

ویژگی‌های تشریحی و ریختی برگ برخی گونه‌های *Acer L.*

زهرا کریمی*

ایران، گرگان، دانشگاه گلستان، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۵

چکیده

سرده افرا دارای ۱۴۸-۱۵۰ گونه است که اکثراً در آسیا، چین و ژاپن پراکنده اند. در ایران نیز ۱۱ گونه افرا عناصر اصلی رویش‌های جنگلی را تشکیل داده‌اند. وجود گونه‌های هیبرید از یک طرف و تاثیر تغییرات اقلیمی بر شکل‌ظاهری گونه‌ها از طرف دیگر، گروه-بندی گونه‌ها را با سردرگمی مواجه کرده است. در تحقیق حاضر تعداد ۵۲ صفت کمی و کیفی ریختی و تشریح برگ و بشره گونه‌های موجود در ایران انتخاب و مقایسه گردید و تفاوتها و شباهتهای بین آنها مشخص شد. تحلیل خوشه‌ای Ward و رسته بندی PCA با استفاده از نرم افزار R انجام شد. نتایج تحلیل رسته بندی با تحلیل خوشه‌ای منطبق بود. نتایج نشان داد که تمام گونه‌های مورد بررسی افرا در یک خوشه و نزدیک هم قرار می‌گیرند و دو گونه *Koelreutaria paniculata* Laxm و *Dodonea viscosa* (L.) Jacq. از سرده *Acer* کاملاً مجزا هستند. *A. campestre* L. و *A. microphyllum* (Boiss.) Dinsm نیز بیشترین شباهت را به یکدیگر نشان دادند و *A. negundo* L. به‌طور جداگانه با آنها ایجاد خوشه کرده است. قرارگرفتن دیگر گونه‌ها در خوشه‌های مجزا نشان دهنده دارا بودن دو نوع ترکیب صفات برای جدا شدن گونه‌ها است. این تحقیق نشان داد که صفات ریختی مانند شیار در دم‌برگ، شکل کلی برگها، وجود غدد زرد رنگ مابین رگبرگهای فرعی و اصلی، مژه‌ها و یا دندان‌دار بودن حاشیه برگ و شکل نوک و قاعده برگ و تعداد لوبها از صفات مهم ریخت‌شناسی گونه‌های افرا است. صفات تشریحی برگ مانند ضخامت رگبرگ اصلی، وجود کرک و اشکال و اندازه‌های متنوع آن و تراکم کرک، ضخامت و تنوع موم و اشکال آن، اندازه و تراکم روزنه، تشکیل غلاف اسکلرانسیم و دستجات آمفی کربیرال از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت بود. به نظر می‌رسد که تفاوت و یا شباهتهای بین گونه‌ها به محیط اکولوژیکی و شرایط رویشگاه آنها بستگی دارد.

واژه‌های کلیدی: افرا، تحلیل رسته بندی، تحلیل خوشه‌ای، ریخت‌شناسی و تشریح برگ

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۱۷۰۸۴۲۴، پست الکترونیکی: z.karimi@gu.ac.ir، karimiln@yahoo.com

مقدمه

گونه‌های مختلف افرا (*Acer L.* (Sapindaceae) بصورت - درخت یا درختچه‌های کوتاه هستند. شکل برگ، میوه، زاویه بین دو فندقه، صاف یا کرکدار بودن بذر سبب تشخیص گونه‌های مختلف افرا از یکدیگر می‌گردد. افرا دارای ۱۴۸-۱۵۰ گونه است که اکثراً در آسیا، چین و ژاپن پراکنده اند (۲۹). گیاهان افرا با داشتن ۱۱ گونه در جنگل‌های شمال تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری و همچنین در غرب و جنوب ایران می‌رویند. توما و همکاران (۲۰۱۵) تعداد گونه‌های این سرده را ۱۱۵ اعلام کرده اند که گونه‌های-

خودرو و کشت شده آن برای تزیین پارکها و خیابانها، صنایع چوب، حتی به عنوان گیاهان مقاوم به خشکی و فرسایش مورد توجه مطالعات تحقیقاتی قرار گرفته اند (۲۳ و ۲۷). مطالعات متعددی در زمینه هدایت و تراکم روزنه ای در افراها در ارتباط با شرایط خاص محیطی وجود دارد که به طور عمده بر جنبه های فیزیولوژیکی و نه نقش بشره برگ در طبقه بندی ها متمرکز بوده است. اهمیت مطالعات بشره‌ای در طبقه بندی تاکسونومی افرا برای نخستین بار توسط دلندیک (۱۹۸۱) مورد بررسی قرار

طبقه بندی و روابط فیلولوژنی درون سرده افرا با توجه به تنوعات ریختی درون و بین گونه‌های همواره بحث برانگیز بوده و به همین دلیل برای این سرده بخش‌های مختلف و سریهای متعدد پیشنهاد شده است (۹). این سرده یکی از عناصر اصلی تشکیل دهنده رویشگاه‌های جنگلی ایران است و از علت‌های اصلی که تشخیص گونه‌های افرا را دچار مشکل می‌سازد، هیبریداسیون بین گونه‌ای و تشکیل کمپلکس گونه‌ای است. لذا تحقیق حاضر بر آن است با ارزیابی ویژگی‌های کمی یا کیفی ریختی و تشریحی برگ و بشره آن نشان دهد کدام صفات برگ در تاکسونومی سرده و نزدیکی و دوری گونه‌ها موثرتر هستند و همچنین کدام صفات برگ میتوانند منعکس‌کننده خصوصیات بوم‌شناختی رویشگاه گونه‌ها باشند؟

مواد و روشها

جمع‌آوری گونه‌ها و بررسی صفات ریختی: به‌منظور بررسی صفات ریختی برگ، تعداد نه گونه افرا و سه فرد از هر گونه در اواسط اردیبهشت تا شهریور ۱۳۹۵ جمع‌آوری گردید (در جدول ۱ گونه‌های جمع‌آوری شده در این تحقیق، محل و سال پررنگ شده‌اند) و مطالعه بقیه گونه‌ها با استفاده از نمونه‌های هرباریومی موجود در هرباریوم دانشگاه گلستان صورت گرفت (مجموعاً ۱۲ گونه مورد بررسی قرار گرفت). شناسایی گیاهان با فلورترکیه (۴) و فلورا ایرانیکا (۱۸) انجام شد. تعداد ۱۸ صفت کیفی ریخت-شناختی برگ و بشره گونه‌ها مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۲). لیست گونه‌ها، محل جمع‌آوری و تاریخ جمع‌آوری آنها در جدول ۱ آمده است.

تشریح برگ: برش‌گیری برگ و بشره گونه‌ها به صورت دستی و رنگ‌آمیزی با قرمزکنگو و سبزمیتیل انجام شد. عکسبرداری از آنها توسط میکروسکوپ نوری (Olympus BX51) دارای دوربین (Olympus DP71) انجام شد. برای مشاهده بهتر از وضعیت لایه کوتیکول و سطح برگ و همچنین روزنه‌ها و کرکها، ابعاد یک در یک

گرفت (۵). محتشمیان و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از صفات بشره برگ، ۳۹ جمعیت از گونه‌های افرا در ایران را بررسی کردند. این محققان قرارگرفتن روزنه‌ها به شکل خوشه‌ای و شکل سلولهای بشره‌ای و دیواره‌های آنها، نوع پوشش و واکسهای (موم روی پوستکی) سطح بشره را صفاتی مهم برای مقایسه جمعیتها دانستند (۱۷).

تحقیقات دینوا (۲۰۱۷) نشان داده است که صفات تشریحی برگ درختان افرا تحت تاثیر شرایط محیطی متغیر است به عنوان مثال آلودگی هوا بر روی ساختاردرونی برگهای سرده افرا تاثیر بسزایی دارد، چنانکه نتایج نشان داد سطح پهنک برگ کاهش و ضخامت کوتین افزایش یافت، سلولهای بشره‌ای کوچکتر شدند ولی سلولهای پارانشیم فتوسنتزکننده گسترش بیشتری یافتند. این تغییرات باعث فائق آمدن افرا بر شرایط ناسازگار محیطی می‌باشد از این رو از گونه *Acer saccharinum* به عنوان کمربند سبز در اطراف مناطق مختلف شهری و جنگلکاری استفاده می‌شود (۶)

مارک و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی تشریحی برگ نهال برخی گونه‌های افرا متوجه شدند ابعاد ساختاری برگ مانند ضخامت برگ، ضخامت پارانشیم نردبانی، ضخامت بشره تحتانی، ضخامت کوتیکول در گونه‌های سایه پسند، نورپسند و بینابین متفاوت است. آنها علت تفاوتها را تاثیر عوامل بوم‌شناختی رویشگاه و عکس‌العمل گونه‌ها به نور می‌دانند (۱۵).

مطالعاتی که بر تشریح برگ گونه‌های چوبی مناطق نیمه بیابانی صورت گرفته نشان داده است که واکس (موم روی پوستکی) یا کوتین سطح برگ گیاهان، روزنه‌های متعدد و زیاد در سطح زیرین برگ و همچنین روزنه‌های عمقی از نشانه‌های سازش به شرایط نیمه خشک و بیابانی می‌باشد که می‌تواند به عنوان صفاتی که در تحدید حدود گونه‌ها و جداسازی آنها در تاکسونومی تیره استفاده شوند، مورد توجه قرار گیرند (۱۴).

گونه، اندازه گیری شد. مجموعاً ۳۴ صفت تشریحی (۲۲ صفت کیفی و ۱۲ صفت کمی) مورد بررسی قرار گرفت. پس از تهیه صفات، جدول ماتریکس خام آنها تهیه گردید. ماتریکس خام صفات کیفی و کمی در جداول ۳ و ۴ آمده است. به منظور بررسی رابطه ریختی یا فیتیکی گونه های سرده افرا نسبت به گونه های غیر سرده، از دو گونه *Koelreutaria paniculata*, *Dodonea viscosa* استفاده گردید و تحلیل خوشه ای WARD و تحلیل رسته بندی مولفه های اصلی (PCA) داده های کمی و کیفی صفات ریختی و تشریحی در نرم افزار R انجام گرفت (۱۳).

سانتیمترمربع از برگهای خشک شده جهت عکسبرداری توسط میکروسکوپ روبشی (SEM) مرکز پژوهشی متالورژی رازی کرج، تهیه شد. طول سلولهای نگهبان روزنه و طول منفذ، تعداد و تراکم روزنه در واحد سطح، اندازه و تراکم کرکها، ضخامت پهنک برگ، ضخامت پارانشیم نردبانی و نسبت پارانشیم به پهنک، ضخامت کوتیکول، تراکم رگبندی از جمله صفات کمی بودند که توسط نرم افزار Mac bio photonic ImageJ (۲۰) اندازه گیری شدند. برای ارزیابی دقیق صفات کمی و کیفی برگ از ۳۰-۵۰ تصویر و تراکم رگبندی ۵ تصویر به از هر

جدول ۱- اسامی گیاهان مورد بررسی با کد هرباریومی، تاریخ و محل جمع آوری

نام گیاه	تاریخ، محل جمع آوری- شماره هرباریومی
<i>Acer campestre</i> L.	۸۵/۰۲/۰۷ رشت - ۴۷۸۲; ۸۷/۰۳/۰۵ قانمشهر - ۴۵۹۴; ۹۵/۲/۱۵ کردکوی - ۱۳۰۳۳
<i>Acer cappadocicum</i> Gled.	۹۵/۰۵/۰۴ گرگان - ۱۳۵۵۵; ۹۳/۰۶/۱۰ کلاردشت - ۴۹۲۰; ۰۵/۰۱/۱۹ آمل - ۱۹۰۹
<i>Acer hyrcanum</i> Fisch. & C.A.Mey.	۹۵/۰۵/۱۰ جنگل گلستان - ۱۳۳۰۰; ۸۷/۰۵/۰۵ گرگان - ۱۱۲; ۷۶/۰۹/۰۱ لاهیجان - ۱۰۲
<i>Acer microphyllum</i> (Boiss.) Dinsm	۹۵/۰۵/۱۰ گرگان (افراخته) - ۱۳۰۹۵
<i>Acer monspessulanum</i> L.	۸۷/۰۲/۲۸ نیریز فارس - ۱۲۲; ۸۹/۰۶/۰۱ الیگودرز; ۹۵/۰۵/۱۰ جنگل گلستان - ۱۳۰۲۷
<i>Acer negundo</i> L.	۸۷/۰۴/۲۸ خرم آباد - ۶۱۶۰; ۹۳/۰۳/۱۵ تهران - ۵۰۳۴; ۹۵/۰۵/۱۵ گرگان - ۱۳۰۱۸
<i>Acer palmatum</i> Thunb.	۷۵/۰۳/۳۰ جنگل های غرب مازندران - ۸۲
<i>Acer platanoides</i> L.	۳۹/۰۳/۹۵ گرگان (فرق) - ۱۳۳۰۰
<i>Acer semenovi</i> Regel & Herder	۹۵/۰۳/۱۰ علی آباد - کبودوال - ۱۳۱۱۳
<i>Acer velutinum</i> Boiss.	۹۰/۰۲/۱۶ چالوس - ۵۴۶۱; ۸۹/۰۶/۰۷ ساری - ۴۵۹۵; ۹۵/۰۵/۱۰ گرگان - ۱۳۰۶۲
<i>Koelreutaria paniculata</i> Laxm	۹۵/۰۵/۱۰ گرگان - ۱۳۰۰۰
<i>Dodonea viscosa</i> (L.) Jacq.	۸۹/۰۵/۲۳ لرستان (خرم آباد) - ۳۰۳۹

نتایج

ضخامت پارانشیم در *A. platanoides* کمترین و در *A. monspessulanum* بیشترین مقدار را نشان دادند. ضخامت کوتیکول نیز در گیاهان متنوع بود به طوری که در *A. palmatum* کمترین و در *A. semenovi* و *A. monspessulanum* بیشترین مقدار را داشت. اکثر گونه ها دارای آرایش آوندی آمفی کریبرال (آوندهای چوبی توسط آوندهای آبکش احاطه شده اند) بوده و دارای بیش از یک دسته آوند چوب آبکش بودند به جز *A. microphyllum*، *A. hyrcanum* و *A. cappadocicum*

شکل ابرش عرضی رگبرگ و پهنک برخی گونه های افرا را نشان میدهد. پهنک برگ در گونه ها از نظر ضخامت متفاوت است به طوری که در گونه *A. palmatum* کمترین ضخامت و در گونه *A. negundo* با مقدار ۰/۱۹ میلیمتر بیشترین ضخامت را نشان دادند. پارانشیم نردبانی در ردیفهای یک ردیفه، دوردیفه مشاهده شد که در *A. negundo* پارانشیم دو ردیفه وجود داشت. گرچه

A. cappadocicum نیز دستجات آبکش در دو طرف دسته چوبی کوچکی دیده می‌شوند (شکل ۱).

در اطراف دستجات آوندی رگبرگ اصلی حلقه فیبرهای اسکیرانشیمی در همه گونه‌ها وجود داشت. وجود پارانشیم که ادامه پارانشیم مغزی دمبرگ می‌باشد در مرکز رگبرگ اصلی در برخی گونه‌ها دیده شد که در شکل ۱ نیز قابل رویت است. در زیر بشره فوقانی و تحتانی گونه‌ها کلانشیم تشکیل شده بود و یا در حال تشکیل بود.

انواع کریستالها در گونه‌ها دیده شد که از نوع منشوری یا مکعبی شکل و یا ستاره ای بودند که هر دو نوع کریستال در گونه *A. velutinum* و *A. negundo* دیده شد (جدول ۲).

A. monspessulanum و *A. palmatum* که دستجات چوب آبکش در یک دسته اصلی قرار گرفته بودند.

آوندهای آبکش به صورت مختلف نسبت به آوندهای چوب دیده شد چنانچه که در *A. hyrcanum*, *A. semenovi*, *A. palmatum* به صورت مقطع و در *A. monspessulanum* به صورت حلقه ای کامل در اطراف هر دسته آوند قرار گرفته بود. در گونه *A. campestre* دو دسته آوند چوبی بزرگ و کوچک که در زیر آنها دستجات آبکش قرار گرفته‌اند، دیده شد. در گونه‌های *A. negundo* و *A. velutinum* دستجات چوبی جدا از هم بوده و در زیر آنها آوندهای آبکش واقع شده‌اند. در گونه

جدول ۲- صفات کیفی ریخت‌شناختی برگ در بررسی گونه‌های افرا

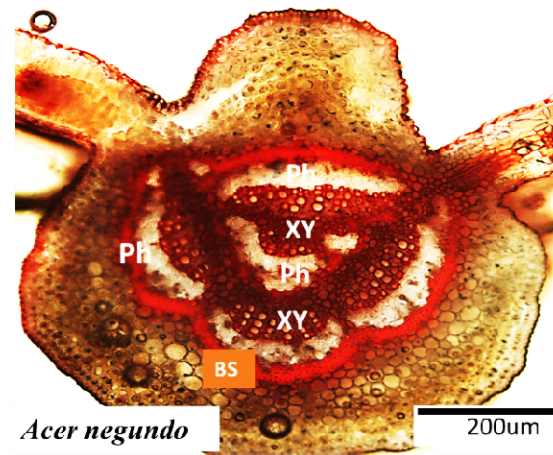
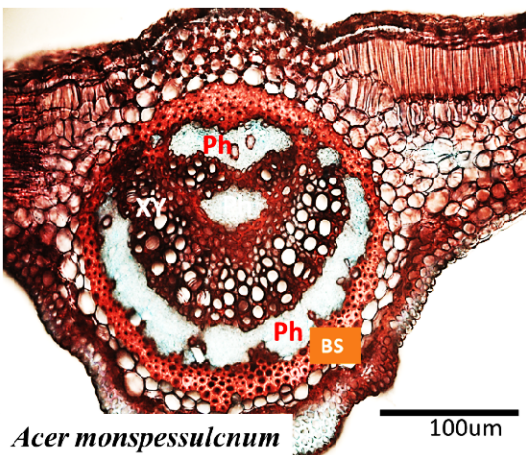
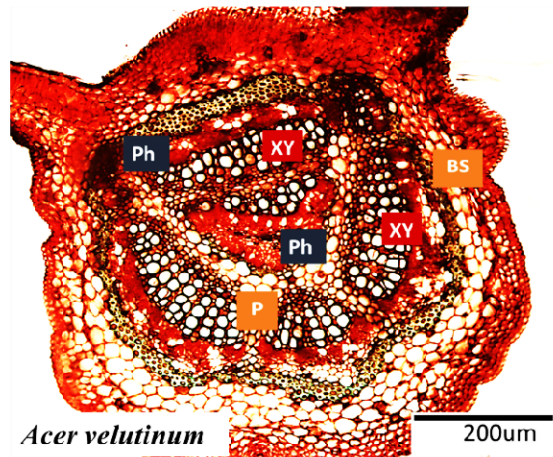
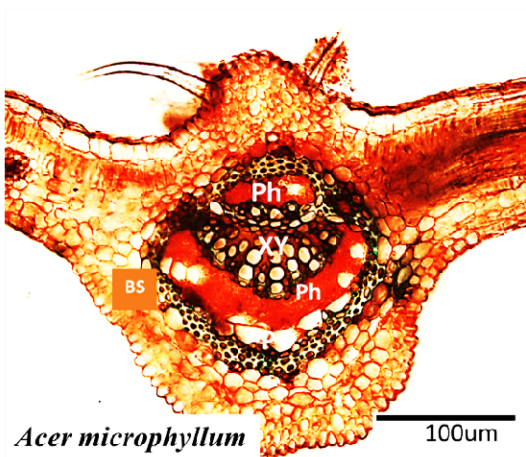
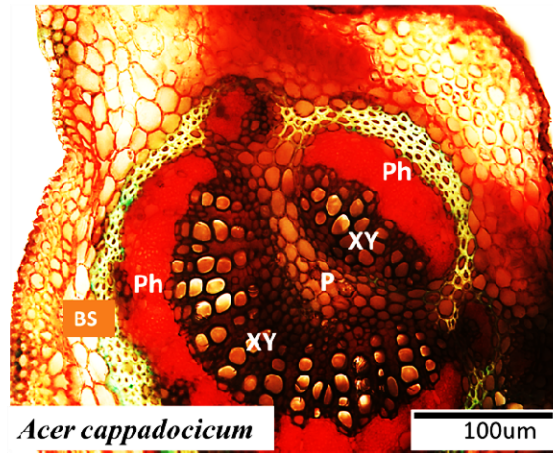
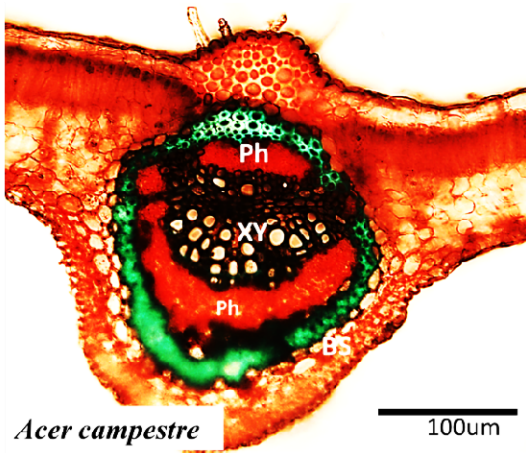
ردیف	صفات	کد و حالات صفات ریخت‌شناسی
۱	نوع برگ	۱: ساده ۲: مرکب
۲	تعداد لوب‌های برگ	۱: ۳-۵ لوبه ۲: ۵-۹ لوبه ۳: برگچه وجود دارد ۴: لوب وجود ندارد
۳	حاشیه برگ	۱: درست ۲: دندان دار اره ای ۳: بدون دندان و سینوسی
۴	نوک لوبها یا برگ	۱: نوک باریک کوتاه ۲: نوک تیز ۳: بدون نوک ۴: نوک باریک بلند
۵	رنگ برگ	۱: سفیدرنگ یا دورنگ ۲: سبز تا قهوه ای روشن ۳: قهوه ای یا سبز تیره
۶	اندازه کلی برگ	۱: نسبتاً بزرگ ($\leq 20 \text{ mc}$) ۲: نسبتاً کوچک ($\geq 5 \text{ mc}$) ۳: حدواسط دو اندازه
۷	سطح دمبرگ	۱: بدون کرک و زگیل ۲: کرک‌های پراکنده و بدون زگیل ۳: زگیل دار ۴: زگیل دار و کرک‌دار
۸	شکل کلی برگ	۱: پنجه ای ولوبدار ۲: مثلثی لوبدار ۳: شانه ای
۹	شکل لوب‌های برگ	۱: تخم مرغی یا بیضوی ۲: مثلثی تا تخم مرغی ۳: مثلثی ۴: لوب وجود ندارد
۱۰	قاعده برگ	۱: گوه ای یا میخی ۲: گردیاکند ۳: قلبی ۴: آتونه
۱۱	وجود دمبرگ	۱: وجود دارد ۲: وجود ندارد
۱۲	نوع رگبرگ	۱: رگبرگ پنجه ای و مشبک ۲: رگبرگ شانه ای
۱۳	جنس برگ	۱: نرم و انعطاف پذیر ۲: کم و بیش چرمی
۱۴	چندشکلی در پهنک‌های برگ یک درخت	۱: دارای شکلهای متنوع ۲: دارای شکلهای یکسان
۱۵	سطح رویی در محل انشعاب رگبرگ	۱: دارای کرک‌های سفید و متراکم ۲: فاقد کرک ۳: دارای غدد زرد رنگ
۱۶	سطح پشتی در محل انشعاب رگبرگ	۱: دارای کرک‌های سفید و متراکم ۲: فاقد کرک ۳: دارای غدد زرد رنگ
۱۷	رگبرگ‌های سطح برگ	۱: برجسته ۲: غیر برجسته
۱۸	سطح پشتی برگ	۱: کرک‌دار ۲: بدون کرک ۳: دارای غدد زرد رنگ

جدول ۳- صفات کیفی تشریحی برگ در بررسی گونه‌های افرا

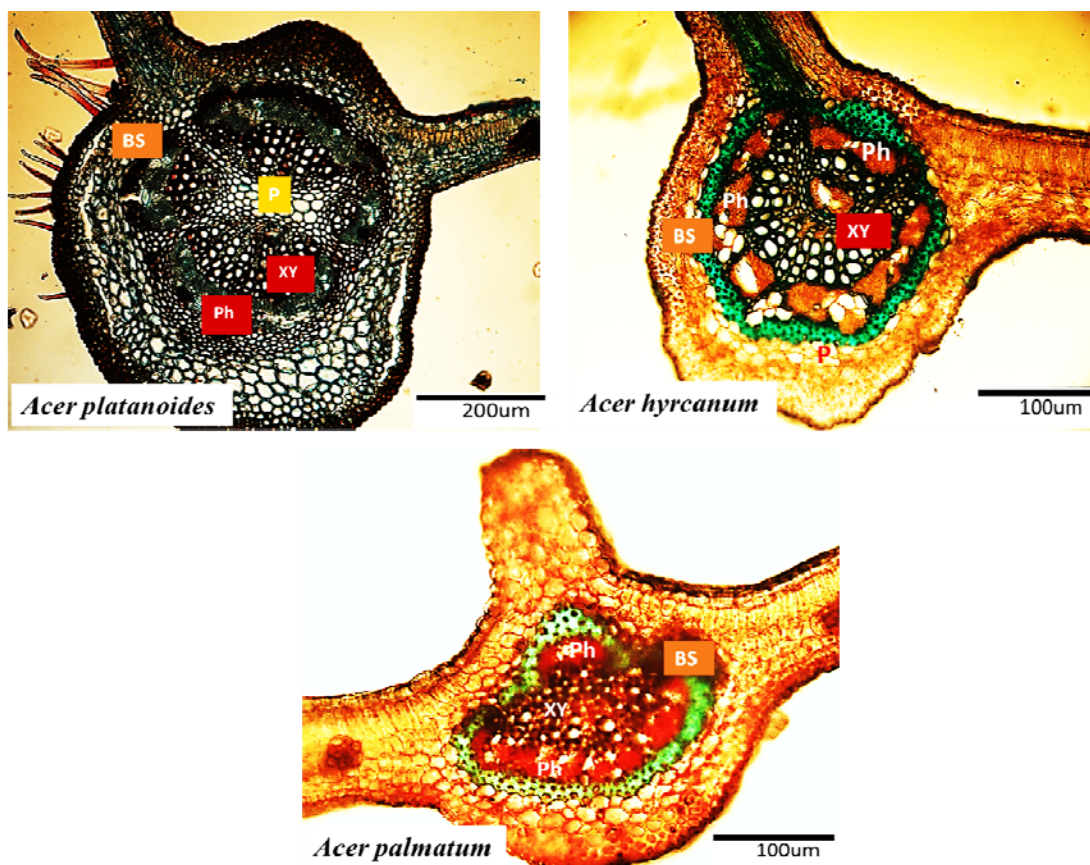
ردیف	صفات	کد و حالات صفات تشریحی
۱-	سلولهای بشره ای	(۱) سینوسی شکل (۲) مکعبی نامتوازن (۳) حدواسط دو حالت قبل
۲-	تعداد ردیف پارانثیم نردبانی	(۱) یک ردیفی (۲) دوردیفی (۳) بیش از دو ردیف
۳-	کرک فقط در سطح بشره فوقانی	(۱) وجود دارد (۲) وجود ندارد (۳) به صورت کم و پراکنده
۴-	کرک فقط در سطح بشره تحتانی	(۱) وجود ندارد (۲) به صورت کم و پراکنده
۵-	وجود کرک در دو سطح بشره	(۱) در هر دو سطح به یک اندازه است (۲) در هیچکدام کرک وجود ندارد یا در یکی از آنها به صورت پراکنده دیده می‌شود
۶-	وجود کرک در محل رگبرگ	(۱) در اطراف رگبرگ اصلی به فراوانی وجود دارد (۲) در اطراف رگبرگ اصلی وجود ندارد (۳) پراکنده دیده می‌شود
۷-	وجود کرک ترشخی	(۱) در دو بشره دیده میشود و یا تعداد اندک وجود دارد (۲) دیده نمی‌شود (۳) فقط روی بشره فوقانی دیده می‌شود
۸-	شکل کرک ترشخی	(۱) گریزی شکل چندسلولی پایه دار (۲) گریزی شکل چندسلولی پایه دار و بدون پایه هردو در سطح بشره دیده میشوند (۳) هیچکدام دیده نمیشود
۹-	اشکال کرکهای پوششی	(۱) ساده چند سلولی بلند همراه با تک سلولی کوتاه (۲) فقط تک سلولی بلند (۳) هیچکدام
۱۰-	تراکم کرکهای پوششی	(۱) کرکهای تک سلولی به فراوانی دیده می‌شود (۲) کرکهای ساده چند سلولی و یا تک سلولی پراکنده دیده می‌شود (۳) کرکهای چندسلولی به فراوانی دیده می‌شود (۴) کرک وجود ندارد
۱۱-	فرم کرکهای پوششی	(۱) ایستاده و افراشته یا در راس کمی خمیده (۲) خوابیده و پخش (۳) هیچکدام
۱۲-	ضخامت کوتیکول	(۱) کوتیکول ضخیم (۲) کوتیکول نازک
۱۳-	ضخامت پهنک برگ	(۱) ضخیم (۲) نازک
۱۴-	تنوع شکل کوتیکول	(۱) به صورت لایه ای سرتاسر بشره را پوشانده است (۲) به صورت تکه های مومی شکسته و یا کروی شکل و به شکل مجتمع و خوشه ای شکل یا فشرده روی بشره و روزنه ها را پوشانده است
۱۵-	وضعیت آوندها در رگبرگ اصلی	(۱) یک دسته آوند چوب آبکش مرکزی دیده میشوند (۲) بیش از یک دسته آوند چوب آبکش مرکزی دیده میشوند
۱۶-	طرز قرار گرفتن آوند ها نسبت به یکدیگر	(۱) آوند آبکش به صورت حلقه ای کامل در اطراف آوند چوب دیده میشود (۲) آوند آبکش به صورت حلقه های بریده بریده در اطراف آوند چوب دیده میشود (۳) دو دسته آوند چوبی بزرگ و کوچک دیده می‌شود که در زیر آنها دستجات آبکش قرار دارند (۴) مانند حالت قبل است ولی آوندهای آبکش در دو طرف دسته چوب کوچکتر قرار گرفته اند (۵) دستجات آوند چوبی به صورت جداگانه دیده میشوند که در زیر آنها آوندهای آبکش قرار گرفته اند
۱۷-	وجود پارانثیم در بخش میانی رگبرگ اصلی	(۱) وجود دارد (۲) وجود ندارد
۱۸-	وجود کلانثیم در زیر بشره	(۱) وجود دارد (۲) وجود ندارد و یا در حال تشکیل است
۱۹-	نوع کریستال	(۱) منشوری یا مکعبی شکل (۲) ستاره ای شکل همراه با منشوری شکل (۳) فقط ستاره ای شکل
۲۰-	نوع کلانثیم	(۱) زاویه دار (۲) حلقوی (۳) زاویه دار تا حلقوی
۲۱-	طرز قرار گرفتن پارانثیم در رگبرگ	(۱) کمانی شکل (۲) ستاره ای شکل (۳) هیچکدام
۲۲-	نوع روزنه	(۱) آنوموسیپتیک (۲) آنیزوسیپتیک یا تتراسیتیک

جدول ۴- صفات کمی تشریحی برگ دربررسی گونه‌های اقرا

<i>A.campestris</i>	<i>A.cappadocicum</i>	<i>A.hycanum</i>	<i>A.mouspessulanum</i>	<i>A.microphyllum</i>	<i>A.negundo</i>	<i>A.velutinum</i>	<i>A.palmatum</i>	<i>A.platanoides</i>	<i>A.semenovi</i>	<i>K.paniculata</i>	<i>D.viscosa</i>	صفات / گیاه
۰/۱۶ ± ۰/۰۳	۰/۱۷ ± ۰/۰۱	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۲۰ ± ۰/۰۲	۰/۱۵ ± ۰/۰۱	۰/۱۹ ± ۰/۰۲	۰/۱۷ ± ۰/۰۱	۰/۰۹ ± ۰/۰۰۲	۰/۱۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۱۶ ± ۰/۰۰۴	۰/۱۷ ± ۰/۰۰۴	۰/۲۱ ± ۰/۰۰۳	پهنک (mm)
۰/۰۸ ± ۰/۰۰۳	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۰۴ ± ۰/۰	۰/۰۰۴ ± ۰/۰	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۰۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰۰۵	کوئیگون (mm)
۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۱	ضخامت پارانشیم (mm)
۱/۰۴ ± ۰/۰۰۶	۰/۸۳ ± ۰/۰۰۸	۱/۰۴ ± ۰/۰۰۴	۰/۵۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۵۸ ± ۰/۰۰۸	۱/۱۰ ± ۰/۰۱	۱/۱۶ ± ۰/۰۰۸	۰/۲۲ ± ۰/۰۱	۱/۰۹ ± ۰/۰۰۲	۰/۶۳ ± ۰/۰۰۶	۰/۵۷ ± ۰/۰۰۶	۰/۵۸ ± ۰/۰۰۳	ضخامت رگبرگ (mm) ضخامت اصلی (mm)
۰/۳۰ ± ۰/۰۰۶	۰/۲۸ ± ۰/۰۰۶	۰/۴۰ ± ۰/۰۰۴	۰/۳۳ ± ۰/۰۰۶	۰/۳۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۲۸ ± ۰/۰۰۳	۰/۳۴ ± ۰/۰۰۶	۰/۲۹ ± ۰/۰۰۱	۰/۲۹ ± ۰/۰۰۵	۰/۳۹ ± ۰/۰۰۸	۰/۳۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۲۶ ± ۰/۰۰۶	نسبت پارانشیم به برگ
۰/۳۰ ± ۰/۰۰۶	*	۰/۳۳ ± ۰/۰۰۵	*	۰/۱۶ ± ۰/۰۰۵	۰/۲۰ ± ۰/۰۰۲	*	*	*	*	۰/۱۶ ± ۰/۰۰۱	۰/۱۷ ± ۰/۰۰۲	طول کربک پوششی (mm)
۱۸/۹۹ ± ۰/۳۵	۲۱/۵۰ ± ۰/۲۵	۱۵/۲۰ ± ۰/۲۸	۱۵/۰ ± ۰/۲۳	۱۸/۵۵ ± ۰/۲۹	۱۶/۲۹ ± ۰/۲۵	۱۵/۶۹ ± ۰/۲۵	۱۶/۱۸ ± ۰/۲۴	۱۳/۲۵ ± ۰/۲۵	۲۲/۲۶ ± ۰/۲۸	۱۹/۶۷ ± ۰/۲۵	۲۷/۶۴ ± ۰/۲۳	طول سلولهای نگهبان روزنه (μ)
۷/۲۲ ± ۰/۲۳	۱۲/۲۹ ± ۰/۲۵	۸/۵۱ ± ۰/۲۵	۷/۸۰ ± ۰/۲۳	۱۰/۲۸ ± ۰/۲۲	۷/۶۰ ± ۰/۱۸	۱۴/۸۱ ± ۰/۲۲	۶/۵۵ ± ۰/۱۷	۶/۶۰ ± ۰/۲۳	۱۵/۱۰ ± ۰/۱۷	۳/۰۲ ± ۰/۲۷	۳/۰۰ ± ۰/۲۳	طول منفذ روزنه (μ)
۰/۱۷ ± ۰/۰۰۲	۰/۱۶ ± ۰/۰۰۳	۰/۱۴ ± ۰/۰۰۳	۰/۳۷ ± ۰/۰۱۴	۰/۲۲ ± ۰/۰۰۲	۰/۱۶ ± ۰/۰۰۳	۰/۳۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۲۰ ± ۰/۰۰۱	۰/۱۹ ± ۰/۰۰۴	۰/۲۰ ± ۰/۰۰۹	۰/۱۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۲۵ ± ۰/۰۰۴	اندیکس سلولهای نگهبان
۰/۱۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۱	۰/۱۰ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۱۱ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۲ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۹ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۰/۸۳ ± ۰/۰۰۵	اندیکس منفذ روزنه
۴۲۴۸ ± ۴۵۸۸	۱۱۱۷ ± ۲۴۹۵	۴۲۵۲ ± ۶۲۹	۴۹۹۲ ± ۱۵۸۸۴	۵۲۵۲ ± ۵۲۴۲	۵۵۲۸ ± ۷۷۸	۷۸۳۳ ± ۷۵۲۰	۴۵۶۸ ± ۱۵۵۳	۱۰۷۹۰ ± ۱۰۷۲	۳۸۹۸ ± ۱۲۸۷	۱۳۹۱ ± ۳۳۱	۳۲۹۳ ± ۳۹۱	تراکم روزنه ای (n/cm ²)
۵۷۴ ± ۰/۱۳	۷/۰۰ ± ۰/۷۸	۸/۸۵ ± ۰/۰۴	۹/۹۴ ± ۰/۲۲	۸/۱۴ ± ۰/۱۳	۶/۱۶ ± ۰/۰۰	۷/۲۱ ± ۰/۰۴	۶/۲۵ ± ۰/۲۶	۵/۹۴ ± ۰/۰۱	۶/۳۳ ± ۰/۰۳	۱۷/۱۱ ± ۰/۷۸	۱۰/۹۵ ± ۰/۳۹	تراکم رگبندی mm ² /mm ²



شکل ۱- مقایسه رگیبگ اصلی درچند گونه افرا. آرایش آوندی آمفی کریبرال در نمونه ها دیده میشود. وجود ادامه بقایای پارانشیمی دمبرگ در مرکز، ضخامت پهنک و رگیبگ اصلی، تعداد و طرز قرار گرفتن دستجات آوندی، وجود و فقدان کرک در اطراف رگیبگ اصلی، از جمله صفات مهم ارزیابی شده برای تشخیص گونه‌ها هستند. غلاف آوندی و فیبرهای اسکلرانسیم: BS، آوند آبکش: Ph، آوند خوب: XY، پارانشیم: P. برش گیری به صورت دستی و رنگ آمیزی مضاعف سبزمیتیل- قرمز کنگو صورت گرفته است.



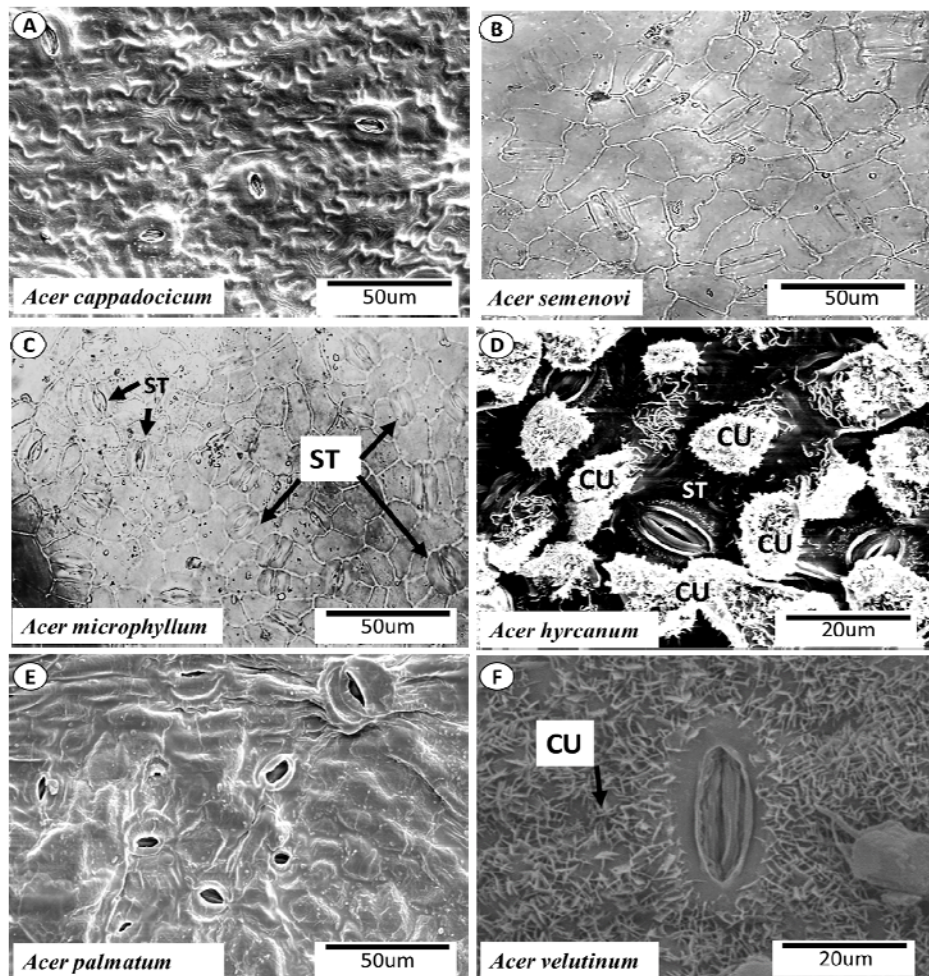
ادامه شکل ۱- مقایسه رگبرگ اصلی در چند گونه افرا. آرایش آوندی آمفی کریبرال در نمونه‌ها دیده می‌شود. وجود ادامه بقایای پارانشیمی دمبرگ در مرکز، ضخامت پهنک و رگبرگ اصلی، تعداد و طرز قرار گرفتن دستجات آوندی، وجود و فقدان کرک در اطراف رگبرگ اصلی، از جمله صفات مهم ارزیابی شده برای تشخیص گونه‌ها هستند. غلاف آوندی و فیبرهای اسکلرانشیم: BS، آوند آبکش: Ph، آوند جوب: XY، پارانشیم: P، برش گیری به صورت دستی و رنگ آمیزی مضاعف سبزمیتل- قرمز کنگو صورت گرفته است.

تشریح بشره برگ و تراکم رگبندی: با توجه به اشکال ۲ و ۳، نتایج تشریح برگ و بشره تیره افرا نشان داد که سلولهای بشره ای به سه صورت سینوسی و نامنظم، چندوجهی و حالت بینابینی دو حالت قبل دیده می‌شود که حالت بینابین در گونه‌های *A. campestre*، *A. platanoides* و *A. microphyllum*، *A. palmatum* (شکل ۲-C, E) دیده می‌شود. گونه‌های *A. cappadocicum* و *A. semenovi* و *A. negundo* (شکل ۲- A, B) دارای سلولهای بشره ای سینوسی شکل می‌باشند و بقیه گونه‌ها دارای سلولهای بشره ای چندوجهی می‌باشد. بشره در اکثر گونه‌ها پوشیده از کوتیکول مومی به شکل صفحه‌ای یا

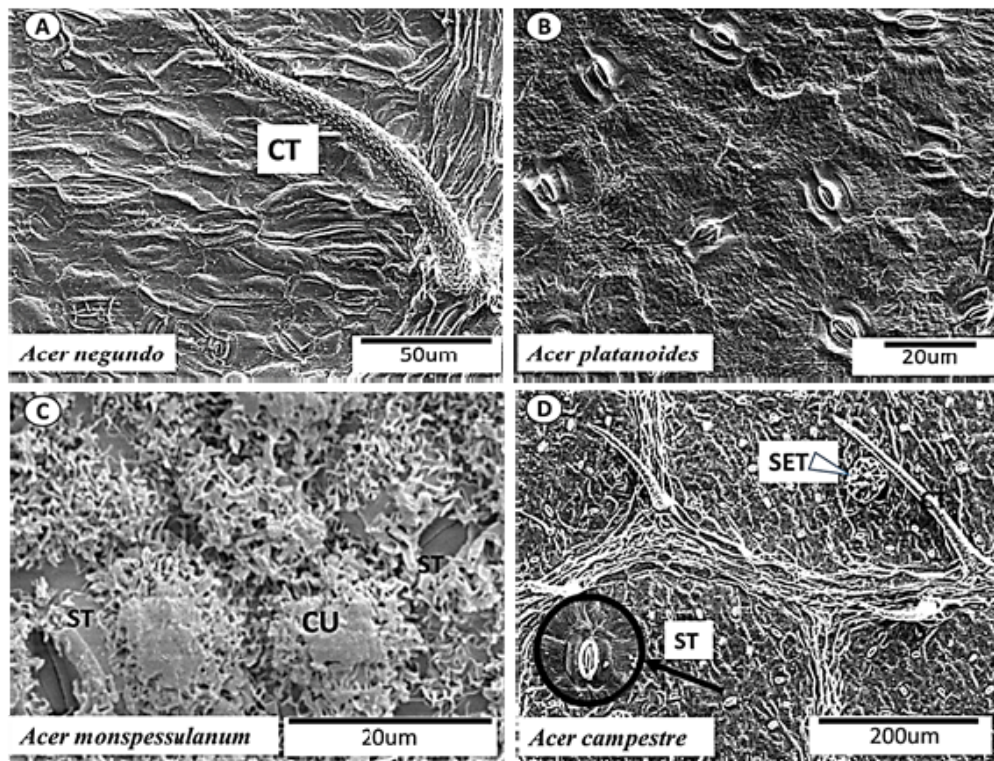
روزنه‌ها قرار گرفته اند (شکل ۲-D, F و شکل ۳-C).
 کرکهای پوششی ساده تک سلولی و کرکهای ترشحي گریزی شکل در بشره برگ به صور متراکم و یا پراکنده و گاه فاقد کرک در گونه‌های افرا دیده شد. به‌عنوان مثال کرکها در دو بشره فوقانی و تحتانی دو گونه *A. hyrcanum*،

دارای کرک ترش‌حی‌گریزی شکل پایه دار بوده و سایرگونه‌ها هیچ نوع کرک ترش‌حی نداشتند. روزنه‌های بیضوی شکل در کلیه گیاهان مورد بررسی از نوع آنموسیتیک یا تیپ روزنه با سلولهای همراه نامشخص است. بزرگترین روزنه با طول سلولهای نگهبان ۲۶/۲۲ میکرومتر در *A. semenovi* و کوچکترین روزنه در *A. platanoides* با طول ۱۳/۲۵ و در *A. monspessulanum* با طول ۱۵ میکرومتر دیده شد. کمترین تراکم روزنه‌ای نیز در *A. cappadocicum* با مقدار ۳۴۹۴۵ و بیشترین آن در *A. monspessulanum* با مقدار ۱۵۸۸۴۴ روزنه در واحد میلیمتر مربع وجود داشت (اشکال ۲ و ۳).

A. negundo به صورت پراکنده و کرکهای پوششی تک سلولی متراکم در گونه‌های *A. microphyllum*، *A. campestre* (شکل ۳- A, D) و کرکهای پوششی متراکم در گونه *A. platanoides* دیده گردید. فرم کرک‌ها در گونه‌های *A. microphyllum*، *A. campestre*، *A. hyrcanum* به صورت ایستاده و یا در راس کمی خمیده بود حال آن‌که در گونه‌های *A. monspessulanum*، *A. negundo* به صورت پخش و خوابیده مشاهده گردید. کرکهای ترش‌حی در گونه *A. campestre* به هر دو صورت چند سلولی گریزی شکل پایه چند سلولی و یا بدون پایه دیده شد. گونه‌های *A. platanoides*، *A. negundo*، *A. microphyllum* و



شکل ۲- سلولهای بشره‌ای سینوسی شکل (B) و (A)، بینایی (C, E)، روزنه از نوع آنموسیتیک، سلولهای نگهبان در D و F توسط کورتیکول (CU) دانه‌ای شکل که به صورت خوشه‌ای یا حلقه‌وار در اطراف روزنه‌ها قرار گرفته‌اند، در برگرفته شده است. اشکال B و C با میکروسکوپ نوری یا LM گرفته شده است و بقیه با میکروسکوپ میکروسکوپ روبشی یا SEM گرفته شده است.



شکل ۳- تراکم روزنه ای در شکل (D) و سلولهای نگهبان و منفذ روزنه (ST) برگ در اشکال (A,B)، کرکهای ساده تک سلولی و کشیده (CT) و کرکهای ترشخی گریزی شکل پهن (SET) در شکل (D)، کوتیکول (CU) در شکل (C) دیده می‌شود که سلولهای نگهبان روزنه پوشیده از موم دانه‌ای خوشه‌ای شکل می‌باشند. اشکال A تا D توسط میکروسکوپ روبشی یا SEM گرفته شده است.

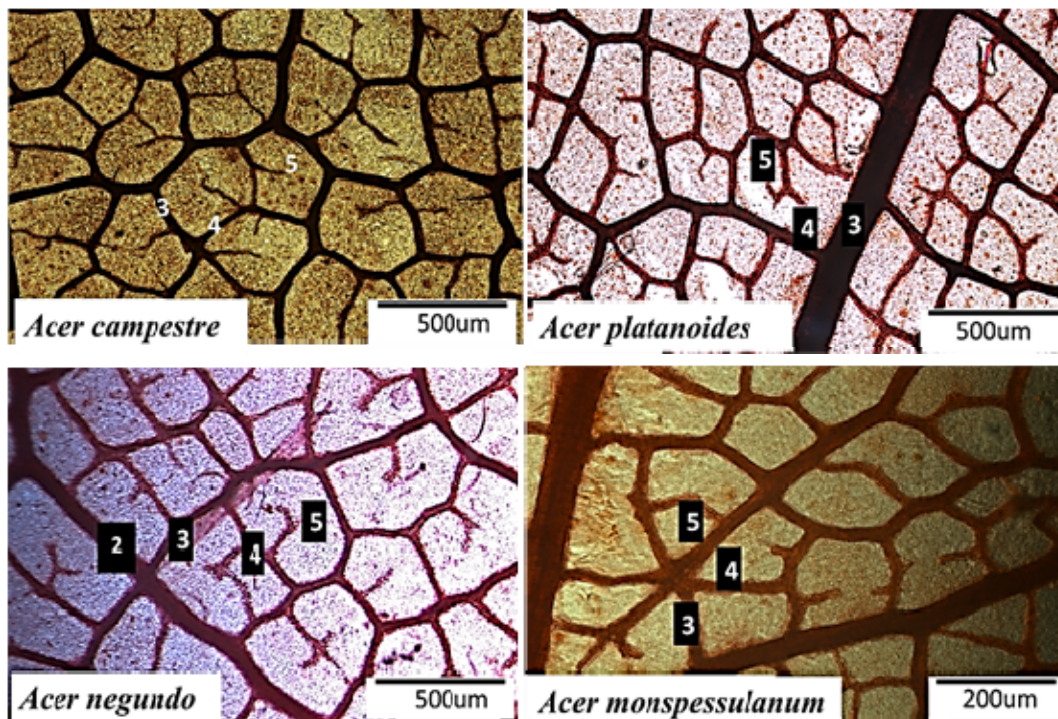
با رنگ روی برگ، شکل کلی برگ پنجه‌ای با قاعده قلبی و اندازه بزرگ، تعداد لوبها ۴-۵ با حاشیه اره ای درشت، *A. cappadocicum* با برگهای ۴-۵ لوبه که انتهای لوبها به نوک کشیده باریک ختم شده، شکل لوبها مثلثی، با سطح بدون کرک، *A. hyrcanum* بارگبندی برجسته پنجه ای، دمبرگ نسبتا بلند و لوبهای ۴-۵ تایی با نوک تیز و سطح پوشیده از کرکهای سفید، *A. platanoides* با برگهای ۳-۵ لوبه و حاشیه درشت اره ای و قاعده گوه ای، نوک لوبها باریک و تخم‌مرغی شکل همراه با کرکهای پراکنده، *A. campestre* با برگهای نسبتا کوچک و لوبهای ۳-۵ تایی، حاشیه بدون دندانه و نوک کند و سطح برگ کرکدار، *A. palmatum* با اندازه بسیار کوچک برگ و لوبهای ۵-۹ تایی بدون کرک و رنگ برگ، *A. semenovi* نیز برگ دارای ۳-۵ لوب است که لوب وسط بلندتر از کناریها با

رگبندی، تراکم رگبرگها در سطح برگ است که یکی از فاکتورهای شناسایی سازگاری گیاهان به عوامل محیطی و اقلیمی است. فاصله کم رگبرگها انتقال آب را سریعتر صورت می‌دهد که در گیاهان گزروفیت یا بیابانی بیشتر دیده می‌شود و در گیاهان مناطق معتدل و مرطوب فاصله بین لوبها زیادتر و تعداد انشعابات فرعی کمتر است (۱۹). کمترین تراکم رگبندی در گونه *A. semenvi*، *A. platanoides* و بیشترین تراکم رگبندی در *A. monspessulanum*، *A. velutinum* و *A. hyrcanum* مشاهده شد (شکل ۴).

نتایج ریخت‌شناسی برگ گونه‌های افرا با برگهای ساده نشان می‌دهد: گونه *A. monspessulanum* با برگهای نسبتا کوچک با قاعده کند، شکل لوبهای مثلثی شکل و به تعداد ۳ عدد و تنوع شکلی برگ در درخت، *A. velutinum*

متمایز می‌شوند.

حاشیه اره‌ای و شکل لوبها مثلثی با قاعده کند، از یکدیگر



شکل ۴- تراکم رگبندی در برخی گونه‌ها دیده میشود. هرچه فاصله بین رگبرگها و انشعابات کمتر باشد تراکم رگبندی گیاه بیشتر است. اعداد ۵ تا ۲ انشعابات فرعی را نشان میدهند.

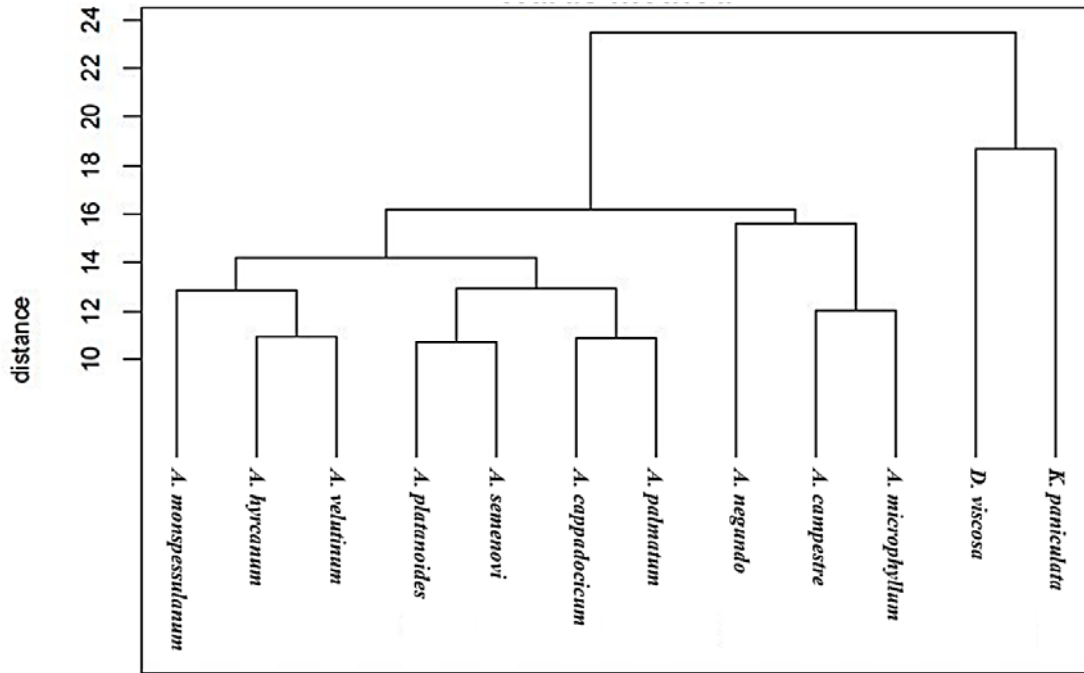
دوخوشه دسته بندی می‌شود: یکی شامل زیر خوشه *A. palmatum* و *A. cappadocicum* است که با زیرخوشه حاصله از دو گونه *A. platanoides* و *A. semnovi* خوشه بزرگتری را تشکیل داده و این خوشه نیز با سه گونه *A. monspessulanum*، *A. hyrcanum*، *A. velutinum* اولین خوشه بزرگتر را ایجاد میکنند. زیر خوشه دوم نیز از سه گونه *A. negundo* با *A. campestre* و *A. microphyllum* تشکیل شده است. تحلیل خوشه‌ای نشان می‌دهد، بین گونه‌های *Acer*، گونه *A. semenovii* با *A. platanoides* و همچنین *A. velutinum* با *A. hyrcanum* و گونه *A. cappadocicum* با *A. palmatum* و *A. campestre* و *A. microphyllum* دو به دو بیشترین شباهت را با هم دارند. *A. negundo* کمترین شباهت را با بقیه گونه‌ها دارد.

A. negundo با دارا بودن برگ مرکب و برگچه‌های تخم مرغی تا بیضوی شکل و نوک بلند، و تنوع شکلی برگ در درخت، دمبرگ زگیلدار و کرکدار از سایر گونه‌های افرا مشخص می‌گردد.

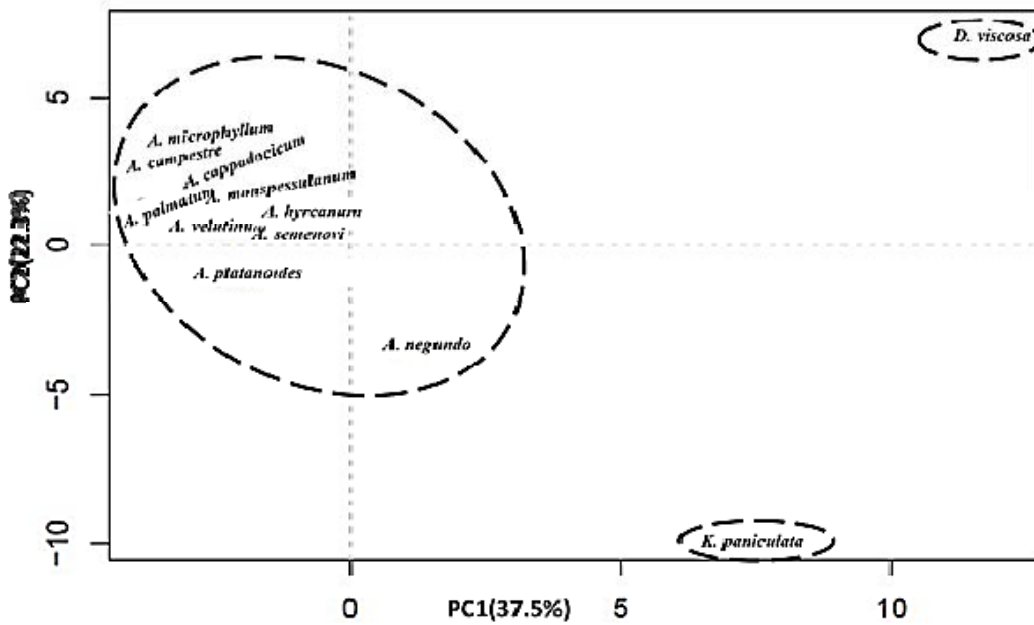
دو گونه *D. viscosa* و *K. paniculata* نیز با نوع و شکل کلی برگ قابل شناسایی هستند، *K. paniculata* با داشتن برگ مرکب و تعداد برگچه زیاد با حاشیه اره‌ای و قاعده میخی، دمبرگ با کرکهای بلند و بدون زگیل و *D. viscosa* نیز با برگ ساده و اژنیزه‌ای و قاعده اتنوه و سطح برگ دارای غدد زردرنگ از یکدیگر و گونه‌های افرا متمایز میگردند. تحلیل خوشه‌ای (شکل ۵) نشان داد که گونه‌های متعلق به سرده *Acer* در یک خوشه قرار می‌گیرند. و گونه‌های *D. viscosa* و *K. paniculata* در موقعیت بیرون سرده افرا قرار گرفتند. همچنین در این تحقیق مشخص گردید که گونه‌های مورد مطالعه *Acer* به

وپراکنش نمونه‌ها براساس محورها نشان می‌دهد
K. paniculata و *D. viscosa* از سرده *Acer* فاصله
 می‌گیرند.

در رسته بندی گونه‌ها براساس تحلیل مولفه های اصلی و
 بر مبنای تحلیل مولفه های مرتبط برای صفات ریخت
 شناسی و تشریح ترکیب صفات شکل ۶، منجر به استخراج
 چندین محورگردید که دو محور اول معنی دار بوده



شکل ۵- تحلیل دندروگرام خوشه‌ای صفات کیفی و کمی ریخت شناسی و تشریح برگ گونه های *Acer*



شکل ۶- تحلیل رسته بندی براساس ترکیب کلیه صفات کمی و کیفی ریخت شناسی و تشریح برگ گونه های *Acer*

بحث و نتیجه‌گیری

A. monspessulanum (۹/۹۴ میلی‌متر بر میلی‌متر مربع) بیشترین مقدار را نسبت به سایر گونه‌های افرا نشان دادند. همانگونه که قبلاً اشاره شده است این صفت شاخص گیاهان مناطق خشک یا گیاهانی که دچار استرس آبی هستند، بوده و بسیار مورد توجه اکولوژیست‌ها قرار دارد (۱۹). هر چه تراکم رگه‌های آوندی بیشتر باشد، حلقه‌هایی (رگه‌های آوندی کوچکتر) که بین رگه‌های اصلی و فرعی ایجاد می‌شود بیشتر خواهد بود، چنانچه گیاه تحت استرس کم آبی قرار گیرد، حلقه‌های ایجاد شده از اتصال رگبرگها، فاصله بین آنها را کمتر و انتقال آب به محل استرس سریعتر صورت می‌گیرد (۲۲) و پدیده خشکی یا کم آبی گیاه رفع می‌گردد (۱۹ و ۳۰).

صفات بشره برگ دارای ثبات بالایی در سطوح درون گونه‌ای هستند، اما در سطح بین گونه‌ای و بالاتر تغییرپذیری می‌باشد (۲۸). نتایج تشریح برگ و بشره تیره افرا نشان داد که سلولهای بشره‌ای به سه صورت سینوسی و نامنظم و یا چندوجهی دیده می‌شود و حالت بینابین دو حالت فوق‌نیز در برخی گونه‌ها دیده می‌شود. سه گونه *A. cappadocicum*، *A. negundo* و *A. semenovi* دارای سلولهای بشره‌ای سینوسی شکل می‌باشند. محتشمیان و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی بر گونه‌های افرا نیز سه تیپ سلول بشره‌ای چندوجهی، چندوجهی نامنظم و منحنی شکل را مطرح نموده‌اند (۱۷).

تحقیقات بر روی برخی گونه‌های افرا نشان داده که صفاتی مانند مورفولوژی و ساختار کوتیکول، شکل سلولهای بشره و کرکها در روی رگبرگ اصلی در روابط بین گونه‌ها و حتی شناخت یک گونه کمک به‌سزایی کرده است (۱۷).

در این بررسی مشخص شد سه نوع شکل کوتیکول در سطح بشره دیده شد. نوع اول کوتیکول که در اکثر گونه‌ها دیده شد به صورت شکل صفحه‌ای سرتاسر بشره را پوشانده بود. شکل دیگر کوتیکول به صورت تکه‌های مومی شکسته شده مانند آنچه در *A. velutinum* دیده شد و

با توجه به نتایج این تحقیق، مشخص گردید که صفات ریختی مانند وجود و یا عدم وجود کرک در دمبرگ، کرکهای متراکم و یا کم تراکم و پراکنده در سطح برگها، وجود کرک و یا غدد زردرنگ مابین رگبرگهای فرعی و اصلی، مژه‌ها و یا دنداندار بودن حاشیه برگ و شکل نوک و تعداد لوبها و شکل قاعده برگ از صفات مهم ریخت‌شناسی گونه‌های افرا هستند که ناشی از تاثیر عوامل اقلیمی رویشگاه و یا ژنتیک گیاهان باشد. طبری و همکاران (۲۰۰۸) نیز بر روی ریخت‌شناسی برگ جمعیت‌های مختلف *A. velutinum* نشان دادند که جرم (وزن) برگ، سطح فتوسنتزی برگ و تعداد برگ و مساحت برگ در جمعیت‌های مختلف رابطه مستقیمی با محل‌های جمع‌آوری بذرها دارد و جمعیت‌های با منشا شرق دریای خزر دارای وزن برگ کمتری از جمعیت‌های با منشا غرب دریای خزر داشتند و یا جمعیت‌های با منشا بذر در ارتفاعات بالا اندازه برگ کوچکتر و تعداد برگ کمتری را نشان دادند (۲۵). تنوع در اندازه و شکل (فیزیونومی) برگ دو گونه بومی *Acer rubrum* و *Quercus kelloggii* مراتع آمریکای-شمالی در ارتباط با دام‌های متوسط سالیانه (MAT) نشان داد که شکل برگ در گونه افرا در اقلیم سرد دارای دندان و بریدگیهای بیشتر بود در حالیکه عکس آن در گونه بلوط دیده شد که مطالعه فوق ارتباط بسیار قوی بین شکل برگ و اقلیم را نشان داد. مطالعه فوق اطلاعات مفیدی از الگوهای درون گونه‌ای برای دوباره سازی شرایط اقلیمی پیشین رابه نمایش گذاشت (۲۱). در تحقیق دیگری در مورد تاثیر عوامل محیطی بر *Quercus petraea* L. نشان داد که ازت خاک می‌تواند در پراکندگی یا استقرار ایجاد تاج پوشش این گیاه و گونه *A. cappadocicum* در ارتفاعات پایین نقش داشته باشد (۱).

نتایج این پژوهش نشان داد تراکم رگبندی در گونه‌های در *A. velutinum* (۷/۲۱)، *A. hyrcanum* (۸/۸۵) و

صورت آمفی‌استومات بوده ولی در بشره تحتانی بیشتر متمرکز شده‌اند.

بزرگترین اندازه روزنه در *A. semenovi* (۲۲/۳۶) و کوچکترین در *A. platanoides* (۱۳/۲۵) و *A. velutinum* (۱۵/۶۹) و در *A. hyrcanum* (۱۵/۲۰) و *A. monspessulanum* دیده شدند و تراکم روزنه‌ای (تعداد در واحد سانتیمتر مربع) در گونه‌های (۷۸۳۳۳) *A. velutinum* و در (۶۰۶۳۹) *A. hyrcanum* و (۱۵۸۸۴۴) *A. monspessulanum* بیشترین مقدار را نشان داد که در رابطه با اندازه روزنه‌ها و تعداد آنها در سطح برگ می‌باشد. با توجه به کوچک بودن روزنه‌ها تعداد بیشتری روزنه در سطح به چشم می‌خورد. روزنه‌های کوچک قابلیت استفاده بیشتر از آب را در رویشگاه‌های خشک امکانپذیر می‌سازد، چون خیلی سریعتر از روزنه‌های بزرگ به تغییرات و تنش‌های محیطی واکنش می‌دهند (۷، ۸ و ۱۰).

همچنین در گونه‌های افرا مکان دستجات‌آوندی در دم‌برگ در اشکال متنوع پستی-جانبی که از نوع آمفی کریبرال می‌باشند، ظاهر می‌گردد. محققان همچنین به وجود کرک‌های پوششی و ترش‌حی در هر دو سطح برگ و تنوع در درصد حضور دو بافت مزوفیل در ساختار پهنک برگ اشاره نموده‌اند (۲۷). وجود غلاف آوندی اسکلرانشیمی در اطراف آوند رگبرگ اصلی و وجود پارانشیم در اطراف و یا داخل رگبرگ وسطی جهت افزایش استحکام مکانیکی برگ در نظر گرفته می‌شود که در اکثر گونه‌ها به خوبی این حلقه اسکلرانشیم دیده می‌شود گرچه کاوایی و همکاران در سال ۲۰۱۷ (۱۲) اظهار کردند غلاف آوندی می‌تواند در ارتباط تنگاتنگ با تبادل گاز و تحمل خشکی باشد و به خصوصیات ساختاری و مکانیکی برگ ارتباطی نداشته باشد.

در این تحقیق مشخص شد که تمام گونه‌های مورد بررسی افرا در تحلیل خوشه‌ای و تحلیل مولفه‌های اصلی در یک خوشه و نزدیک هم قرار می‌گیرند و دو گونه

شکل سوم کوتیکول گرانول شکل بود که به صورت مجتمع یا خوشه‌ای در *A. hyrcanum* و *A. monspessulanum* دیده شدند و بیشتر در اطراف روزنه متمرکز بودند. محتشمیان و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعات خود به پنج شکل متفاوت کوتیکول اشاره کرده‌اند (۱۷). این محققان نیز واژه روزنه‌های خوشه‌ای (Stomatal clusters) استفاده کرده بودند، ولی برخلاف آنچه که این محققان به نام روزنه‌های خوشه‌ای در مقاله خود اشاره کرده‌اند در این تحقیق مشخص شد استقرار روزنه‌ها در بشره به صورت خوشه‌ای نبوده بلکه تراکم حلقه مانند کوتیکول مومی در اطراف روزنه‌ها، چنین شکل خوشه مانند را ایجاد می‌کند. وجود کوتیکول با ضخامت‌های مختلف در گیاهان ممکن است پاسخی به تنش‌های اقلیمی مانند خشکی و یا کمبود عناصر غذایی خاک باشد (۳۰) که می‌توان برای گونه‌های فوق‌الذکر متصور شد که نوع شرایط محیطی و رویشگاه آنها بر شکل و ضخامت کوتیکول تاثیر داشته است.

در این تحقیق مشخص شد که کرک پوششی از انواع کرک‌های پوششی تک سلولی به دو حالت افراشته یا خمیده و کرک‌های ترش‌حی گریزی شکل در بشره برگ گونه‌ها پراکنده شده‌اند. این نتایج با نتایج محتشمیان و همکاران (۱۷) مطابقت دارد.

بررسی حاضر نشان داد که روزنه‌های بیضوی شکل در کلیه گیاهان مورد بررسی از نوع آنوموسیتیک یا تیپ روزنه با سلول‌های همراه نامشخص است بوده و در سطح تحتانی متمرکز است. متلکاف و چالک (۱۹۷۲) نیز اشاره کرده‌اند ویژگی‌های تشریح برگ بشره فوقانی و تحتانی در افرا متفاوت بوده و سطح فوقانی هیچ روزنه‌ای ندارد (۱۶). محتشمیان و همکاران (۲۰۱۷) نیز در بررسی گونه‌های افرا مشخص کردند که نوع روزنه از نوع تیپ آنوموسیتیک و شکل آن از بیضی تا بیضی کشیده می‌باشد و روزنه به

طول برگ، سفید رنگ بودن سطح برگ از یکدیگر متمایز می‌شوند. نتایج این تحقیق با نتایج گریم و همکاران در سال ۲۰۰۶ (۹) که در بررسی فیلوژنی سرده افرا نشان دادند دو گونه *A. velutinum* و *A. hyrcanum* به یکدیگر نزدیکتر بوده و با گونه *A. monspessulanum* در کلادی نزدیک به هم قرار می‌گیرند و گونه *A. negundo* در کلادی جداگانه از بقیه گونه‌ها قرار می‌گیرد (۹) مطابقت می‌نماید.

از طرف دیگر گونه *A. monspessulanum* با داشتن برگهایی نسبتاً کوچک و با حاشیه درست و ۲ تا ۳ لوبه بودن برگ و دارا بودن غدد زرد رنگ در پشت برگ، از این گونه‌ها متمایز شده و فقط به علت حاشیه برگ فاقد مژه و غیر انعطاف پذیری برگ با دو گونه مذکور تشکیل خوشه داده است. گونه‌های *A. microphyllum* و *A. campestre* با دارا بودن صفات مشترکی مانند نوع برگ، ۲ تا ۳ لوبه بودن برگ، حاشیه درست، اندازه کوچک برگ و سطح دمبرگ، دسته‌های آوند چوبی بزرگ و کوچک که در زیر آنها دستجات آبکش قرار گرفته‌اند و کرک ترش‌جی گریزی شکل و کرکهای پوششی به صورت ایستاده و یا در راس کمی خمیده، به یکدیگر نزدیک شده‌اند و با صفاتی مانند نوک برگ، طول برگ، رنگ سطح برگ، طول مژه‌های حاشیه برگ و اندازه طول دمبرگ از هم متمایز میشوند. *A. negundo* از طریق نوع برگ (مرکب)، قاعده برگ، برگهای نورسته غیر خزی و کم‌تراکم، رگبرگهای سطح برگ از آنها متمایز میشود و فقط با داشتن مژه در حاشیه برگ با آنها خوشه ایجاد میکند. رنر و همکاران (۲۰۰۸) نیز در تحلیل مولکولی و انسبب شناسی گونه‌های افرا نشان دادند که گونه‌های *A. campestre* و *A. platanoides* با هم در یک کلاد قرار گرفته و گونه *A. palmatum* هم‌گرچه در کلادی دیگر ولی نزدیک به آنها واقع شده ولی گونه *A. negundo* در کلادی جداگانه و دورتر از آنها قرار دارد (۲۲).

Dodonea viscosa و *Koelreutaria paniculata* از سرده *Acer* کاملاً مجزا هستند که می‌تواند موید انتخاب صحیح صفات دیاگنوستیک کیفی باشد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. گونه *A. negundo* در فاصله بیشتری نسبت به سایر گونه‌های دیگر افرا قرار دارد که این ممکن است به علت صفت کیفی نوع برگ (در این گونه به صورت مرکب و در بقیه برگ ساده است) باشد. قرار گرفتن گونه مذکور در فاصله‌ای دور از بقیه گونه‌ها با نتایج گریم و همکاران (۲۰۰۷) و رنر و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد (۹ و ۲۲).

این پژوهش نشان داد که گونه‌های *A. cappadocicum* و *A. palmatum* به دنبال آن *A. semenovi* و *A. platanoides* و همچنین گونه‌های *A. velutinum* و *A. hyrcanum* و گونه‌های *A. microphyllum* و *A. campestre* دو به دو بیشترین شباهت را در صفات ریختی به یکدیگر نشان می‌دهند. گونه‌های *A. cappadocicum* و *A. palmatum* گرچه از طریق تعداد لوبهای برگ، نوک لوبها، اندازه کوچک برگ و دارا بودن غدد زرد رنگ در محل انشعاب رگبرگها و دستجات چوب آبکش در یک دسته اصلی قرار گرفته بودند، به هم شبیه بوده و از دیگر گونه‌ها متمایز می‌شوند، ولی تعداد لوبهای برگهایشان و اندازه برگ و قاعده سینوسی لوبهای برگ از راههای تشخیص خود این دو گونه از هم می‌باشد. گونه‌های *A. semenovi* و *A. platanoides* از طریق رنگ و سطح برگ، بدون کرک بودن پشت برگها و سلولهای اپیدرمی سینوسی شکل با یکدیگر شبیه ولی تعداد لوبهای برگ، عرض برگ، شکل برگ، قاعده و انعطاف پذیری برگ از صفات جدا کننده این دو گونه از یکدیگر است. گونه‌های *A. velutinum* و *A. hyrcanum* از نظر وجود دندان در حاشیه برگ و تعداد لوبهای برگ، عدم وجود کرک در پشت برگها، دستجات چوبی جدا از هم بوده و در زیر آنها آوندهای آبکش، تکه‌های مومی دانه‌ای یا گرانول شکل به یکدیگر شبیه بوده و از طریق نوک برگ،

می‌باشد، حال آن‌که تک‌نیایی بودن سرده *Dipteronia* مورد تایید همگان قرار دارد (۲۶). گیانوها و همکاران (۲۰۰۶) نیز در مورد فیلوژنی این دو سرده، به این نتیجه رسیدند که شباهت‌های ریختی گونه‌های *Acer* در شرق آسیا با گونه‌های شمال آمریکا ناشی از تاثیر اقلیم بوده است (۱۱). این تحقیق، با توجه به نتایج و صفات بررسی شده، شباهت‌های گونه‌های افرا را ناشی از تاثیر محیط میداند که با نتایج تیان زین و دژو (۲۶) و اسکپنر و همکاران (۲۴) و گیانوها و همکاران (۱۱) همخوانی دارد.

در این تحقیق مشخص شد که صفات کیفی و کمی تشریحی و ریختی مانند: وجود یا عدم وجود کرک، کوتیکول و ضخامت و تنوع اشکال آن، اندازه روزنه و تراکم روزنه‌ای، تراکم رگبندی، در نزدیکی یا دور بودن گونه‌ها از یکدیگر موثر بودند. تحلیل خوشه‌ای و تحلیل مولفه‌های اصلی صفات کاملاً با هم منطبق بود که بیانگر ارزش تاکسونومیک صفات انتخاب شده در این تحقیق می‌باشد. همچنین در این مطالعه بیشترین انطباق صفات با نوع رویشگاه در گونه‌های *A. velutinum* و *A. hyrcanum* و *A. monspessulanum* دیده شد.

به علت آنکه در این پژوهش از ترکیب خصوصیات ریخت‌شناسی و تشریحی برگ استفاده شد، پیشنهاد می‌گردد که صفات و مارکرهای مولکولی نیز در این تیره بررسی گردد و نتایج حاصل از آن با صفات ریختی و تشریحی مقایسه و یا ادغام شوند. ترکیب صفات، به طور موثری در تاکسونومی و شناسایی سرده‌ها و گونه‌ها و یا حتی شناخت رویشگاه آنها می‌تواند اطلاعات جدیدی در اختیار محققان قرار دهد.

سپاسگزاری

از زحمات جناب آقای دکتر محمدباقر باقریه نجار که در آنالیز داده‌ها با نویسنده مسئول همکاری نموده اند تشکر و قدردانی می‌گردد. این مقاله بخشی از پروژه تحقیقاتی دانشگاهی است که بدین وسیله نگارنده از معاونت

قرار گرفتن چهار گونه *A. cappadocicum* و *A. semnovii* و *A. palmatum*، *A. platanoides* سه گونه *A. monspessulanum*، *A. hyrcanum* و *A. velutinum* در خوشه‌های مجزا نشان دهنده دارا بودن دو ترکیب صفات از مجموعه صفات مطالعه شده در این گونه‌ها می‌باشند و دو روند تحول صفات ریختی را نشان می‌دهند. تحقیق مشابه دیگری بر روی صفات تشریحی ساقه گونه‌های *Lonicera* L. مانند استقرار متاگزیمها در دستجات آوندی، شکل نوار کامبیوم و کریستالهای اکسالات کلسیم موجود در پارانشیم و وجود حفره در بخش مغز ساقه، وجود دو نوع ترکیب صفات جدا کننده گونه‌ها را نشان داد (۲). تنها پدیده کاملاً سؤال برانگیز در این تحقیق موقعیت قرارگیری *A. campestre* و *A. microphyllum* در بین سایر گونه‌ها است که در این تحقیق در کنار *A. negundo* از سایر گونه‌های این سرده جدا شده و تفاوت بسیاری با بقیه دارد حال آن که مطالعات فیلوژنتیک گریم و همکاران سال ۲۰۰۶ (۹) بر گونه‌های افرا مشخص شد که *A. campester* را به *A. monspessulanum* به علت دارا بودن شباهت نوع رگبندی، اندازه برگ و تعداد لوبهای برگ بسیار شبیه دانسته‌اند. در این بررسی *A. palmatum* شباهت زیادی با گونه‌های *A. cappadocicum* و *A. platanoides* و *A. semnovii* دارد، گرچه تمام گونه‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر در مطالعات فیلوژنی گریم و همکاران (۹) مطالعه نگردیده اند اما آنها *A. palmatum* را در دسته‌ای کاملاً جدا و نزدیک *A. negundo* قرار داده اند و نکته جالب توجه آن است که شباهت دو گونه *A. cappadocicum* و *A. platanoides* نیز توسط آنها (۹) و کریمی (۱۳۸۸) (۳) نیز تایید شده که موید نتیجه به دست آمده در این تحقیق نیز می‌باشد. تیان و دژو (۲۰۰۴) که بر روی تیره *Aceraceae* و گونه‌هایی از *Dipteronia* و *Acer* مطالعه می‌کردند، بیان کرده‌اند تک‌نیایی بودن سرده *Acer* به علت وجود تعداد زیاد صفات هموپلازی، مورد تردید محققان

برای انجام آن تلاش نمودند تشکر می‌نماید.

پژوهشی و فناوری، مالی و اداری و پشتیبانی دانشگاه گلستان که در حمایت علمی و فراهم کردن امکانات لازم

منابع

- ۱- پوربابانی، ح.، حیدری، م.، نقی‌لو، م. و فقیر، م. ب. ۱۳۹۴. رابطه بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی در رویشگاه سفیدمازو. *Quercus petraea* L. subsp. *iberica* (Stev.) Krassiln مطالعه موردی: جنگل‌های اسالم گیلان. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲: ۵۳-۶۲. (۲۸).
- ۲- جلیلی، س.، حمدی، س. م. و اوراقی اردبیلی، ز. ۱۳۹۵. مطالعه ویژگی‌های تشریحی برگ و ساقه جنس ۹ گونه از *Lonicera* chloroplast non-coding region. *Harvard Papers in Botany Article*, 11: 101-115
- 12-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*, 1-11
- 13-Koutecký, P. (2015) MorphoTools: a set of R functions for morphometric analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 301:1115-1121
- 14-Maiti, R., Rodríguez, H. G., Rodríguez, P. C., Christopher, J., Díaz, G., Kumari, A., Autónoma, U., León, D. N., Forestales, F. D. C., Nac, C. and Km, N. (2016) Leaf surface anatomy in some woody plants from Northeastern Mexico, *48(5)*: 1825-1831.
- 15-Mark, P., S., A., Yoon, H. S., Thadani, R. and Gip, B. (1999) Seedling leaf structure of New England maples (*Acer*) in relation to light environment, *Forest Science*, 45(4): 512-519.
- 16-Metcalf, C. R., and Chalk, L. (1972) *Anatomy of the dicotyledons* (vol. 2). Clarendon Press, Oxford.
- 17-Mohtashamian, M., Attar, F., Kavousi, K. and Masoudi-nejad, A. L. I. (2017) Micromorphological studies of leaf epidermal features in populations of maples (*Acer* L.) from Iran, *Phytotaxa*, 299(1): 36-54.
- 18-Murry, E. and Rechinger, K. H. (1969) *Aceraceae*. In: Rechinger, K. H. (ed.), *Flora Iranica* (vol. 61). Akademische Druckund Verlagsanstalt Graz, Austria.
- 19-Nebelsick, A. R., Uhl, D., Mosbrugger, V.R. and Kerp, H. (2001) Evolution and Function of Leaf Venation Architecture: A Review *Annals of Botany*, 87: 553-566.
- از تیره *Caprifoliaceae* در ایران. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۴: ۷۵۱-۷۶۵. (۲۹).
- ۳- کریمی، ز. ۱۳۸۸، تحلیل خوشه‌ای ریخت‌شناسی برخی گونه‌های سرده *Acer* L. در ایران، فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۶۶-۱۷۶.
- 4-Davis, J.C. (1965) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (vol.7), Edinburgh at the University Press.
- 5-Delendick, T.J. (1981) A systematic review of the *Aceraceae*. Ph.D. dissertation, City University of New York.
- 6-Dineva, S. B. (2017) Assessing the Adaptability of *Acer saccharinum* L. to industrially contaminated environment according to its leaf blade structure. *International Journal of Forestry and Wood Science*, 4(1): 41-47.
- 7- 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
- 8-Franks, P.J., Drake, P.L., 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.
- 9-Grimm, G. W., Renner, S. S., Stamatakis, A. and Hemleben, V. (2006) A nuclear ribosomal DNA phylogeny of *Acer* inferred with maximum likelihood, splits graphs, and motif analysis of 606 sequences. *Evolutionary bioinformatics online*, 2: 7-22.
- 10-Haworth, M., Elliott-Kingston, C. and Mc Elwain, J. C. (2011) Historical perspective: Stomatal control as a driver of plant evolution. *Journal of Experimental Botany* 62 (8) 2419-2423.
- 11-Jianhua, L., Yue, J. and Shoup, S. (2006) Phylogenetic of *Acer* (Aceroidae, Sapindaceae) based on nucleotide sequences of two

- 20-Rasband, W. S. (1997–2020) ImageJ. National Institutes of Health. Available online at: (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>)
- 21-Royer, D. L., McElwain, J. C., Adams, J. M. and Wilf, P. (2008) Sensitivity of leaf size and shape to climate within *Acer rubrum* and *Quercus kelloggii*, *New Phytologist*, 179(3):808–817.
- 22-Renner, S., S., Grimm, G.W., Schneeweis, G.M., Stuessy, T.F. and Ricklefs, R. (2008) Rooting and Dating Maples (*Acer*) with an Uncorrelated-Rates Molecular Clock: Implications for North American/Asian Disjunctions. *Systematic Biology*, 57(5):795–808.
- 23-Russell, M.J., Hall, A. J. , Boyce, A. J. and Fallick, A. E. (2005) 100th Anniversary Special Paper: On Hydrothermal Convection Systems and the Emergence of Life. *Economic Geology*, 100 (3): 419-438.
- 24-Skepner, A. and Krane, D. (1997) cp DNA of *Acer saccharum* and *Acer nigrum* are very similar, *The Ohio Journal of Science*, 97(4):90-93
- 25-Tabari, M., Yosef-Zadeh, H., Espahbodi, K. and Jalali, GA. (2008) The effect of seed source on the leaf morphology of *Acer velutinum* (Boiss.) seedlings, *Taiwan Journal Forest Science*, 23(1):13-9.
- 26-Tian X. and DeZhu, L. (2004) A cladistic analysis of the Aceraceae based on morphological data set. *Acta Botanica Yunnanica*, 26(4): 387-397
- 27-Toma, C., Ifrim, C. and Gatu, I. (2015) Some aspects concerning the anatomy of the offshoot of *Acer* L. species from the collection of the botanical garden Iassy, *Analele Științifice ale Universității, Al. I. Cuza” Iașis. II a. Biologie vegetală*, 61, 1-2: 27-37
- 28-Wang, Y.H., Lu, L., Fritsch, P.W., Wang, H., Wang, Y.H. & Li, D.Z. (2015) Leaf epidermal character variation and evolution in Gaultherieae (Ericaceae), *Botanical Journal of the Linnean Society*, 178 (4): 686–710.
- 29-Zasada, J.C., and Strong, T. F. (1997) *Acer* L. (maple), *Aceraceae* –Maple Family. www.nsl.fs.fed.us
- 30-Zhang, Y. J., Frederick, M., Jin-Hua, C. A., 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.

Leaf anatomical and morphological characters of some species of *Acer* L.

Karimi Z.

Dept. of Biology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, I.R. of Iran

Abstract

Acer L. contains about 148-150 species that are almost all distributed in Asia, China and Japan. 11 species of *Acer* are the principal component in Iran forests. The presence of unidentified and hybrid species, and influences of environmental changes on morphological traits, have further complicated the confusion over species grouping in species. This work was initiated with the objective of the morphology and anatomy of leaf of existing taxa in Iran to identify and establish their similarities and dissimilarities relationship between them. Thus, we observed 52 quantitative and qualitative characters from leaf and epidermis. Cluster analysis WARD and Principal components analysis (PCA) were done in R software. PCA obtained the same result of the cluster analysis. Results showed that all *Acer* species were classified in a major cluster and distinct from two other species *Koelreutaria paniculata* Laxm and *Dodonea viscosa* (L.) Jacq. *A. campestre* L. and *A. microphyllum* (Boiss.) Dinsm had the most morphological similarities and also other species *A. negundo* L. united with them in cluster separately. Different clusters of species showed that two kind of attributes are responsible for separation and distinction between species. This study showed the grooves in the petiole, leaf outline, the presence of yellowish secretories between midrib and secondary veins at abaxial surface of leaf, the presence of cilia on the leaf margins, and apex shape and leaf base, leaf lobes number, are important morphological traits in *Acer* species morphology. Leaf anatomical characters such as midrib thickness, the presence or absence of trichomes, different shapes and size of trichomes, trichome density, thickness and variety of epicuticular waxes and their shapes, size and stomatal density, bundle sheath form and amphicribal vascular bundle varied from species to another. It appears that differences and similarities among species are related to ecological environment and habitat conditions.

Key words : *Acer*, Cluster analysis, Leaf morphology and anatomy, PCA