

مطالعه صفات تشریحی دمبرگ در قبیله خوشاریزه (چتریان)

زینب مرادیان پوده: دانشجوی دکتری سیستماتیک گیاهی، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ۱۵۷۱۹-۱۴۹۱۱، ایران

فرخ قهرمانی نژاد✉: استاد گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ۱۵۷۱۹-۱۴۹۱۱، ایران (fgh@khu.ac.ir)
مهرشید ریاحی: استادیار گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ۱۵۷۱۹-۱۴۹۱۱، ایران

چکیده

قبیله خوشاریزه (چتریان) دارای شش جنس و ۲۸ گونه است. پراکنش این قبیله در گستره‌ای از جنوب غربی آسیا و به سمت جنوب غربی تا گینه در غرب آفریقا گسترش یافته و در هند نیز یافت می‌شود. با وجود تفاوت‌های زیاد در بخش ریخت‌شناسی، هنوز ابهامات زیادی در روابط فیلوژنتیکی آن وجود دارد. پژوهش حاضر با رویکرد تحلیلی، به بررسی این قبیله براساس شاخص‌های تشریحی دمبرگ پرداخته است. برای این منظور، نمونه‌های هرباریومی هشت گونه از چهار جنس مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، دو شاخه اصلی را در این قبیله نشان داد. در یک شاخه گونه‌های *Anisosciadium orientale* و *Dicyclophora persica* با صفت شکل دمبرگ و ضخامت بسیار نزدیک در چوب و آبکش در کنار هم قرار گرفتند و *Thecocarpus meifolius* نیز به خاطر شکل دمبرگ و شکل دستجات آوندی به این دو گونه قرابت بالایی نشان داد. در شاخه دوم نیز همه گونه‌های جنس *Echinophora* به خوبی در کنار هم قرار گرفتند. به نظر می‌رسد تفاوت در ضخامت کوتیکول، اپیدرم، آبکش و چوب از مهم‌ترین صفات متمایزکننده این دو شاخه باشد.

واژه‌های کلیدی: *Umbelliferae*, *Thecocarpus*, *Echinophora*, *Dicyclophora*, *Anisosciadium*

Anatomical study of the petiole in the tribe Echinophoreae (Apiaceae)

Zeynab Moradiyan Poodeh: PhD Student in Plant Systematics, Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran 15719-14911, Iran

Farrokh Ghahremaninejad✉: Prof., Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran 15719-14911, Iran (fgh@khu.ac.ir)

Mehrshid Riahi: Assistant Prof., Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran 15719-14911, Iran

Summary

The tribe Echinophoreae (Apiaceae) comprises six genera and 28 species. The distribution of this tribe extends from southwestern Asia in a southwesterly direction to Guinea in western Africa, and in India also. Despite considerable morphological diversity, the phylogenetic relationships within the tribe remain largely unresolved. The present anatomical study focuses on examining the petiole anatomical characteristics of the tribe. For this purpose, herbarium specimens of eight species from four genera were evaluated. Cluster analysis revealed two main lineages within the tribe. In one lineage, *Anisosciadium orientale* and *Dicyclophora persica* were grouped together due to their similarity in petiole shape and comparable thickness in the xylem and phloem tissues, while *Thecocarpus meifolius* also showed close affinity with these two species based on the shape of the petiole and the structure of the vascular bundles. In the second lineage, all species of the genus *Echinophora* clustered together. It seems that, the differences in the thickness of the cuticle, epidermis, phloem, and xylem are among the most important distinguishing characteristics between these two branches.

Keywords: *Anisosciadium*, *Dicyclophora*, *Echinophora*, *Thecocarpus*, *Umbelliferae*

قبیله خوشاریزه (Echinophoreae) متعلق به چتریان با چهار جنس به اسامی *Dicyclophora* Boiss.، *Anisosciadium* DC.، *Echinophora* L. و *Pycnocycla* Lindl. برای نخستین بار در سال ۱۸۹۸ توسط بنتام و هوکر معرفی شد. در حال حاضر، این قبیله با اضافه شدن دو جنس *Ergocarpon* C.C.Towns. و *Thecocarpon* Boiss. شش جنس و ۲۸ گونه را عمدتاً در نواحی خاورمیانه و جنوب غرب آسیا و با پراکنش محدودتر در اروپا و آفریقا در بر می گیرد. از ویژگی های متمایزکننده اعضای این قبیله می توان به گل آذین های منحصربه فرد فانوسی شکل (lantern-shape) گل نر و ماده و درجات متفاوتی از سخت شدگی و پیوستگی میان برگ ها، دمگل ها و میوه ها اشاره کرد (Drude 1898, Hedge & Lamond 1973, 1978, Pimenov & Leonov 1993, Takhtajan 1997, Mozaaffarian 2007, Khajehpiri et al. 2023).

مطالعات مولکولی و تعیین توالی در چتریان دارای ارزش تاکسونومیک بالایی است. از میان مطالعات مولکولی متعددی که در این تیره انجام شده می توان به مقالات داوونی (Downie et al. 1998, 2000a,b, 2001, 2010)، ولیجو-رومن و همکاران (Valiejo-Roman et al. 2006)، مگی و همکاران (Magee et al. 2010)، فریدونفر و همکاران (Fereydonfar et al. 2016)، موسوی و همکاران (Mousavi et al. 2020) و کلارکسن و همکاران (Clarkson et al. 2021) اشاره کرد.

امروزه نشان داده شده است که مطالعات تشریحی می تواند نقش مهمی در تعیین گروه های تک نیا ایفا کند. یکی از ویژگی های دارای اهمیت تاکسونومیک در رده بندی چتریان، ویژگی های تشریحی میوه در این تیره است که در مطالعات زیادی مورد استفاده قرار می گیرد. برخی از این مطالعات عبارتند از: مطالعه جنس *Thapsia* L. با استفاده از صفات میوه (Smith 1995)، مطالعه ساختار میوه در زیر تیره Saniculoideae و جنس های مربوط از آفریقا (Liu et al. 2003)، مطالعه ارزش تاکسونومیک میوه در رده بندی جنس *Bupleurum* L. در چین (Liu et al. 2003)، بررسی ارزش تاکسونومیک بال های میوه در راسته چتریان (Apiales) (Liu et al. 2006)، مطالعه جنس *Hausknechtia* Boiss. با استفاده از ویژگی های تشریحی میوه (Pimenov et al. 2004)، مطالعه تاکسونومیک گونه های جنس چویل (*Ferulago* W.D.J.Koch) با استفاده از صفات تشریحی میوه (Uruşak & Kizilarlan 2013)، مطالعه ویژگی های تشریحی میوه در گونه های جنس *Bupleurum* L. در ایران (Ghahremaniniajad et al. 2014) و بررسی ویژگی های میوه در جنس *Daucus* L. و آرایه های نزدیک به آن (Khajehpiri et al. 2010, Kadluczka & Grzebelus 2022).

مطالعات تشریحی ساختارهای رویشی گیاه مانند ساقه، برگ و ریشه نیز در شناسایی روابط فیلوژنتیک بین نهاندانگان مورد استفاده قرار می گیرند. اهمیت ساختار برگ به این دلیل است که برگ بیشترین تغییرات تکاملی را در نهاندانگان داشته و از تنوع صفات تشریحی بالایی برخوردار است. ویژگی های تشریحی ساقه و ریشه نیز به ویژه از نظر ویژگی های چوب و پوست، داده های مهم و مکملی را برای تبیین جایگاه فیلوژنتیکی گیاهان فراهم می آورند (De Wet et al. 2002, Olson et al. 2003).

از میان ساختارهای رویشی گیاه، دمبرگ با ویژگی های ریخت شناسی و تشریحی متمایز، یکی از شاخص های خاص در شناسایی و مقایسه گونه های گیاهی محسوب می شود. ساختارهای داخلی دمبرگ مانند آرایش آوندی، نوع بافت های استحکامی و ضخامت کوتیکول و همچنین وجود یا نبود کرک می توانند در تفکیک گونه ها و تعیین قرابت های فیلوژنتیکی نقش به سزایی داشته باشند. بسیاری از مطالعات تاکسونومیک نشان داده اند که الگوهای متفاوت در مقطع عرضی دمبرگ یا تغییرات شکل ظاهری آن در گونه های نزدیک، می تواند به عنوان معیارهای قابل اعتماد برای تشخیص روابط خویشاوندی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، تحلیل دقیق دمبرگ نه تنها به شناسایی گونه های مشابه کمک می کند بلکه ابزار کارآمدی در بازسازی درخت های تبارزایی و بررسی روابط تکاملی میان گروه های گیاهی فراهم می آورد (Metcalf & Chalk 1979).

در ادامه، به تعدادی از مطالعات انجام شده در سال های اخیر بر صفات تشریحی دمبرگ در گروه های مختلف گیاهی نیز اشاره می شود. تالپ و همکاران (Talip et al. 2016) با مطالعه ویژگی های دستجات آوندی در دمبرگ گونه هایی از قبیله Dipterocarpaceae (Dipterocarpaceae) نشان دادند این صفات می توانند در شناسایی جنس ها و طبقه بندی این قبیله کمک کننده باشند. در مطالعه دیگری، بر ویژگی های تشریحی پنج گونه از جنس *Terminalia* L. در جنوب غرب نیجریه، نشان داده شد که صفاتی چون شکل مقطع دمبرگ، ساختار اپیدرم، الگوی آوندی و نوع کرک ها در تفکیک گونه ها و تعیین روابط تاکسونومیک به ویژه در گونه های سازگار به شرایط خشک، کاربرد دارند. نتایج این مطالعه، لزوم توجه به ویژگی های تشریحی پهنک و دمبرگ برگ را در طبقه بندی در این جنس پیشنهاد می کند (Akinsulire et al. 2018). در بررسی صفات تشریحی دمبرگ در هشت گونه از جنس *Cinnamomum* Schaeff.، ویژگی هایی مانند

بال‌ها و شیارهای سطح فوقانی، کرک‌ها، شکل و ساختار دستجات آوندی به عنوان صفات مهم برای شناسایی گونه‌ها معرفی شدند (Abeyasinghe & Scharaschkin 2019). همچنین، در بررسی ۲۳ گونه از جنس *Salix* L. و برخی گونه‌های خویشاوند از نظر صفات تشریحی دمبرگ مشخص شد این صفات می‌توانند به خوبی برای تمایز آرایه‌های زیرجنسی و گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرند. به علاوه، بازسازی حالت اجدادی ویژگی‌های مورد مطالعه نشان داد که خصوصیات چوبی شکل سلولی چندضلعی، الگوی صاف تا اندکی خمیده در دیواره‌های آنتی‌کلینال سلول‌های اپیدرم، فشردگی افقی دمبرگ، حضور پره‌های جانبی در دمبرگ، سطح فوقانی محدب و حاشیه شیاردار دمبرگ، از صفات ابتدایی در گونه‌های مورد بررسی هستند (Hamzehloo et al. 2020). بررسی ویژگی‌های تشریحی دمبرگ در گونه‌های مختلف جنس *Curcuma* L. نشان دادند که با وجود شباهت‌های ساختاری، صفاتی مانند وجود کرک، شکل مقطع عرضی دمبرگ، تعداد دستجات آوندی و ضخامت لایه‌های کلرانثیم و هیپودرم می‌توانند در تفکیک گونه‌ها مفید باشند. این ویژگی‌ها به ویژه در شناسایی گونه‌ها در مرحله رویشی اهمیت دارند و ترکیب داده‌های کیفی و کمی تشریحی می‌تواند ابزار مؤثری برای ارزیابی تاکسونومیک گونه‌های این جنس باشد. متعاقباً در مطالعه‌ای که بر ویژگی‌های ریزریخت‌شناسی و تشریحی دمبرگ ۱۹ گونه از جنس *Clematis* L. در کره جنوبی انجام شد، صفات حضور یا نبود کرک، شکل مقطع عرضی دمبرگ، وجود بال‌ها و شیارها در سطح فوقانی و تعداد دستجات آوندی به عنوان ویژگی‌های متمایزکننده گونه‌ها معرفی شدند. تحلیل UPGMA در این مطالعه، شش دسته مجزا براساس شباهت‌های صفات دمبرگ ارائه کرد که می‌توانند به عنوان ویژگی‌های تشخیصی برای برخی گونه‌های این جنس استفاده شوند (Park et al. 2021).

در حال حاضر، نتایج حاصل از مطالعات ریخت‌شناختی، مولکولی و تشریحی در خصوص روابط درون‌تبار این گروه هنوز به صورت دقیق روشن نشده است. به نظر می‌رسد گوناگونی بالای صفات ریختی و تغییرپذیری ویژگی‌های ساختاری دمبرگ، تفسیر فیلوژنتیکی را با ابهام روبه‌رو کرده است. انجام مطالعات تکمیلی با بهره‌گیری از داده‌های تشریحی، از جمله بررسی دقیق ساختار دمبرگ، می‌تواند به درک بهتر روابط گونه‌ای و تبیین سازگاری‌های بوم‌شناختی میان آن‌ها کمک کند، چرا که ویژگی‌های تشریحی دمبرگ در این قبیله نه تنها ارزش تاکسونومیکی دارند، بلکه می‌توانند بازتابی از سازگاری‌های بوم‌شناختی گونه‌ها نیز باشند. بنابراین، بررسی ویژگی‌های تشریحی آرایه‌های تبار می‌تواند نقش مهمی در تبیین روابط خویشاوندی و تمایز جنس‌ها و گونه‌ها ایفا کند. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف مطالعه صفات تشریحی دمبرگ در گونه‌های منتخب این قبیله انجام شد. برای این منظور، نمونه‌های هرباریومی متعلق به هشت گونه از چهار جنس *Thecophora*، *Dicyclophora*، *Anisosciadium* و *Echinophora* مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند تا با شناسایی شاخص‌های تشریحی مؤثر، درک دقیق‌تری از روابط بین‌گونه‌ای و ساختار درونی این گروه فراهم شود.

روش بررسی

- انتخاب نمونه‌ها و روش تهیه برش‌ها

در مطالعه حاضر، به منظور انجام مطالعات تشریحی دمبرگ، نمونه‌برداری از نمونه‌های هرباریومی هشت گونه از قبیله خوشاریزه (چتریان) از هرباریوم تهران (T) در دانشگاه خوارزمی و هرباریوم موزه تاریخ طبیعی وین (W) صورت گرفت. مشخصات نمونه‌های مطالعه شده در جدول ۱ ارائه شده‌اند. برای هر گونه، یک نمونه گیاهی هرباریومی تهیه شد و بخش دمبرگ آن‌ها جدا شدند. از هر کدام از نمونه‌های دمبرگ، چهار برش عرضی تهیه شد. در مجموع برای هر هشت گونه، ۳۲ برش تهیه گردید. در هر مقطع، ضخامت کوتیکول، اپیدرم، آبکش و چوب در سه نقطه اندازه‌گیری و میانگین این مقادیر برای هر مقطع محاسبه گردید.

- تثبیت و نگهداری نمونه‌های دمبرگ

نمونه‌های دمبرگ پس از انتخاب و جدا شدن از گیاه، توسط الکل ۷۰ درصد شست‌وشو و توسط آب مقطر آبکشی شدند. سپس، این نمونه‌ها برای سهولت در برش‌گیری به مدت حدود یک ماه در محلول گلیسرین و الکل ۷۰ درصد و در دمای محیط قرار گرفتند.

- برش‌گیری و رنگ‌آمیزی

در این مرحله، ابتدا نمونه مورد نظر از الکل ۷۰ درصد خارج شده و در صافی‌های مخصوص و توسط آب کاملاً شست‌وشو داده شد. سپس، این نمونه درون قطعه‌ای از یونولیت جاسازی و به وسیله تیغ، برش‌های نازکی از آن تهیه شد. برش‌های به دست آمده در صافی مخصوص قرار گرفتند و قطعات یونولیت به وسیله قلمو از آن‌ها جدا شدند.

جدول ۱- مشخصات هرباریومی آرایه‌های مورد مطالعه از قبیله خوشاریزه

Table 1. Specimen information of studied taxa of tribe Echinophoreae

No.	Taxon	Locality	Elevation (m)	Herbarium No.*
1	<i>Anisosciadium orientale</i> DC.	Iraq: Kut al-Imara Distr., Ad confines Persiae in ditone oppidi Badra,	1300	W-0002224
2	<i>Dicyclophora persica</i> Boiss.	Iran: Kerman and Fars Prov., Inter Saidabad	1700-1900	W-0003275
3	<i>Echinophora chrysantha</i> Freyn & Sint.	Turkey: Erzincan, B7 Erzincan, 10 km NW Erzincan	780	W-03454
4	<i>E. orientalis</i> Hedge & Lamond	Iran: Azarbajejan Prov., Munjuglu	1206	T-10758
5	<i>E. platyloba</i> DC.	Iran: Fars Prov.: Marvdasht, Sade Doroodzan	1623	T-12613
6	<i>E. sibthorpiana</i> Guss.	Iran: Gilan Pov., Roudbar, Siahroud	1018	T-3949
7	<i>E. trichophylla</i> Sm.	Turkey: Bilcik between Kople and Demirkuh	180	W-0003952
8	<i>T. meifolius</i> Boiss.	Iran: Fars Prov., Marvdasht, Sade Doroodzan	1730	T-12443

W: Naturhistorisches Museum Wien (Vienna, Austria), T: Kharazmi University Herbarium (Tehran, Iran)

در مرحله بعد و برای پاک کردن و خارج کردن رنگیزه‌ها و سایر مواد درون سلولی و شفاف‌تر کردن برش‌ها در زیر میکروسکوپ، نمونه‌ها در آب ژاول ۲۰ درصد قرار داده شدند. همان لازم برای این مرحله بستگی به زمان بی‌رنگ شدن نمونه‌ها دارد. برش‌ها کاملاً با آب شستشو داده شدند و در محلول اسید استیک ۱۰ درصد قرار گرفتند. در این مرحله، برش‌ها پس از شست‌وشوی کامل با آب، به مدت ۱۰ دقیقه در رنگ قهوه‌ای بیسمارک و ۷ ثانیه در رنگ متیل بلو قرار داده شدند. پس از هر رنگ‌آمیزی، شست‌وشوی کامل برش‌ها با آب انجام شد. در پایان، نمونه‌ها با چند قطره گلیسرین روی لام قرار داده شدند و به طوری که حباب ایجاد نشود روی آن‌ها لامل قرار گرفت. لام‌های تهیه شده زیر میکروسکوپ مطالعه شدند. تمام تصاویر با تلفن همراه از طریق میکروسکوپ (بزرگنمایی‌های ۴۰×، ۱۰۰×، ۴۰۰×) گرفته شد. برای مقیاس‌گذاری، ابتدا لام مدرج (micrometer slide) تصویربرداری و با نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شد، سپس مقیاس به تصاویر نمونه‌ها اعمال گردید. جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Past4.13 استفاده شد.

نتیجه

پس از بررسی و اندازه‌گیری دقیق صفات انتخاب شده دمبرگ برای مطالعه حاضر، شرح دقیقی از ویژگی‌های تشریحی قبیله و آرایه‌های مورد مطالعه به همراه جدول ویژگی‌های دمبرگ در این قبیله (جدول ۲) تهیه شد. برای تحلیل خوشه‌ای صفات تشریحی دمبرگ در قبیله خوشاریزه، ابتدا داده‌ها به صورت کمی استانداردسازی شدند تا اثر مقیاس‌های مختلف صفات حذف شود. سپس فاصله بین نمونه‌ها با استفاده از فاصله اقلیدسی محاسبه گردید. پس از محاسبه فاصله‌ها، داده‌ها با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی بر پایه الگوریتم Ward گروه‌بندی شدند. این روش با کمینه کردن مجموع مربعات فاصله‌ها درون خوشه‌ها، خوشه‌هایی با واریانس کمتر و همگن‌تر تولید می‌کند که برای تحلیل صفات تشریحی گیاهی بسیار مناسب است. نتایج خوشه‌بندی در قالب دندروگرام با استفاده از نرم‌افزار Past4.13 آرایه شد که نشان‌دهنده قرابت گونه‌های مورد بررسی بر اساس صفات دمبرگ بود (شکل ۵).

آناتومی و تاکسونومی

شکل مقطع دمبرگ در قبیله خوشاریزه متغیر و ضخامت آن بین ۳۸۲،۷۷۹ تا ۱۴۳۵،۷۱۴ میکرومتر؛ دستجات آوندی در برش عرضی مثلی، دایره‌ای یا بیضی؛ ضخامت کوتیکول بین ۱۰،۰۲۲ تا ۲۷،۱۱۳ میکرومتر، ضخامت اپیدرم بین ۲،۳۲۹ تا ۴۶،۴۹۹ میکرومتر،

ضخامت آبکش بین ۴۰۱۶۲ تا ۷۲۰۹۴۴ میکرومتر و ضخامت چوب بین ۷۰۷۱۱ تا ۲۵۲۰۳۸۰ میکرومتر (شکل‌های ۱ تا ۴). مشخصات دمبرگ گونه‌های مورد بررسی به شرح زیر است:

۱- *Anisosciadium orientale*

دمبرگ در مقطع عرضی دایره‌ای با حاشیه موج‌دار و ضخامت ۵۰۴۰۲۹۳ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی دایره‌ای؛ ضخامت کوتیکول ۶۰۰۰۹ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۱۵۰۳۶۶ میکرومتر، ضخامت آبکش ۳۰۰۷۳۲ میکرومتر و ضخامت چوب ۷۰۰۷۱۱ میکرومتر.

۲- *Dicyclophora persica*

دمبرگ در مقطع عرضی دایره‌ای با حاشیه موج‌دار و ضخامت آن ۴۰۷۰۹۵۶ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی بیضوی؛ ضخامت کوتیکول ۳۰۸۲۲ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۸۰۵۴۷ میکرومتر، ضخامت آبکش ۲۷۰۰۲۷ میکرومتر و ضخامت چوب ۷۰۰۹۴۳ میکرومتر.

۳- *Echinophora chrysantha*

دمبرگ بیضوی با گوشواره و حاشیه سینوسی در مقطع عرضی و ضخامت ۴۲۴۰۳۱ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی بیضوی؛ ضخامت کوتیکول ۱۰۰۲۲ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۲۰۶۶۲ میکرومتر، ضخامت آبکش ۸۰۸۴۹ میکرومتر و ضخامت چوب ۱۴۰۳۱۰ میکرومتر.

۴- *E. orientalis*

دمبرگ مثلثی با لبه‌های صاف در مقطع عرضی و ضخامت ۵۸۹۰۲۷۱ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی مثلثی؛ ضخامت کوتیکول ۴۰۱۵۹ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۸۰۳۱۹ میکرومتر، ضخامت آبکش ۱۱۰۷۶۵ میکرومتر و ضخامت چوب ۲۷۰۰۳۶ میکرومتر.

۵- *E. platyloba*

دمبرگ گرد با حاشیه سینوسی در مقطع عرضی و ضخامت ۱۴۳۵۰۷۱۴ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی دایره‌ای؛ ضخامت کوتیکول ۱۰۰۲۳ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۳۰۲۰۲ میکرومتر، ضخامت آبکش ۶۰۹۵۹ میکرومتر و ضخامت چوب ۱۳۰۲۹۵ میکرومتر.

۶- *E. sibtorpiana*

دمبرگ مربعی با لبه‌های صاف در مقطع عرضی و ضخامت ۱۰۰۰۰۶۲۱ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی دایره‌ای؛ ضخامت کوتیکول ۱۰۰۲۲ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۲۰۳۲۹ میکرومتر، ضخامت آبکش ۴۰۱۶۲ میکرومتر و ضخامت چوب ۷۰۷۵۲ میکرومتر.

۷- *E. trichophylla*

دمبرگ مربعی با لبه‌های صاف در مقطع عرضی و ضخامت ۳۸۲۰۷۷۹ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی مثلثی؛ ضخامت کوتیکول ۲۰۲۵۴ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۵۰۳۰۳ میکرومتر، ضخامت آبکش ۱۲۰۰۷۱ میکرومتر و ضخامت چوب ۲۱۰۲۵۰ میکرومتر.

۸- *Thecocarpus meifolius*

دمبرگ در مقطع عرضی دایره‌ای با حاشیه سینوسی و ضخامت آن ۴۲۴۰۷۰۷ میکرومتر؛ دستجات آوندی در مقطع عرضی دایره‌ای؛ ضخامت کوتیکول ۱۱۰۱۹۱ میکرومتر، ضخامت اپیدرم ۲۱۰۶۵۵ میکرومتر، ضخامت آبکش ۷۲۰۹۴۴ میکرومتر و ضخامت چوب ۲۵۲۰۳۸ میکرومتر.

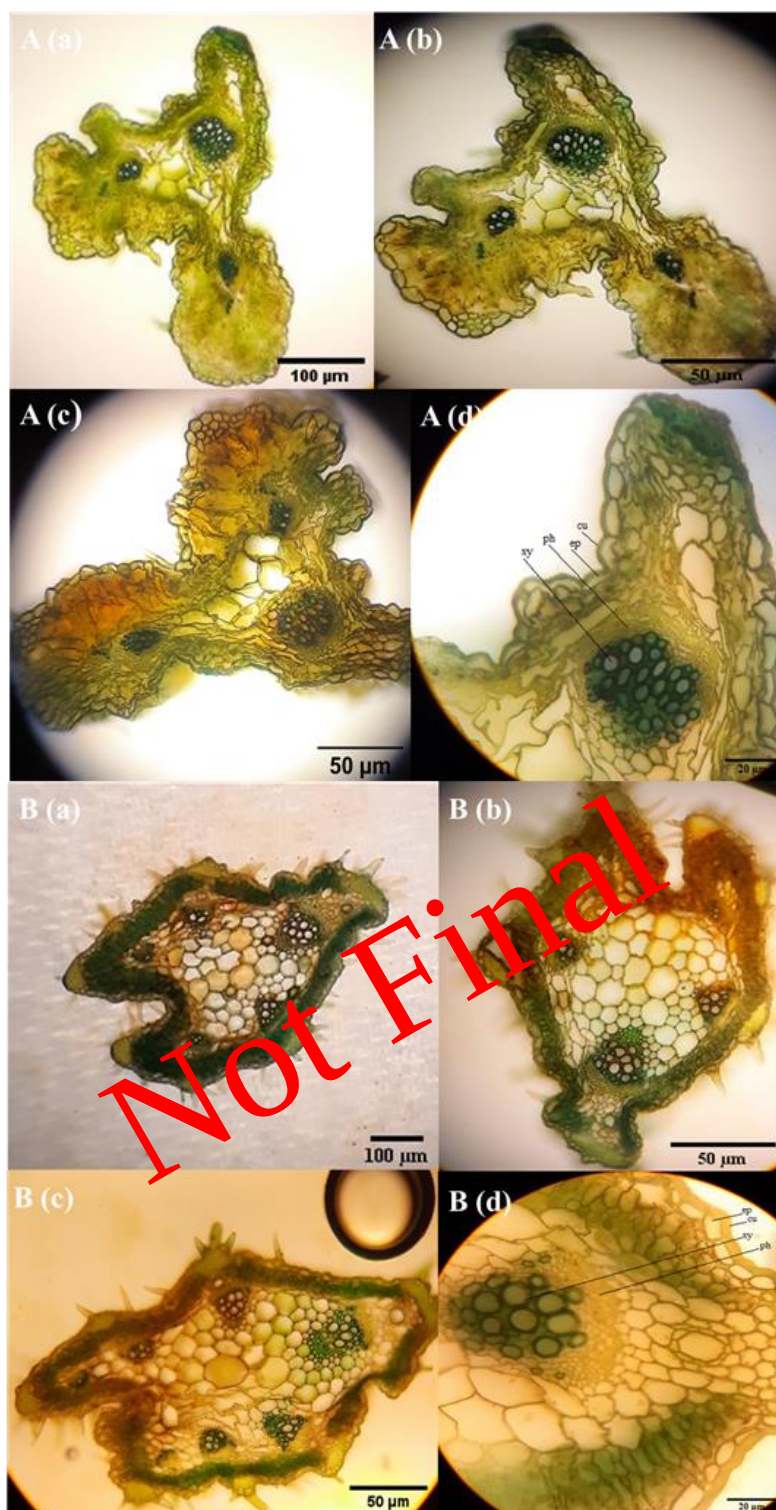
بحث

براساس نتایج حاصل از صفات تشریحی دمبرگ در قبیله خوشاریزه، نموداری با دو شاخه اصلی به دست آمد (شکل ۵). شاخه اول شامل گونه‌های نماینده سه جنس *Anisosciadium*، *Dicyclophora* و *Thecocarpos* و شاخه دوم دربرگیرنده همه گونه‌های مورد مطالعه جنس *Echinophora* بود.

در شاخه اول، گونه‌های *A. orientale*، *D. persica* و *T. meifolius* در کنار هم قرار گرفتند. این سه گونه از نظر فرم رویشی و ساختار برگ نیز شباهت‌هایی نشان دادند. هر سه گونه گیاهانی علفی و با ارتفاع متوسط بوده و دارای ساقه نرم و نسبتاً استوانه‌ای بودند. همچنین، برگ در این سه گونه معمولاً دارای تقسیمات کم‌عمق بود. از میان این گونه‌ها، دو گونه *A. orientale* و *D. persica* با شباهت در صفات شکل دمبرگ در برش عرضی و ضخامت دمبرگ و بافت چوب در کنار هم قرار گرفتند. علاوه بر صفات تشریحی دمبرگ، این دو گونه به دلیل فرم رویشی علفی یکساله از نظر ریخت‌شناسی نیز به هم نزدیک بودند. از صفات متمایزکننده گونه *T. meifolius* از دو گونه دیگر می‌توان به ضخامت بسیار بیشتر کوتیکول، اپیدرم، آبکش و چوب در این گونه نسبت به دو گونه دیگر اشاره کرد. از جنبه ریخت‌شناسی نیز این گونه به آسانی با ساختار میوه کاذب از دو گونه دیگر قابل تشخیص بود. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای داده‌های تشریحی دمبرگ نشان داد که قرارگیری گونه‌های مورد بررسی در شاخه‌ها و گروه‌بندی آن‌ها، تنها ناشی از تفاوت‌های ساختاری نیست، بلکه می‌تواند بازتابی از شرایط بوم‌شناختی و سازگاری گونه‌ها باشد. گونه‌های *T. meifolius*، *D. persica* و *A. orientale* که در کنار هم قرار گرفته‌اند، از نظر فرم رویشی مشابه و فاقد ساختارهای دفاعی سخت مانند خار بودند (شکل ۵). این شباهت‌ها نشان داد که این گونه‌ها در شرایط بوم‌شناختی مشابهی رشد کرده و فشارهای محیطی مشابهی را تجربه کرده‌اند که باعث تثبیت صفات ریخت‌شناختی خاصی شده است.

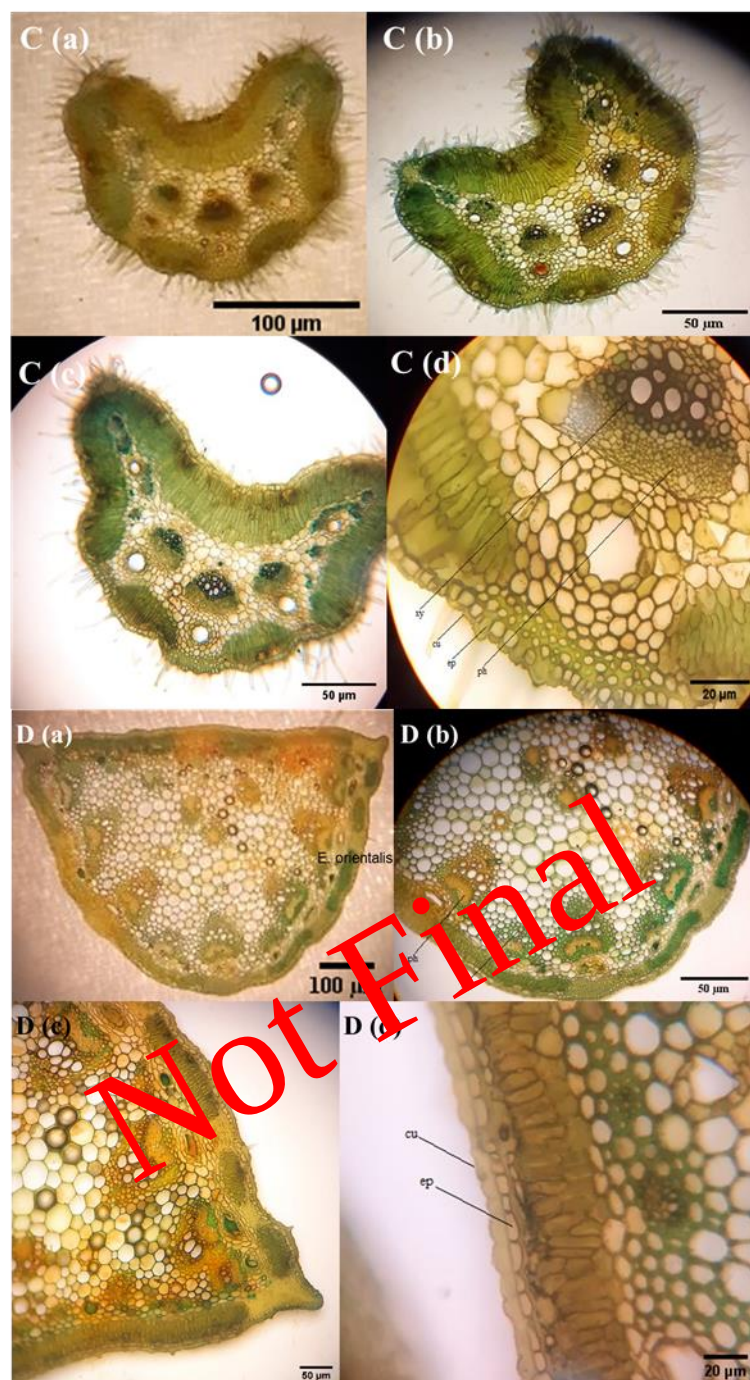
در شاخه دوم که در برگیرنده گونه‌های جنس *Echinophora* است، گونه *E. platyloba* که تنها گونه خاردار بررسی شده در این مطالعه بود به خوبی از دیگر گونه‌ها تفکیک شد. این امر نشان‌دهنده استراتژی دفاعی متفاوت و سازگاری با فشارهای زیست‌محیطی ویژه است. به نظر می‌آید ویژگی متمایزکننده این گونه از چهار گونه باقیمانده این جنس می‌تواند شکل مقطع عرضی دایره‌ای با حاشیه سینوسی و ضخامت بیشتر دمبرگ باشد. دو گونه *E. trichophylla* و *E. orientalis* با دستجات آوندی سه‌گوشه، ضخامت بالاتر کوتیکول، اپیدرم، چوب و آبکش در کنار یکدیگر قرار گرفتند و از دو گونه *E. sibthorpiana* و *E. chrysanth* متمایز شده‌اند. این دو گونه همچنین در خصوصیات ریخت‌شناسی مانند ساقه شیاردار، برگ‌های ساقه‌ای بالایی ساده، برگ‌های نازک و خطی و نوع چترک میوه‌دار به یکدیگر شباهت زیادی داشتند. از سوی دیگر، گونه‌های *E. chrysanth* و *E. sibthorpiana* با شباهت در صفات ضخامت کوتیکول، اپیدرم، آبکش و چوب به هم نزدیک بودند.

علاوه بر صفات تشریحی، این دو گونه به دلیل نبود خار، برگ‌های متناوب و مستطیلی و وجود غلاف برگی به هم شباهت داشتند. علاوه بر سازگاری بوم‌شناختی، این تفاوت‌ها احتمالاً منعکس‌کننده مسیرهای تکاملی و تاریخچه ژنتیکی گونه‌ها نیز هستند. قرار گرفتن گونه‌های علفی کنار هم و جدایی *E. platyloba* در نمودار درختی از گونه‌های دیگر از گروه خود، با تفاوت در تاریخچه فیلوژنتیکی و انتخاب طبیعی هم‌خوانی داشت، به طوری که این یافته‌ها با مطالعات پیشین نیز هماهنگ بود. به طور مثال، مطالعات اِپسینق و چاراسکین (Abeyasinghe & Scharaschkin 2019) در *Cinnamomum* (Lauraceae) نشان داد که ساختارهای تشریحی دمبرگ می‌توانند شاخص‌های مفیدی برای شناسایی گونه‌ها و بررسی روابط تکاملی باشند که اهمیت دمبرگ را در تحلیل‌های سیستماتیک و تطبیقی تأیید می‌کند. همچنین، مطالعات خواجه‌پیری و همکاران (Khajehpiri et al. 2023) نشان داد که ویژگی‌های تشریحی *Echinophora scabra* از جمله آرایش رگبرگ‌ها و مجاری ترش‌چی، به عنوان شاخص‌های قابل اعتماد برای شناسایی گونه‌ها عمل کرده که یافته‌های پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. در یافته‌های مطالعه حاضر، گونه‌هایی با فرم رویشی مشابه (مانند *T. meifolius*، *D. persica* و *A. orientale*) در نمودار درختی کنار هم قرار گرفته‌اند.



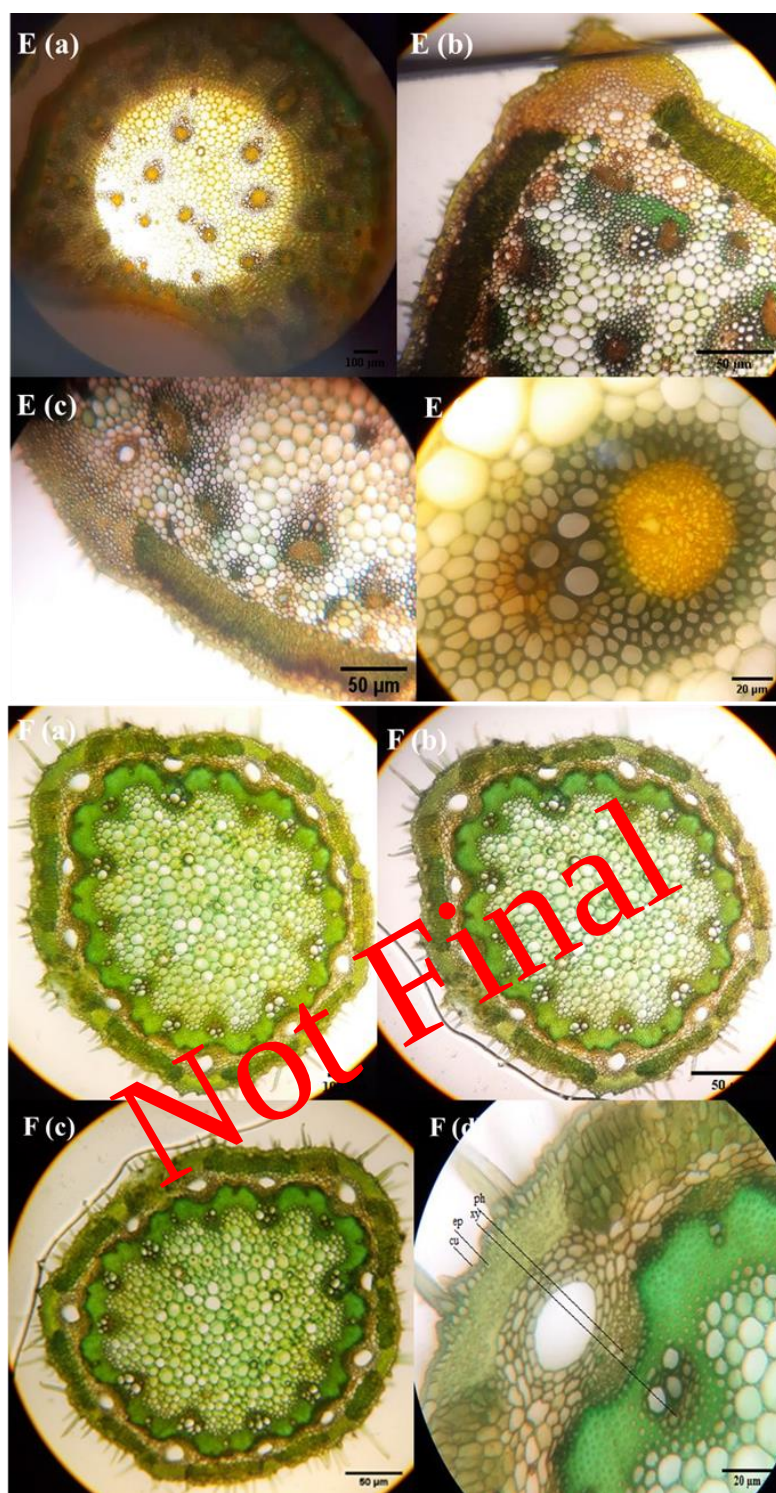
شکل ۱- برش عرضی دم برگ در قبیله خوشاریزه: A. *A. orientale*, B. *D. persica*. a: بزرگنمایی $\times 4$ (نمای کلی)، b و c: بزرگنمایی $\times 10$ ، d: بزرگنمایی $\times 40$ ، cu: کوتیکول، ep: اپیدرم، ph: آوند آبکش، xy: آوند چوبی.

Fig. 1. Transverse section of petiole in the tribe *Echinophoreae*: A. *A. orientale*, B. *D. persica*. a: $\times 4$ magnification (general view), b, c: $\times 10$ magnification, d: $\times 40$ magnification, cu: Cuticle, ep: epidermis, ph: phloem, xy: xylem.



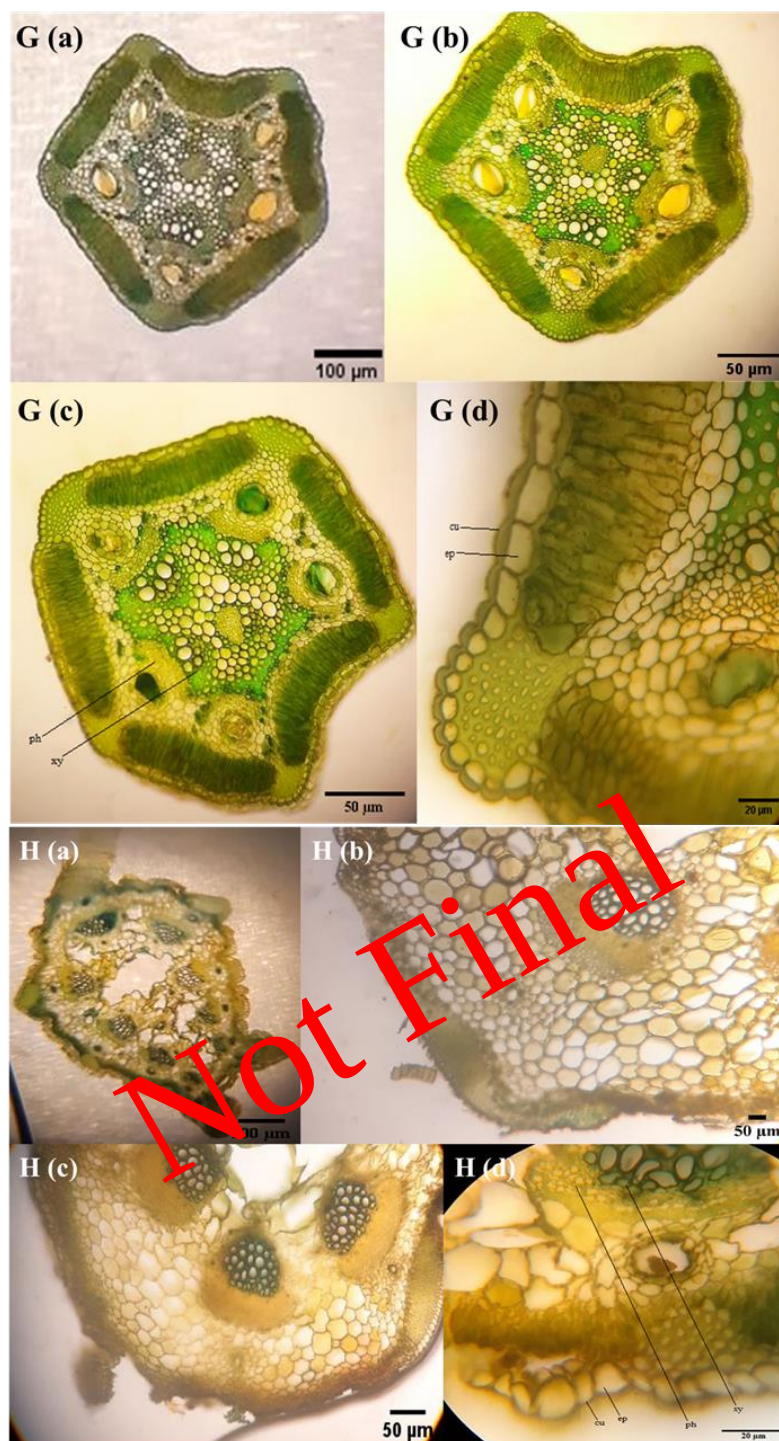
شکل ۲- برش عرضی دمبرگ در قبیله خوشاریزه: C. *E. chrysantha*, D. *E. orientalis*. a: بزرگنمایی $\times 4$ (نمای کلی)، b و c: بزرگنمایی $\times 10$ ، d: بزرگنمایی $\times 40$ ، cu: کوتیکول، ep: اپیدرم، ph: آوند آبکش، xy: آوند چوبی.

Fig. 2. Transverse section of petiole in the tribe *Echinophoreae*: C. *E. chrysantha*, D. *E. orientalis*. a: $\times 4$ magnification (general view), b, c: $\times 10$ magnification, d: $\times 40$ magnification, cu: Cuticle, ep: epidermis, ph: phloem, xy: xylem.



شکل ۳- برش عرضی دمبرگ در قبیله خوشاریزه: E. *platyloba* F. *E. sibthorpiana* a: بزرگنمایی $\times 4$ (نمای کلی)، b و c: بزرگنمایی $\times 10$ ، d: بزرگنمایی $\times 40$ ، cu: کوتیکول، ep: اپیدرم، ph: آوند آبکش، xy: آوند چوبی.

Fig. 3. Transverse section of petiole in the tribe *Echinophoreae*: E. *E. platyloba*, F. *E. sibthorpiana*. a: $\times 4$ magnification (general view), b, c: $\times 10$ magnification, d: $\times 40$ magnification, cu: Cuticle, ep: epidermis, ph: phloem, xy: xylem.



شکل ۴- برش عرضی دمبرگ در قبیله خوشاریزه: G. *E. trichophylla*, H. *T. meifolius*. a: بزرگنمایی $\times 4$ (نمای کلی)، b و c: بزرگنمایی $\times 10$ ، d: بزرگنمایی $\times 40$ ، cu: کوتیکول، ep: اپیدرم، ph: آوند آبکش، xy: آوند چوبی.

Fig. 4. Transverse section of petiole in the tribe *Echinophoreae*: G. *E. trichophylla*, H. *T. meifolius*. a: $\times 4$ magnification (general view), b, c: $\times 10$ magnification, d: $\times 40$ magnification, cu: Cuticle, ep: epidermis, ph: phloem, xy: xylem.

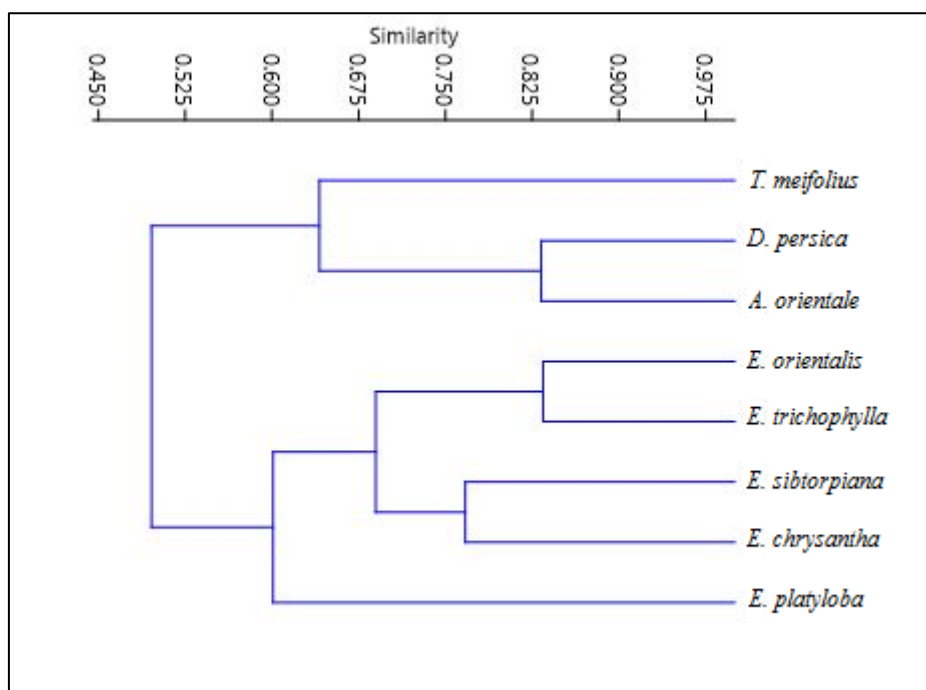
Table 2. Studied anatomical characters of petiole in tribe Echinophoreae

Taxon	Petiole shape	Petiole thickness (μm)	Vascular bundle shape	Cuticle thickness (μm)	Epidermis thickness (μm)	Phloem thickness (μm)	Xylem thickness (μm)
<i>Anisosciadium orientale</i> DC.	Round with sinusoidal margin	504.293	Circular	6.009	15.366	30.732	70.711
<i>Dicyclophora persica</i> Boiss.	Round with sinusoidal margin	407.956	Oval	3.822	8.547	27.027	70.943
<i>Echinophora chrysantha</i> Freyn & Sint.	Cuneate oval with sinusoidal margin	424.31	Oval	1.022	2.662	8.849	14.31
<i>E. orientalis</i> Hedge & Lamond	Triangle with smooth edges	589.271	Triangular	4.159	8.319	11.765	27.036
<i>E. platyloba</i> DC.	Round with sinusoidal margin	1435.714	Circular	1.023	3.202	6.959	13.295
<i>E. sibthorpiana</i> Guss.	A square with a smooth edge	1000.621	Circular	1.022	2.329	4.162	7.752
<i>E. trichophylla</i> Sm.	A square with a smooth edge	382.779	Triangular	2.254	5.303	12.071	21.25
<i>Thecocarpus meifolius</i> Boiss.	Round with sinusoidal margin	424.707	Circular	11.191	21.655	72.944	252.38

جدایی گونه *E. platyloba* از سایر گونه‌های جنس خود به دلیل وجود خار، اهمیت صفات دفاعی و سازگاری را در شکل‌دهی به تنوع تشریحی برجسته می‌کند. این هم‌راستایی نشان داد که ویژگی‌های تشریحی، حتی در سطح دمبرگ و ساختارهای رویشی، می‌توانند بازتاب‌دهنده روابط فیلوژنتیکی و سازگاری‌های بوم‌شناختی باشند و نیز با تحلیل‌های ریزریخت‌شناختی هم‌خوانی داشته باشند. بنابراین، ترکیب داده‌های تشریحی نمودار درختی با مطالعات پیشین، اهمیت مطالعه دمبرگ را در تعیین مرزهای تاکسونومیک و بررسی روابط تکاملی در مورد Echinophoreae تأیید نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی تشریحی دمبرگ در قبیله خوشاریزه نشان داد که صفات ساختاری مانند ضخامت کوتیکول، اپیدرم، آبکش و چوب از شاخص‌ترین ویژگی‌ها در تفکیک گونه‌ها و جنس‌ها هستند. تحلیل خوشه‌ای، گونه‌ها را در دو شاخه اصلی جای داد. شاخه اول شامل نمایندگان جنس‌های *Anisosciadium*، *Dicyclophora* و *Thecocarpus* است و قرابت بیشتر دو جنس *Anisosciadium* و *Dicyclophora* را نسبت به *Thecocarpus* نشان داد. شاخه دوم، همه گونه‌های جنس *Echinophora* را در برمی‌گیرد که در میان آن‌ها گونه خاردار *E. platyloba* با مقطع دمبرگ با حاشیه سینوسی از سایر گونه‌ها تفکیک شده است. سایر گونه‌ها نیز براساس تفاوت در ضخامت بافت‌ها و آرایش دستجات آوندی به دو گروه قابل تشخیص تقسیم شدند. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که در میان گونه‌های بررسی‌شده از قبیله خوشاریزه، صفات تشریحی دمبرگ معیارهای قابل اعتمادی برای بازشناسی گونه‌ها و بررسی روابط درون‌قبیله‌ای فراهم کردند.



شکل ۵- دندروگرام شباهت ویژگی‌های تشریحی دم‌برگ.

Fig. 5. Similarity dendrogram of petiole anatomical characteristics.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از مسئولان هرباریوم W (وین، اتریش)، هرباریوم تهران (T) در دانشگاه خوارزمی (تهران، ایران) و همچنین سرکار خانم مریم خواجه‌پیری که در انجام این پژوهش همکاری‌های زیادی را به عمل آوردند، سپاسگزاری و قدردانی نمایند. پژوهش حاضر مستخرج از رساله دکتری نگارنده نخست به راهنمایی نگارنده دوم و سوم می‌باشد که به دانشگاه خوارزمی (تهران) ارایه شده است.

References

- Abeyasinghe, P.D. & Scharaschkin, T. 2019. Taxonomic value of petiole anatomy in the genus *Cinnamomum* (Lauraceae) found in Sri Lanka. *Ruhuna Journal of Science* 10(1): 1–17. DOI: 10.4238/gmr15048767.
- Akinsulire, O.P., Oladipo, O.T., Akinloye, A.J. & Illoh, H.C. 2018. Structure, distribution and taxonomic significance of leaf and petiole anatomical characters in five species of *Terminalia* (Combretaceae: Magnoliopsida). *Brazilian Journal of Biological Sciences* 5(10): 515–528. DOI: 10.21472/bjbs.051027.
- Anu, S. & Dan, M. 2020. Taxonomic significance on comparative petiole anatomy of twelve species of *Curcuma* L. (Zingiberaceae) from South India. *Plant Archives* 20(1): 35–41.
- Clarkson, J.J., Zuntini, A.R., Maurin, O., Downie, S.R., Plunkett, G.M., Nicolas, A.N., Smith, J.F., Feist, M.A.E., Gutierrez, K., Malakasi, P., Bailey, P., Brewer, G.E., Epitawalage, N., Zmarzty, S., Forest, F. & Baker, W.J. 2021. A higher-level nuclear phylogenomic study of the carrot family (Apiaceae). *American Journal of Botany* 108(7): 1252–1269. DOI: 10.1002/ajb2.1701.
- De Wet, H., Tilney, P.M. & Van Wyk, B.E. 2002. Vegetative morphology and anatomy of *Cissampelos* in South Africa. *South African Journal of Botany* 68(2): 181–190. DOI: 10.1016/S0254-6299(15)30418.

- Downie, S.R., Katz-Downie, D.S. & Spalik, K. 2000a. A phylogeny of Apiaceae, tribe Scandiceae: Evidence from Nuclear Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer Sequences. *American Journal of Botany* 87(1): 76–95. DOI: 10.2307/2656687.
- Downie, S.R., Katz-Downie, D.S. & Watson, M.F. 2000b. A phylogeny of the flowering plant family Apiaceae based on chloroplast DNA *rpl16* and *rpoC1* intron sequences: towards a suprageneric classification of subfamily Apioideae. *American Journal of Botany* 87(2): 273–292. DOI: 10.2307/2656915.
- Downie, S.R., Ramanath, S., Katz-Downie, D.S. & Llanas, E. 1998. Molecular systematics of Apiaceae subfamily Apioideae: Phylogenetic analyses of nuclear ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer and plastid *rpoC1* intron sequences. *American Journal of Botany* 85(4): 563–591. DOI: 10.2307/2446441.
- Downie, S.R., Plunkett, G.M., Watson, M.F., Spalik, K., Katz-Downie, D.S., Valiejo-Roman, C.M., Terentjeva, E.I., Troitsky, A.V., Lee, B.Y., Lahham, J. & El-Oqlah, A. 2001. Tribes and clades within Apiaceae subfamily Apioideae: The contribution of molecular data. *Edinburgh Journal of Botany* 58(2): 301–330. DOI: 10.1017/s0960428601000658.
- Downie, S.R., Spalik, K., Katz-Downie, D.S. & Reduron, J.-P. 2010. Major clades within Apiaceae subfamily Apioideae as inferred by phylogenetic analysis of nrDNA ITS sequences. *Plant Diversity and Evolution* 128(1–2): 111–136. DOI: 10.1127/1869-6155/2010/0128-0005.
- Drude, C.G.O. 1897–98. Umbelliferae. Pp. 63–250. In: Engler, A. & Prantle, K. (eds), *Die Naturlichen Pflanzenfamilien*, Vol. 38. W. Engelmann, Germany.
- Fereidounfar, S., Ghahremaninejad, F. & Khajepiri, M. 2016. Phylogeny of the Southwest Asian *Pimpinella* and related genera based on nuclear and plastid sequences. *Genetics and Molecular Research* 15(4): 1–17. DOI: 10.4238/gmr15048767.
- Ghahremaninejad, F., Hoseini, E. & Mozaffarian, V. 2014. Fruit anatomy of the genus *Bupleurum* L. (Apiaceae) in Iran. *Iranian Journal of Botany* 20(1): 51–70. DOI: 10.22092/IJB.2014.6157.
- Hamzehloo, S., Ghahremaninejad, F. & Hoseini, E. 2020. Petiole anatomical features in *Salix* and some of its relatives in the family Salicaceae. *Rostania* 21(2): 185–205. DOI: 10.22092/BOTANY.2020.343283.1205.
- Hedge, I.C. & Lamond, J.M. 1973. A review of the tribe Echinophoreae (Umbelliferae). *Notes from the Royal Botanic Garden* 32(2): 167–188.
- Hedge, I.C. & Lamond, J.M. 1978. Further notes on Umbelliferae-Echinophoreae. *Notes from the Royal Botanic Garden* 37(1): 61–66.
- Kadluczka, D. & Grzebelus, E. 2022. Comparative fruit morphology and anatomy of wild relatives of carrot (*Daucus*, Apiaceae). *Agriculture* 12(12): 1–17. DOI: 10.3390/agriculture12122104.
- Khajepiri, M., Saeidi, H., La Farge, C. & Ghahremaninejad, F. 2023. Typification and taxonomy of *Echinophora scabra* (Echinophoreae, Apioideae). *Phytotaxa* 594(2): 145–152. DOI: 10.11646/phytotaxa.594.2.6.
- Khajepiri, M., Ghahremaninejad, F. & Mozaffarian, V. 2010. Fruit anatomy of the genus *Pimpinella* L. (Apiaceae). *Flora* 205(5): 344–356. DOI: 10.1016/j.flora.2009.12.030.
- Kızırlarlan, C. 2013. Fruit anatomy of some *Ferulago* (Apiaceae) species in Turkey. *Turkish Journal of Botany* 37(3): 434–445. DOI: 10.3906/bot-1109-7.
- Liu, M., Shi, L., van Wyk, B.E., Tilney, P.M. & Friis, I.B. 2003. Fruit anatomy of the genus *Bupleurum* (Apiaceae) in northeastern China and notes on systematic implications. *South African Journal of Botany* 69(2): 151–157. DOI: 10.1016/s0254-6299(15)30338-0.

- Liu, M.R., Plunkett, G.M., Lowry, P.P., Wyk, B.E. & Tilney, P.M. 2006. The taxonomic value of fruit wing types in the order Apiales. *American Journal of Botany* 93(9): 1357–1368. DOI: 10.3732/ajb.93.9.1357.
- Liu, M.R., Van Wyk, B.E. & Tilney, P.M. 2003. The taxonomic value of fruit structure in the subfamily Saniculoideae and related African genera (Apiaceae). *Taxon* 52(2): 261–270. DOI: 10.2307/3647394.
- Magee, A.R., Calvino, C.I., Liu, M.R., Downie, S.R., Tilney, P.M. & Wyk, B.E. 2010. New tribal delimitation for the early diverging lineages of Apiaceae subfamily Apioideae. *Taxon* 59(2): 567–580. DOI: 10.1002/tax.592021.
- Metcalf, C.R. & Chalk, L. 1979. *Anatomy of the Dicotyledons*. 2nd Edition, Clarendon Press, Oxford. 1–806.
- Mousavi, S., Mozaffarian, V., Mummenhoff, K., Downie, S.R. & Zarre, S. 2020. An updated lineage-based tribal classification of Apiaceae subfamily Apioideae with special focus on Iranian genera. *Systematics and Biodiversity* 19(1): 89–109. DOI: 10.1080/14772000.2020.1834002.
- Mozaffarian, V. 2007. Umbelliferae. In: Assadi, M. (Chief Editor), *Flora of Iran*, Vol. 54. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran (In Persian).
- Olson, M.E., Gaskin, J.F. & Ghahremaninejad, F. 2003. Stem anatomy is congruent with molecular phylogenies placing *Hypericopsis persica* in *Frankenia* (Frankeniaceae): comments on vasicentric tracheids. *Taxon* 52(3): 525–532. DOI: 10.2307/3647451.
- Park, B.K., Son, D.C. & Ghimire, B. 2021. Taxonomic relevance of petiole anatomical and micro-morphological characteristics of *Clematis* L. (Ranunculaceae) taxa from South Korea. *PeerJ* 9, e11669. DOI: 10.7717/peerj.11669.
- Pimenov, M.G. & Leonoy, M.V. 1993. *The Genera of the Umbelliferae: A Nomenclature*. Royal Botanic Garden, Kew, UK, 1993.
- Pimenov, M.G., Valiejo-Roman, C.M., Terentieva, E.I., Samigullin, T.H. & Mozaffarian, V. 2004. Enigmatic genus *Haussknechtia* (Umbelliferae): systematic relationships based on molecular and carpological data. *Nordic Journal of Botany* 24(5): 555–565. DOI: 10.1111/j.1756-1051.2004.tb01640.x.
- Smitt, U.W., Jager, A.K., Aderssen, A. & Guckser, L. 1995. Comparative studies in phytochemistry and fruit anatomy of *Thapsia garganica* and *T. transthyana*, Apiaceae (Umbelliferae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 117(4): 281–292. DOI: 10.1006/bjpl.1995.0019.
- Takhtajan, A. 1997. *Diversity and Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press.
- Talip, N., Rahman, M.Y., Sahid, I.B., Badron, U.H., Sahimi, S. & Azeyanty, J.A. 2016. Petiole vascular bundles and its taxonomic value in the tribe Dipterocarpeae (Dipterocarpaceae). *Sains Malaysiana* 45(2): 247–253.
- Valiejo-Roman, C.M., Terentieva, E.I., Samigullin, T.H., Pimenov, M.G., Ghahremaninejad, F. & Mozaffarian, V. 2006. Molecular data (nrITS-sequencing) reveal relationships among Iranian endemic taxa of the Umbelliferae. *Feddes Repertorium* 117(5–6): 367–388. DOI: 10.1002/fedr.200611106.