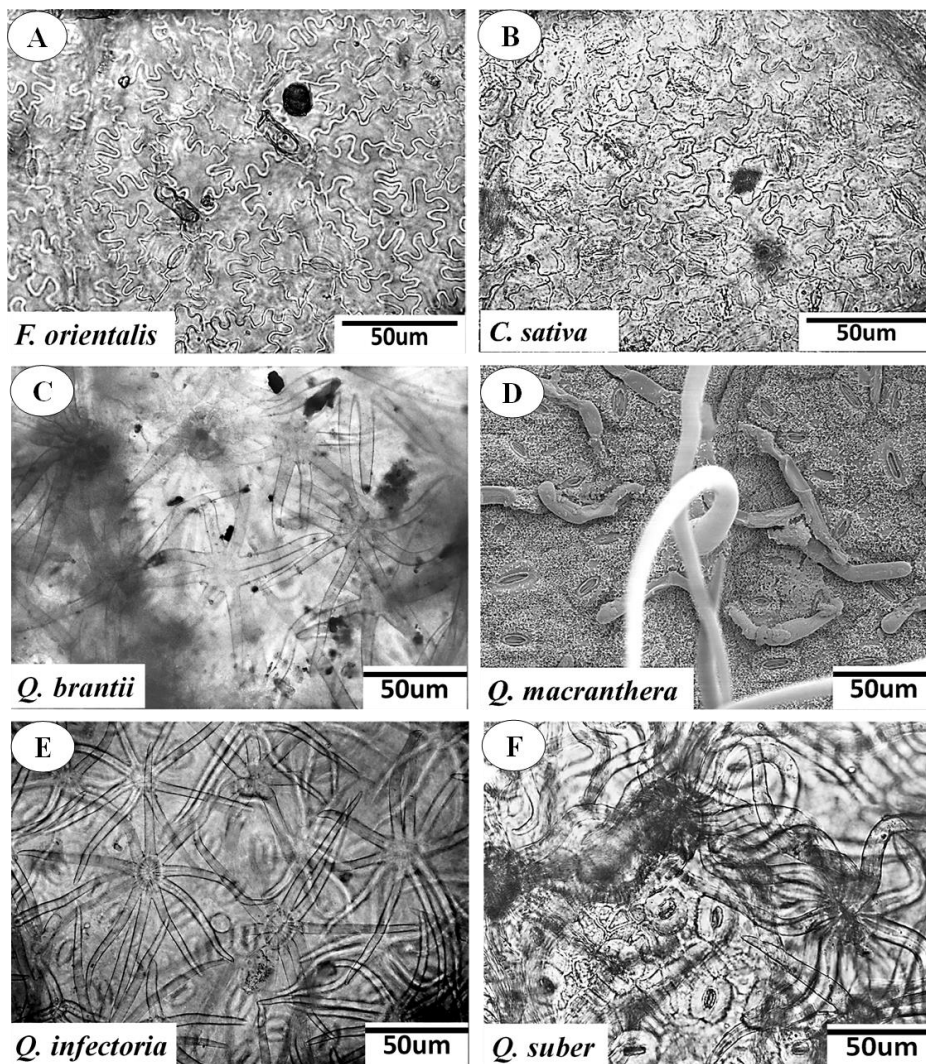
اگرچه گونه‌های *F. orientalis* و *C. sativa* بدون کرک یا با کرک‌های بسیار پراکنده بودند؛ اما دو دسته کرک پوششی ساده چندسلولی و چندسلولی ستاره‌ای، در اپیدرم برگ گونه‌های بلوط به‌جز *Q. petraea* دیده شد که در ۵ نوع از نظر اندازه و تعداد انشعابات کرک از ۲ تا ۳، ۴ (شکل ۳، D و I) تا ۵، ۶ و ۷ (شکل ۳، C و H) و ۸ تا ۱۰ انشعاب یا ترکیبی از چند کرک (شکل ۳، E تا G) دیده می‌شود که به دو حالت افراشته یا خوابیده بر سطح اپیدرم (شکل ۳، C تا H) پراکنده شده‌اند.

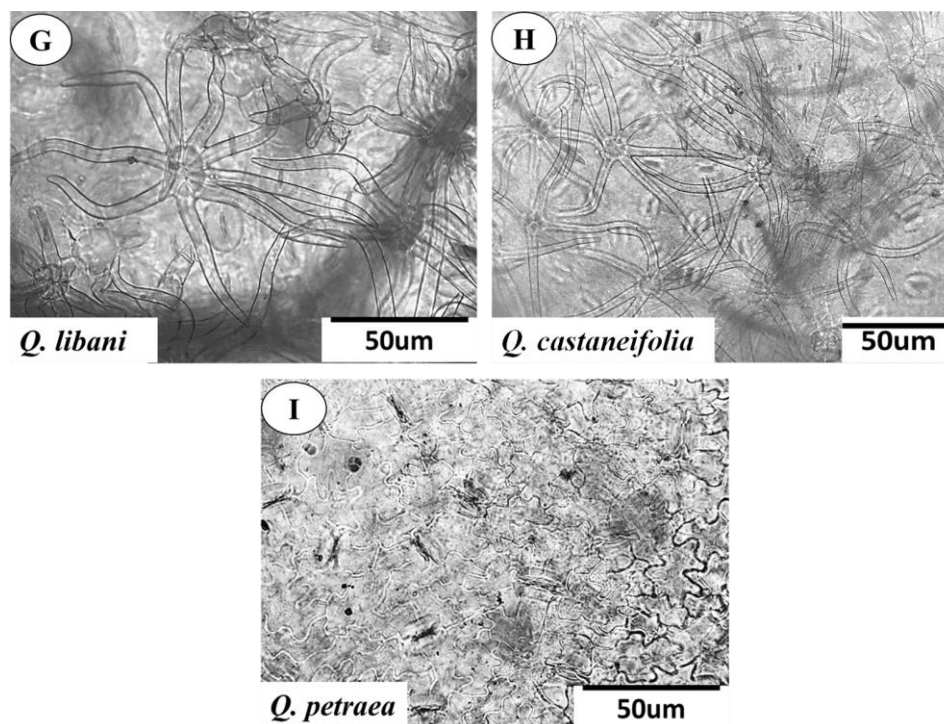
صفات تشریحی اپیدرم برگ

شکل ۲ نتایج اپیدرم تیره راش را نشان می‌دهد. سلول‌های اپیدرمی به‌صورت سینوسی، نامنظم یا چندوجهی دیده می‌شوند که حالت بینابین در *Q. libani* (شکل ۲، B) دیده می‌شود. گونه‌های شاه‌بلوط *C. sativa* و راش *F. orientalis* (شکل ۲، D) و *Q. castaneifolia* و *Q. petraea* (شکل ۲، C) دارای سلول‌های اپیدرمی سینوسی شکل و گونه‌های *Q. infectoria*، *Q. suber* و *Q. macranthera* (شکل ۲، A) دارای سلول‌های اپیدرمی چندوجهی هستند.



شکل ۲- سلول‌های اپیدرمی: چندوجهی (A)، بینایینی (B)، سینوسی شکل (C) و (D)

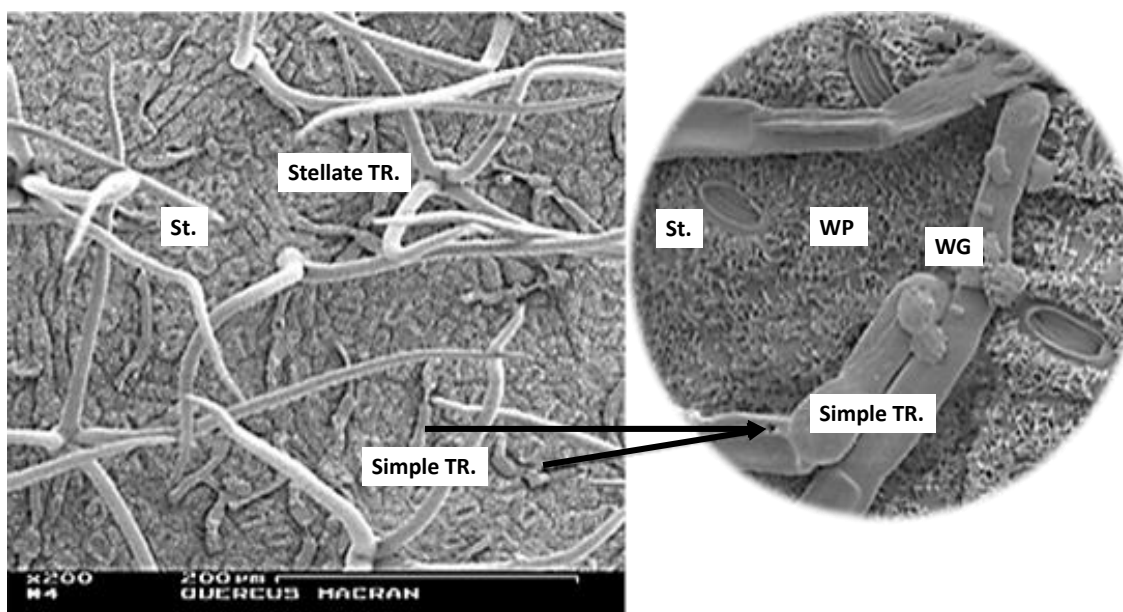




شکل ۳- وجود داشتن یا نداشتن کرک، تعداد انشعابات و شکل‌های متفاوت و اندازه آنها در کرک‌های ستاره‌ای شکل در اپیدرم گونه‌های بلوط مشاهده می‌شود. کلیه شکل‌ها با میکروسکوپ نوری گرفته شده‌اند.

سانتی متر مربع سطح برگ دیده شد. روزنه‌های بیضی‌شکل در کلیه گیاهان بررسی شده از نوع آنموسیتیک یا تیپ روزنه با سلول‌های همراه نامشخص است. بزرگ‌ترین روزنه با طول سلول‌های نگهبان ۲۵/۱۷ میکرومتر در *Q. brantii* و کوچک‌ترین روزنه در *Q. castaneifolia* با طول ۲۰/۵۶ میکرومتر دیده شد. کمترین تراکم روزنه‌ای نیز در راش با مقدار ۱۳۹۸۷/۳۶ و بیشترین آن در بلوط اوری با مقدار ۹۵۵۹۹/۰۱ روزنه در واحد میلی متر مربع وجود داشت.

اپیدرم در بیشتر گونه‌های بلوط پوشیده از کوتیکول مومی به شکل صفحه‌ای، پلاکت شکل یا دانه‌ای یا گرانول شکل است (شکل ۴). کمترین طول کرک پوششی، در برگ راش با ۱۰۳/۹۷ میکرومتر، و بلندترین کرک در بلوط اوری با ۴۱۳ میکرومتر دیده شد. کرک‌های ترش‌حی به دو صورت چندسلولی گریزی شکل یا پایه چندسلولی و گرز تک سلولی، در بیشتر گونه‌های بلوط به جز *Q. petraea*، *Q. suber*، *Q. infectoria* و *Q. brantii* مشاهده شد. کمترین تراکم کرک در شاه‌بلوط با ۶۰/۶۲ و بیشترین تراکم در *Q. suber* با ۳۲۱۸۳/۳۷ کرک در



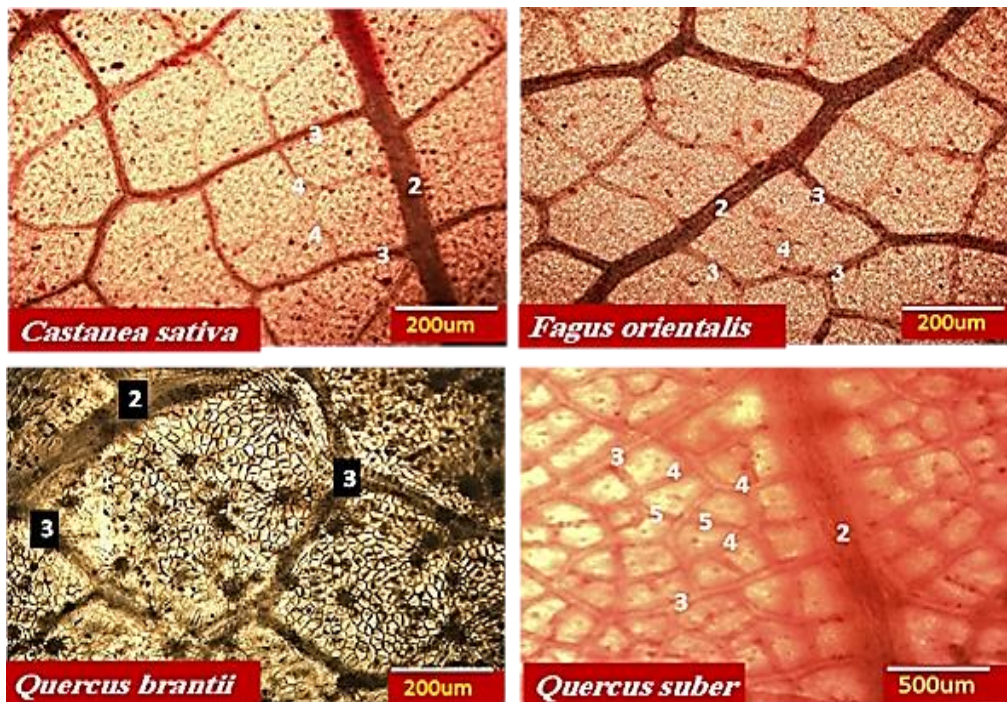
شکل ۴- کرک‌های ستاره‌ای شکل (Stellate TR.)، کرک‌های ساده (Simple TR.) چندسلولی با کوتیکول مومی دانه‌ای یا گرانول شکل (WG) و موم صفحه‌ای و پلاکت شکل (WP) در *Q. macranthera*. سلول‌های نگهبان روزنه (St)، پوشیده از موم پلاکت شکل هستند.

تراکم رگبندی

رگبندی، شاخص انشعابات دستگاه آوندی و انتقال آب در تمام نقاط برگ است. تراکم رگبرگ‌ها در سطح برگ یکی از فاکتورهای شناسایی سازگاری گیاهان با عوامل محیطی و اقلیمی به ویژه خشکی و کم آبی است. در گیاهان مختلف این تیره، رگبرگ اصلی با شماره ۱ در نظر گرفته می‌شود که در تصاویر زیر حذف شده است و رگبرگ‌های فرعی ثانویه (۲) بلافاصله از رگبرگ اصلی خارج می‌شوند و پس از طی مسافتی به یکدیگر می‌پیوندند و لوپ یا حلقه ایجاد می‌کنند به طوری که آب دایره‌وار حرکت می‌کند؛ بنابراین رگبرگ‌های فرعی سوم (۳) و رگبرگ‌های

فرعی چهارم (۴) یا پنجم (۵) و ... برای آبرسانی در بخش‌های داخلی از رگبرگ‌های بزرگ‌تر خارج می‌شوند. هرچه فاصله رگبرگ‌ها کمتر باشد انتقال آب سریع‌تر انجام می‌شود که این حالت در گیاهان گزروفیت یا بیابانی بیشتر دیده می‌شود و در گیاهان مناطق معتدل و مرطوب فاصله بین لوپ‌ها زیادتر و تعداد انشعابات فرعی کمتر است.

کمترین تراکم رگبندی در گونه *Q. petraea* و بیشترین تراکم رگبندی در *Q. brantii* و *Q. suber* مشاهده شد (شکل ۵).

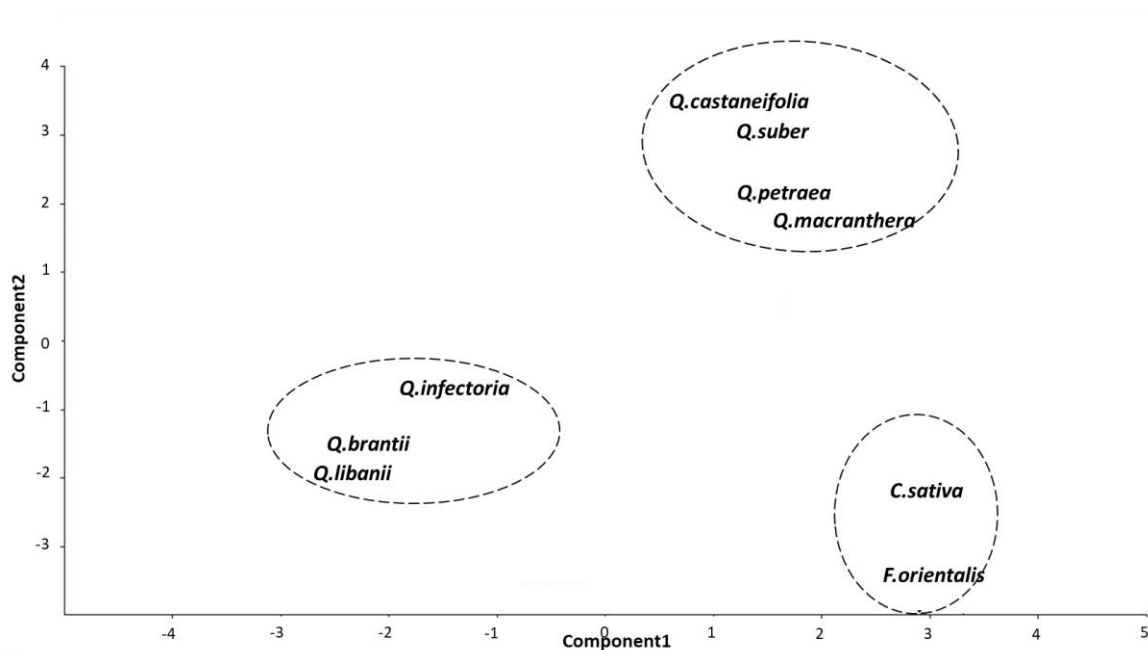


شکل ۵- تراکم رگبندی در برخی گونه‌ها دیده می‌شود. انشعاب ثانویه (۲) و سایر انشعابات (۳، ۴ و ۵) در شکل‌ها دیده می‌شوند.

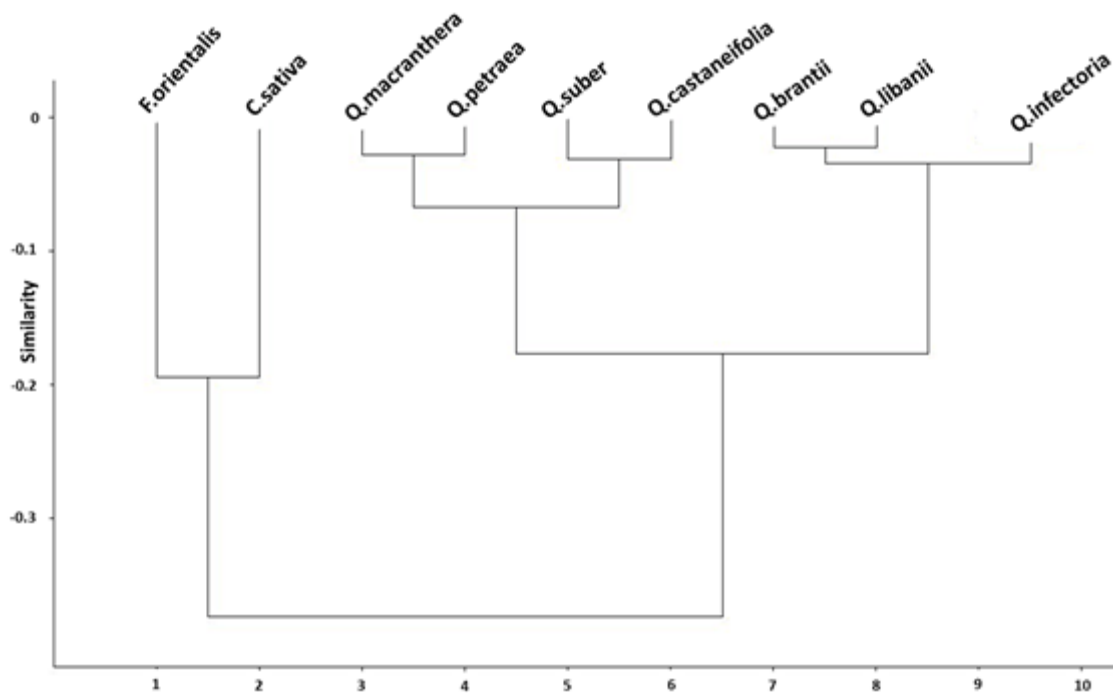
تحلیل داده‌ها و آنالیز خوشه‌ای

نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی در شکل ۶ آورده شده است. ارزش ویژه و واریانس به ترتیب در مؤلفه نخست ۱/۷۵ و ۲۸/۱۰ و در مؤلفه دوم ۱/۶۴ و ۲۲/۱۷ است. همبستگی صفات کمی و کیفی گونه‌ها با مؤلفه نخست نشان می‌دهد گونه‌هایی مانند *F. orientalis* و *C. sativa* که بیشترین اندازه در مؤلفه اول را نشان می‌دهند دارای بزرگ‌ترین اندازه صفت کمی شکل برگ، عرض برگ، وجود داشتن یا نداشتن عدسک، طول میوه و طول سلول‌های نگهبان و منفذ روزنه و دارای کوچک‌ترین اندازه برای صفت اندیکس استوماتی، تراکم کرک‌های ترش‌حی و پوششی هستند که عکس این حالت برای گونه‌های *Q. libani* و *Q. brantii* از بخشه *Cerris* و *Q. infectoria* از بخشه *Quercus* صادق است. گونه‌های *Q. suber* و *Q. castaneifolia* از بخشه *Cerris* و *Q. macranthera* و *Q. petraea* از

بخشه *Quercus* در مؤلفه دوم و در بالای نمودار دارای بزرگ‌ترین اندازه صفات مانند طول دم‌برگ و وجود کرک‌های ترش‌حی بلند، در صورت وجود و کرک‌های پوششی بلند، کوچک‌ترین اندازه صفات ضخامت رگبرگ اصلی و طول منفذ روزنه هستند. (شکل ۶).
تحلیل خوشه‌ای تیره راش چهار گروه را نشان می‌دهد که در نخستین گروه‌بندی گونه راش، *F. orientalis* و *C. sativa* از سایر گونه‌ها جدا شده‌اند. در دومین گروه، گونه‌های *Q. macranthera* و *Q. petraea* (بخشه *Quercus*) تشکیل یک زیرگروه و *Q. suber* و *Q. castaneifolia* (بخشه *Cerris*) زیرگروه دیگر را ایجاد کرده‌اند. گروه سوم از گونه‌های *Q. libani* و *Q. brantii* (بخشه *Cerris*) و گونه *Q. infectoria* (بخشه *Quercus*) تشکیل شده است (شکل ۷).



شکل ۶- تحلیل رسته‌بندی صفات کمی و کیفی تشریح و ریخت‌شناسی تیره راش



شکل ۷- تحلیل دندروگرام خوشه‌ای صفات کمی و کیفی تشریح و ریخت‌شناسی تیره راش

بحث

ویژگی‌های ریختی گیاهان همواره در مطالعات سیستماتیک استفاده می‌شوند و از عوامل محیطی و ژنتیک تأثیر می‌گیرند. برگ با داشتن ویژگی‌های ظاهری خود، نخستین مرجع شناسایی متخصصان گیاه‌شناس است؛ چون دارای ویژگی‌هایی مانند شکل کلی برگ، حاشیه و قاعده برگ، سطح برگ و نوع رگبندی است که به ویژگی‌های ژنتیکی گیاه منتسب و از هر گونه گیاهی به گونه دیگر متفاوت است و پس از آن عوامل محیطی چون نور، رطوبت و دما بر فعالیت‌های فیزیولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد (Ferris et al., 2002). اگرچه گونه‌های راش و شاه‌بلوط در صفات ریختی برگ، از سرده بلوط متمایز می‌شوند؛ تشخیص گونه‌های بلوط نیاز به استفاده از صفات ریختی دقیق‌تر و در عین حال ملموس‌تر دارد؛ زیرا عوامل محیطی و اقلیمی (باد، خاک، ارتفاع، رطوبت، دما، نور و ...) یا وجود هیبریداسیون‌های متعدد، باعث می‌شود تبدلات ژنی در این تیره به‌ویژه سرده بلوط راحت‌تر انجام شود. Petit و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله خود به این موضوع اشاره کرده‌اند که تیره راش را می‌توان مدل مختلط اکولوژیکی، تکاملی و ژنتیکی معرفی کرد؛ زیرا توالی‌های تک‌ژنی و مدل‌های ژن گونه‌های بلوط و شاه‌بلوط نشان داده‌اند بیشترین شباهت توالی را با ژن گیاهانی مانند هلو، صنوبر و انگور دارند و این پژوهش‌ها مؤید این است که در زمان‌های تولید نسل طولانی، گیاهان چوبی یک ساعت تکاملی کند (slow-evolutionary clock) را بین خود به اشتراک گذاشته‌اند و بنابراین مقایسه‌های بین آنها آسان شده است.

نتایج این پژوهش نشان داد صفات ریختی مانند وجود داشتن یا نداشتن گوشوارک، وجود داشتن یا نداشتن شیار در دمبرگ، کرک‌های مترکم یا کم تراکم و پراکنده در سطح برگ‌ها، وجود کرک در پشت برگ و مابین رگبرگ‌های فرعی و اصلی، مژه‌های موجود در حاشیه، حاشیه برگ و شکل کلی برگ از صفات مهم ریخت‌شناسی گونه‌های بلوط است. به نظر می‌رسد که تفاوت بین گونه‌ها یا شباهت‌ها به محیط اکولوژیک و شرایط رویشگاه از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت باشد. علاوه بر آنکه اثر ژنتیک را نیز در کنار تأثیرات محیطی نباید نادیده گرفت، مطالعات زیادی درباره بررسی تنوع ریختاری برگ انجام شده است.

Raeesi و همکاران (۲۰۱۲) تنوع ریختی برگ بلوط بلندمازو (*Q. castaneifolia*) را به ارتفاع نسبت داده‌اند. در راستای بررسی تنوع ریختی بین جمعیت‌های گونه‌های بلندمازو (*Q. castaneifolia*) و بلوط اوری (*Q. macranthera*)، صفات طول برگ، حداکثر پهنای برگ، عمق سینوس زیر لوب، حداکثر فاصله قاعده برگ تا حداکثر عرض را مهم‌ترین صفات تشخیصی بین جمعیت‌ها در طول گرادیان ارتفاع در نظر گرفته بودند (Sattarian et al., 2011)؛ همچنین صفات ریختی برگ بلوط در مناطق مختلف متفاوت است و اندازه برگ با افزایش نور و کم شدن آب کاهش می‌یابد (Xu et al., 2008).

نتایج مطالعه روی دو گونه *Q. rubor* و *Q. petraea* نشان داد که اختلاف ریختاری بین گروه‌ها احتمالاً از جریان ژنی بین گونه‌ها مستقل است و به محیط زیستگاه و بوم‌شناختی متفاوت یا پایه‌های مادری بستگی دارد (Bacilieri et al., 1996). Moradi و

به شکل نواری، نوارهای شیاردار، پوسته‌ای و سخت، دانه‌ای و صفحه‌ای شکل یا صفحاتی به شکل گل، دیده شد. وجود کوتیکول با ضخامت‌های مختلف در گیاهان این تیره ممکن است پاسخی به تنش‌های اقلیمی مانند خشکی یا کمبود عناصر غذایی خاک باشد (Zhang et al., 2012).

Panahi و همکاران (۲۰۱۱) ریزریخت‌شناسی صفات برگ و دانه‌گرده سردۀ بلوط در جنگل‌های ایران را با میکروسکوپ انجام داده و ارزش تاکسونومیک آنها را برای بلوط‌های ایران ارزیابی کرده‌اند. آنها در مجموع ۵ نوع کرک و ۲ نوع موم، در گونه‌های مطالعه‌شده شناسایی کردند. براساس نتایج آنها در دو گونه‌اوری و سفیدمازو، نوع کرک، تعداد انشعابات کرک و طول آن، شکل و تزئینات دانه‌گرده و در گونه‌ *Q. infectoria* شکل، تزئینات دانه‌گرده و پوشش کامل حاشیۀ روزنه با موم و در *Q. libani* و *Q. brantii castaneifolia* نیز نوع کرک، شکل و تزئینات دانه‌گرده، صفات کلیدی و تعیین‌کننده هستند؛ بنابراین ارزش تاکسونومیکی صفات بررسی‌شده در این سرده را تأیید کردند.

این پژوهش نشان داد روزنه‌های بیضی شکل در کلیۀ گیاهان بررسی‌شده، از نوع آنموسیتیک یا تیپ روزنه با سلول‌های همراه نامشخص است؛ ولی در برخی نمونه‌ها تیپ آنیزوسیتیک نیز به چشم خورد. در پژوهش حاضر مشخص شد که بزرگ‌ترین روزنه، با طول سلول‌های نگهبان ۲۵/۱۷ میکرومتر، در *Q. petraea* و کوچک‌ترین روزنه با طول ۲۰/۵۶ میکرومتر در *Q. castaneifolia* دیده می‌شود. روزنه‌های کوچک در رویشگاه‌های خشک، قابلیت استفاده بیشتر از آب را امکان‌پذیر می‌کنند؛ چون خیلی

Zolfaghari (۲۰۱۶) در مطالعات خود مشاهده کردند که تعداد رگبرگ‌ها، دندانه‌های دو طرف حاشیۀ برگ و شکل پهنک گونه‌ *Q. brantii* با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش می‌یابد. آنها علت را پاسخ فیزیولوژیک برگ به نوسانات محیطی و نیز احتمال لقاح بین گونه‌ای و درون گونه‌ای گیاه دانستند.

نتایج تشریح برگ و اپیدرم تیره‌راش نشان داد که سلول‌های اپیدرمی به دو شکل سینوسی، نامنظم یا چندوجهی دیده می‌شود و حالت بینابین در گونه‌ *Q. libani* دیده می‌شود. دو گونه‌ *F. orientalis* و *C. sativa* دارای سلول‌های اپیدرمی سینوسی شکل هستند. اپیدرم در بیشتر گونه‌های بلوط پوشیده از کوتیکول مومی، به شکل صفحه‌ای یا پلاکت شکل دانه‌ای یا گرانول شکل است.

در این پژوهش، دو دسته کرک پوششی ساده چندسلولی و چندسلولی ستاره‌ای در اپیدرم برگ گونه‌های بلوط به جز *Q. petraea* دیده شد که در ۵ شکل از نظر اندازه و تعداد انشعابات کرک به صورت‌های افراشته یا خوابیده، بر سطح اپیدرم پراکنده شده‌اند. مطالعه ریزریخت‌شناسی برگ گونه‌های متعلق به بخش‌های *Quercus* و *Lobatae* که در چند گروه قرار داشتند، حاکی از وجود کرک‌های ترشچی (ساده و حبابی شکل) و غیر ترشچی (منفرد، چندشعاعی، ستاره‌ای شکل، ستاره‌ای متصل به هم و دیواره‌دار دسته‌ای) بود (Scareli-Santos et al., 2013).

در این مطالعه، کوتیکول به دو شکل پلاکت مانند و دانه‌ای در سطح اپیدرم برگ گیاهان با ضخامت‌های مختلف دیده شد. در مطالعات Scareli-Santos و همکاران (۲۰۱۳) موم و واکس‌های سطح کوتیکول

سریع‌تر از روزنه‌های بزرگ به تغییرات و تنش‌های محیطی واکنش می‌دهند. روزنه‌های بزرگ کمتر می‌توانند با تغییرات عملکردی سیستم آبی گیاه در مناطق خشک، واکنش مناسب نشان دهند و ممکن است این صفت مزیتی برای گیاهان رشد یافته در اقلیم‌های سرد و مرطوب باشد (Haworth *et al.*, 2011; Franks *et al.*, 2009). کمترین تراکم روزنه‌ای نیز در *F. orientalis* با مقدار ۱۳۹۸۷/۳۶ و بیشترین آن در *Q. macranthera* با مقدار ۹۵۵۹۹/۰۱ روزنه در واحد میلی‌متر مربع وجود داشت.

پژوهش‌ها روی کرک، موم و روزنه برگ این تیره نیز نشان داد که روزنه‌ها به شکل بیضوی یا در سطحی بالاتر یا هم‌سطح با سطح برگ قرار دارند. این پژوهشگران با توجه به سه تیپ ساختاری اشاره شده در بالا، استفاده از کرک‌ها را در درجه اول اهمیت و پس از آن، واکنش‌های سطح کوتیکول را برای اهداف تاکسونومیک مفید دانسته‌اند. آنها همچنین اذعان داشتند گونه‌هایی که از نظر شناسایی در گروه‌های مشکل‌سازند، به علت آنکه ترکیب مختلفی از ویژگی‌های ریزریخت‌شناسی ساختارهای ذکر شده در بالا را نشان می‌دهند، استفاده از هر یک از آن صفات برای ایجاد کلید شناسایی مجاز است (Scareli-Santos *et al.*, 2013).

برخی پژوهشگران برای شناسایی گونه‌های بلوط از صفات اپیدرم برگ استفاده کردند. آنها اشاره کردند اختلاف فاحشی در سلول‌های اپیدرمی برگ، کرک، قاعده کرک‌ها، روزنه‌ها و واکنش کوتیکول و صفات کوپول (پیاله) بین گونه‌ها وجود داشته و صفات اپیدرم هم برای شناسایی سرده‌ها در تیره راش و هم برای شناسایی گونه‌ها قابل استفاده است (Deng *et al.*, 2017).

نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین تراکم رگبندی در *Q. suber* است. این موضوع این چنین توجیه می‌شود که تشکیل لوپ یا حلقه، فاصله بین رگبرگ‌ها را کمتر می‌کند و انتقال آب سریع‌تر انجام می‌شود (Russel *et al.*, 2005) که نشان‌دهنده توانایی زیستن گیاهان در مناطقی با تابستان‌های طولانی و خشک است. ادعا شده است که کاهش دسترسی به آب و

وجود غلاف آوندی اسکلرانشیمی در اطراف آوند رگبرگ اصلی و وجود پارانشیم در اطراف یا داخل رگبرگ وسطی، برای افزایش استحکام مکانیکی برگ در نظر گرفته می‌شود که در بیشتر گونه‌ها به ویژه گونه‌های بلوط مطالعه شده در این پژوهش، به خوبی این حلقه اسکلرانشیم دیده می‌شد. نقش اصلی رگبرگ یا رگبندی گیاهان انتقال آب و مواد محلول از طریق آوندهای چوبی و هدایت کربوهیدرات‌ها و هورمون‌ها با آوند آبکش و استحکام مکانیکی دادن براساس آوندهای چوب لیگنینی شده و عناصر اسکلریدی است که همراه با دسته‌جات آوندی هستند (Nebelsick *et al.*, 2006; Sack and Ferole, 2001). تنوع در حلقه آوندی ممکن است استراتژی‌های اکولوژیکی و پراکنش درختان را متفاوت بیان کند (Kawai *et al.*, 2017).

نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین تراکم رگبندی در *Q. suber* است. این موضوع این چنین توجیه می‌شود که تشکیل لوپ یا حلقه، فاصله بین رگبرگ‌ها را کمتر می‌کند و انتقال آب سریع‌تر انجام می‌شود (Russel *et al.*, 2005) که نشان‌دهنده توانایی زیستن گیاهان در مناطقی با تابستان‌های طولانی و خشک است. ادعا شده است که کاهش دسترسی به آب و

پژوهش آنها *Castanea* در خوشه‌ای نزدیک به سرده بلوط است که نشان‌دهنده نزدیکی اکولوژیکی بیشتر این سرده با بلوط است و سرده *Fagus* نیز کاملاً از آنها جداست.

Peng و همکاران (۲۰۰۷) نیز در بررسی تاکسونومی عددی و تحلیل خوشه‌ای سرده بلوط با ۲۵ صفت کیفی و ۱۸ صفت کمی، دریافتند که سرده بلوط به ۵ گروه یا بخش با نام‌های *Section Aegilops*، *Section Quercus*، *Section Brachylepides*، *Section Engleriana* و *Section Echinolepides* تقسیم می‌شود و نمودار تحلیل رسته‌بندی آنها، مشابه با تحلیل خوشه‌ای شان بود. این پژوهشگران معتقدند که صفات اصلی تاکسونومیک در بلوط هنوز موجود است و فرآیند تکامل فقط در چند گروه مختلف در سرده بلوط ایجاد شده است. آنها استفاده از صفات ریختی در شناسایی گونه‌های نزدیک به هم بلوط را کارآمد دانسته‌اند. مطالعات رسته‌بندی و تحلیل خوشه‌ای این پژوهش کاملاً مشابه بوده که نشان‌دهنده مؤثر بودن صفات ریختی بر تاکسونومی و شناسایی گونه‌ها و سرده‌های این تیره است. نتیجه شایان توجه دیگر این است که گونه‌های *Quercus* که متعلق به یکی از بخش‌های *Quercus* یا *Cerris* هستند، از نظر شباهت ریختی و تشریحی و هم در تحلیل‌های خوشه‌ای و اوردیناسیون در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و کاملاً از دو سرده *Fagus* و *Castanea* جدا افتاده‌اند. در مطالعه رسته‌بندی مشخص شد برخی صفات ریختی و تشریحی، مانند تراکم کرک، شکل برگ، عرض برگ، اندیکس استوماتی، تراکم رگبندی، طول دمبرگ و ضخامت رگبرگ اصلی در کنار هم قرار گرفتن گونه‌ها مؤثر است.

رطوبت هوا، گیاهان را به تراکم رگبندی بیشتر هدایت می‌کند (Nebelsick et al., 2001; Zhang et al., 2012) مطالعات رسته‌بندی و تحلیل خوشه‌ای این پژوهش نشان داد که گونه راش *C. sativa* و *F. orientalis* از بیشتر گونه‌های بلوط این تیره جدا شده‌اند که احتمالاً حاکی از نزدیکی اکولوژیکی آنها است. استفاده از مارکرهای ITS PCR-RFLP در مطالعات فیلوژنی تمام سرده‌های این تیره، نشان داده است که بیشتر بلوط‌ها یا به صورت گروه‌های موجود در فرورسده (infrageneric group) یا گروه‌های وابسته به مناطق اکولوژیک (ecological area) دسته‌بندی می‌شوند (Coutinho et al., 2015). راش *F. orientalis* خواهر تمامی سرده‌های تیره است (Sauquet et al., 2012) که در تحلیل خوشه‌ای و رسته‌بندی این پژوهش نیز با صفات متمایز خود از بقیه جدا شده است.

این پژوهش نشان داد که گونه‌های *Q. macranthera* و *Q. petraea* (گونه‌های بخش *Quercus*) و به دنبال آن *Q. castaneifolia* و *Q. suber* (گونه‌های بخش *Cerris*) در تحلیل خوشه‌ای و رسته‌بندی بیشترین شباهت را در صفات ریختی و تشریحی به یکدیگر نشان می‌دهند. این پژوهش با مطالعات Coutinho و همکاران (۲۰۱۵) که روی محدوده تاکسونومیک و اکولوژی این تیره براساس مطالعات مولکولی ITS کار کرده‌اند، مطابقت دارد. در پژوهش آنها نیز دو گونه *Q. castaneifolia* و *Q. libani* در یک خوشه قرار گرفته و دو گونه *Q. suber* و *Q. petraea* نیز در زیرخوشه‌های جداگانه با آنها، در یک خوشه واقع شده‌اند و به عنوان گروه بزرگ بلوط از سایر سرده‌های تیره جدا شده‌اند. در

جمع‌بندی

پیشنهاد می‌شود که صفات و مارکرهای مولکولی در این تیره بررسی و نتایج حاصل با صفات ریختی و تشریحی ترکیب شوند تا بتوان به دسته‌بندی دقیق‌تری از گیاهان این تیره دست یافت.

سپاسگزاری

از زحمات جناب آقای دکتر علی‌اکبر باقریان یزدی که در آنالیز داده‌ها و جناب آقایان دکتر احمد عبدالزاده و دکتر سید محمد فاطمی که با دادن نظرات خود در ارائه بهتر مقاله با نویسنده مسؤل همکاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود. این مقاله بخشی از پروژه تحقیقاتی دانشجویی است و نویسندگان از معاونت پژوهشی و فناوری، مالی و اداری و پشتیبانی مدیریت گروه زیست‌شناسی دانشگاه گلستان برای حمایت علمی و فراهم کردن امکانات لازم، تشکر می‌کنند.

صفات تشریحی بیشتر از صفات ریخت‌شناسی تفاوت‌ها و تمایز بین سرده‌ها و گونه‌های مطالعه‌شده را نشان داد. استفاده از صفات تشریحی در بررسی سیستماتیک این تیره و ارتباط آنها با عوامل اکولوژیک و اقلیمی بسیار کارآمد به نظر می‌رسد. وجود کرک و شکل‌های مختلف و اندازه‌های متنوع آن، تنوع موم و شکل‌های آن، اندازه و تراکم روزنه و رگبندی از صفات مهم و مفید برای اهداف تاکسونومیک و اقلیم‌شناسی بودند. چون در این پژوهش از ترکیب ویژگی‌های ریزریخت‌شناسی استفاده شد، به نظر می‌رسد که هر یک از آن صفات ممکن است برای ایجاد کلید شناسایی سودمند باشد. در کنار صفات تشریحی، کلیه صفات ریخت‌شناسی برگ برای تشخیص سرده‌ها و همچنین برای شناسایی گونه‌ها در تیره راش قابل استفاده هستند. برای ارائه این مطالعه

منابع

- Ashton, P. M. S. and Berlyn, G. P. (1994) A comparison of leaf physiology and anatomy of *Quercus* (Section *Erythrobalanus*-Fagaceae) species in different light environments. *American Journal Botany* 81(5): 589-597.
- Bacilieri, R., Ducousso, A. and Kremer, A. (1996) Comparison of morphological characters and molecular markers for the analysis of hybridization in sessile and pedunculate oak. *Annals of Forest Science* 53:79-91.
- Browicz, K. and Menitsky, G. L. (1971) Fagaceae. In: Rechinger, K. H. (ed.), *Flora Iranica*. Akademische Druck- und Verlagsanstalt Graz, Austria 77: 1-20.
- Coutinho, J.P., Carvalho, A. and Lima-Brito, J. (2015) Taxonomic and ecological discrimination of Fagaceae species based on internal transcribed spacer polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism. *Annals Botany* 7(1): 1-13.
- Davis, J. C. (1982) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh at the University Press 7: 947.
- Deng, M., Song, Y., Li, Q., Coombes, A. and Li, Q. (2015) Clarification of the identity of *Quercus patkoiensis* and *Q. semiserratoidea* (Fagaceae) using leaf epidermal features. *Plant Systematics and Evolution* 301: 849-860.

- Deng, M., Jiang, X. L., Song, Y. G., Coombes, A., Yang, X. R., Xiong, Y. S. and Li, Q. S. (2017) Leaf epidermal features of *Quercus* Group *Ilex* (Fagaceae) and their application to species identification Review of Palaeobotany. *Palynology* 237: 10–36.
- Ferris, R., Long, L., Bunn, S. M., Robinson, K. M., Bradshaw, H. D., Rae, A. M. and Taylor, G. (2002) Leaf stomatal and epidermal cell development: identification of putative quantitative trait loci in relation to elevated carbon dioxide concentration in poplar. *Tree Physiology* 22(9): 633-640.
- Franks, P. J., Drake, P. L. and Beerling, D. J. (2009) Plasticity in maximum stomatal conductance constrained by negative correlation between stomatal size and density: an analysis using *Eucalyptus globulus*. *Plant Cell and Environment* 32: 1737–1748.
- Ghanbari, A., Babaei Sustani, F., Sattarian, A., akbari nia, M. and Chaplagh Paridari, A. (2011) Morphological variations in stomata, epidermal cells and trichome of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Caspian ecosystem. *Taxonomy and Biosystematics* 3(7): 23-32 (in Persian).
- Hammer, O., Harper, D. A. T. and Ryan, P. D. (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9.
- Haworth, M., Elliott-Kingston, C. and Mc Elwain, J. C. (2011) Historical perspective: Stomatal control as a driver of plant evolution. *Journal Experimental Botany* 62(8): 2419-2423.
- Kawai, K., Miyoshi, R. and Okada, N. (2017) Bundle sheath extensions are linked to water relations but not to mechanical and structural properties of leaves. *Trees* 31(4): 1–11.
- Metcalf, C. R. and Chalk. L. (1972) *Anatomy of the dicotyledons*, Clarendon Press, Oxford 2: 557.
- Mehrnia, M., Nejadstari, T., Assadi, M. and Mehregan, I. (2013) Taxonomic study of the genus *Quercus* L. sect. *Quercus* in the Zagros forests of Iran. *Iranian Journal Botany* 19(1): 62-74.
- Moradi, S. and Zolfaghari, R. 2016. Leaf morphology variation in Brant, Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in relation to altitude gradient. *J. of Zagros Forests Researches* 2(2): 61-77 (in Persian).
- Nebelsick, A. R., Uhl, D., Mosbrugger, V. R. and Kerp. H. (2001) Evolution and Function of Leaf Venation Architecture. *A Review of Annals Botany* 87: 553-566.
- Panahi, P., Jamzad, Z., Pourmajidian, M. R., Fallah, A. and Pourhashemi, M. (2011a) A revision of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.; Fagaceae) in hyrcanian Forests of Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 9(2): 145-158.
- Panahi, P., Pourmajidian, M., Jamzad, Z. and Fallah, A. (2011b) Importance of micromorphological characteristics of foliar and pollen grains for delimitation of Oak species in Iran. *Iranian Journal Forest and Poplar Researches* 19(1): 163-179 (in Persian).
- Panahi, P., Jamzad, Z., Pourhashemi, M. and Hasaninejad, M. (2017) Morphological variation of *Fagus orientalis* Lipsky in the Hyrcanian forests of Iran. *Iranian Journal of Botany* 23(1): 37-47.
- Panahi, P. and Jamzad, Z. (2017) The conservation status of oak species of Iran. *Iran Nature* 2: 82-91
- Peng, Y. S., Chen, L. and Li, J. Q. (2007) Study on numerical taxonomy of *Quercus* L. (Fagaceae) in China. *Journal of Wuhan Botanical Researches* 25: 149–157.
- Petit, R., Carlson, J., Curtu, A., Loustau, M., Plomion, C., Gonzalez-Rodr, A., Sork, V. and Ducouso, A. (2013) Fagaceae trees as models to integrate ecology, evolution and genomics. *New Phytologist* 197(2): 369-371.
- Rasband, W. S. (1997–2019) Image J. National Institutes of Health. Available online <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.

- Raeesi, Sh., Jalali, Gh. Espahbodi, K., and Khorankeh, S. (2012) Study on the Diversity in Leaf and Fruit Morphological Characteristics of *Quercus castaneifolia* in Five Natural Habitats at Mazandaran Forests. *Journal of Wood Technology and Forest Sciences* 19(4): 93-108 (in Persian).
- Russell, M. J., Hall, A. J., Boyce, A. J. and Fallick, A. E. (2005) 100 th 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 Press, Tehran (in Persian).
- Sack, L. and Frole, K. (2006) Leaf structural diversity is related to hydraulic capacity in tropical rain forest trees. *Ecologia* 87: 483-491.
- Sauquet, H., Ho, S. Y., Gandolfo, M. A., Jordan, G. J., Wilf, P., Cantrill, D. J., Bayly, M. J., Bromham, L., Brown, G. K. and Carpenter, R. J. (2012) Testing the impact of calibration on molecular divergence times using a fossil-rich group: the case of *Nothofagus* (Fagales). *Systematics Biology* 61: 289-313.
- Sattarian, A., Zarafshar, M. and Babaei Sustani, F. (2011) Leaf morphological variability between natural populations of *Quercus castaneifolia* and *Q. macronthera* in Caspian forest. *Taxonomy and Biosystematics* 6(3): 25-34 (in Persian).
- Scareli-Santos, C., SánChez-Mondragón, M., González-Rodríguez, A. and Oyama, K. (2013) Foliar micromorphology of Mexican oaks (*Quercus*: Fagaceae). *Acta Botanica Mexica* 104: 31-52.
- Xu, F., Guo, W., Xu, W. and Wang, R. (2008) Habitat effects on leaf morphological plasticity in *Quercus acutissima*. *Acta Biologica Cracov* 50(2):19-26. Zhang, Y. J., Frederick, M., Jin-Hua, C. Q., Guillermo, G. and Kun-Fang, C. (2012) Midday stomatal conductance is more related to stem rather than leaf water status in subtropical deciduous and evergreen broadleaf trees. *Plant Cell and Environment* 36(1): 149-58.

