مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال یازدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸
ص ۵۱۸-۵۰۵

مقاله پژوهشی

ریخت‌شناسی دانهٔ گردهٔ برخی از گونه‌های بومی و غیربومی جنس افرا در ایران

فرزانه مقبل اصفهانی [۱]، وحیده پیام نور [۲*]، علی ستاریان [۳]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.
۲. دانشیار، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.
۳. دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۱۸)

چکیده

در این پژوهش، مورفولوژی و تنوع دانهٔ گردهٔ هشت گونه از جنس افرا شامل *A. negundo, Acer palmatum A.monsspesulanum, A.platanoide L, A.hyrcanum ,A.velutinum, A,cappadocicum, A.campestre,* و یک کولتیوار از افرا (*A.negundo variegatum*) با هدف بررسی تأثیر آن در آرایه‌بندی این جنس و یافتن صفات تشخیصی بررسی شد. نتایج نشان داد که دانه‌های گرده در این جنس سه‌شیاری و از نظر اندازه جزء گروه متوسط و اغلب ناجورقطب هستند و تقارن شعاعی ندارند و از نظر طبقه‌بندی در طبقهٔ plicate قرار می‌گیرند. در بررسی صفات کمّی و با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه و تجزیهٔ خوشه‌ای، تنوع بین‌گونه‌ای زیادی بین صفات مشاهده شد. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، فاصلهٔ دو شیار گرده از یکدیگر، طول قطر استوایی دانهٔ گرده و مساحت گرده صفات مهم برای تفکیک گونه‌های موجود تشخیص داده شد. به‌منظور آزمون صحت تحلیل از آنالیز تشخیص استفاده شد که تا ۸۰ درصد نتایج گروه‌بندی هر گونه براساس صفت گرده را به اثبات رساند.

واژه‌های کلیدی: آرایه‌بندی، تنوع، صفات تشخیص، گردهٔ افرا.

مقدمه

تیرهٔ *Sapindaceae* تیره‌ای شناخته‌شده و قدیمی با دو جنس Acer و Dipteronia است. بیشتر گونه‌های این تیره در نواحی معتدل جهان در نیمکرهٔ شمالی پراکنده‌اند. جنس افرا شامل ۱۵۶ گونه است (de jong, 2004) که توسط گیاه‌شناسان متعددی بررسی شده و رده‌بندی درون‌جنسی متنوعی براساس مورفولوژی گل، بذر و برگ ارائه شده است (Koidzumi, 1911; Ogata, 1967; Murray, 1970). با این‌حال تنوع مورفولوژیکی زیاد گونه‌های این جنس تفکیک آنها را مشکل کرده است (Judd et al., 2002). امروزه سعی می‌شود در کنار تحقیقات ریخت‌شناسی برگ و میوه از صفات تعیین‌کنندهٔ دیگری همچون دانهٔ گرده که باثبات است و دقت بیشتری دارد برای شناسایی گونه‌های مختلف استفاده شود (Panahi et al., 2011). در واقع براساس اختصاصی بودن گرده در بسیاری از گونه‌های گیاهی (Erdtman, 1960) از یک‌سو و سهولت نسبی مطالعهٔ

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۷۳۵۸۱۲
ایمیل: mnoori56@gmail.com

دانهٔ گرده از سوی دیگر، می‌توان با توجه به ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ساختمانی گرده‌ها، نوع گیاه مولد آن و حتی جایگاه و اهمیت آن را در رده‌بندی و تقسیمات گیاه‌شناسی مشخص کرده و خویشاوندی جنس‌ها و گونه‌ها را به‌دقت بررسی کرد (Solomon, 1983). دانهٔ گردهٔ بیشتر نهاندانگان مانند دیگر سلول‌های گیاهی شامل سیتوپلاسمی است که با یک دیوارهٔ نازک به نام انتین[1] احاطه شده است. دیوارهٔ دیگری به‌نام اگزین بدون فاصله در خارج انتین قرار دارد. به مجموع اگزین و انتین، پوشش دانهٔ گرده می‌گویند (Wodehouse, 1935). آنچه در رده‌بندی گرده استفاده می‌شود، همان غشای مقاوم[2] است که شکل و اندازهٔ مشخصی دارد. پژوهش‌های متعددی با استفاده از میکروسکوپ نوری و الکترونی به‌منظور توصیف ویژگی‌های دانهٔ گرده و اهمیت آن در تاکسونومی انجام گرفته است (Loma et al. 2015; Philbrick & Bogel, 1981; Pozhidaev, 1993). این درحالی است که قدمت بررسی ویژگی‌های ریز ریخت‌شناسی گردهٔ جنس افرا به تحقیق Biesboer در سال ۱۹۷۵ برمی‌گردد. وی نشان داد که دانه‌های گرده در خانوادهٔ افرا به‌طور معمول سه‌شیاری[3] هستند. Tian et al. (2001) با بررسی گرده در جنس افرا بیان کردند که اگزین در بیشتر گونه‌ها خط‌دار است و شکل دانهٔ گرده در این خانواده از گرد به کشیده‌شده در محور استوایی متغیر است. Akdoğan et al (2013) مورفولوژی گردهٔ پنج گونه از جنس افرا در ترکیه را با استفاده از میکروسکوپ نوری (LM) و الکترونی (SEM) بررسی کردند و مشخص شد که برخی از ویژگی‌های گرده به‌عنوان شکل گرده، نوع دیافراگم و آرایش در گونه‌های تحت بررسی متفاوت است و به‌طور ویژه تزیینات سطح دانهٔ گرده در بخش قطبی و قسمت های استوایی دارای ارزش سیستماتیک برای تشخیص گونه‌هاست. تنها تحقیق دربارهٔ گردهٔ جنس افرا در ایران، بررسی تنوع مورفولوژیکی آن توسط Nikzat Siahkolaee et al. (2017) است که نشان داد خطوط گرده در نمونه‌های بررسی‌شده به‌دلیل ناپایداری در تعیین گونه‌ها و زیرگونه‌ها مفید نیستند. با این‌حال هدف پژوهش حاضر، بررسی ارزش رده‌بندی دانهٔ گرده در رده‌بندی درون‌جنسی گونه‌های بومی و غیربومی جنس افرا در ایران و ارائهٔ کلید شناسایی گردهٔ این جنس در ایران به‌منظور سهولت در پژوهش‌های باستان‌شناسی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش گردهٔ سالم و رسیدهٔ هشت گونه از جنس افرا شامل پلت[4]، کرب[5]، شیردار[6]، افرا برگ‌چناری[7]، هیرکانی[8]، کرکو[9]، سیاه[10]، پنجه‌ای[11] و یک کولتیوار از افرا سیاه به نام ابلق[12] از این جنس بررسی و مقایسه شد. برای مطالعات از هر یک از مناطق ذکرشده در جدول ۱، پنج تا پانزده پایهٔ بالغ، با فواصل دست‌کم ۱۰۰ متر از یکدیگر – به‌منظور جلوگیری از تکرار نمونه‌گیری از ژنوتیپ‌های همسان (Shabanian et al., 2014)- انتخاب شد. نمونهٔ گل از قسمت میانی تاج گیاه (Usefzadeh et al., 2010) جمع‌آوری شد. سپس به‌طور تصادفی، پنج تا ده نمونه از هر درخت بررسی شد. شایان ذکر است که به‌جز گونه‌های افرا سیاه و افرا پنجه‌ای، بقیهٔ گونه‌ها بومی ایران هستند.

بررسی صفات کمّی دانهٔ گرده با میکروسکوپ نوری

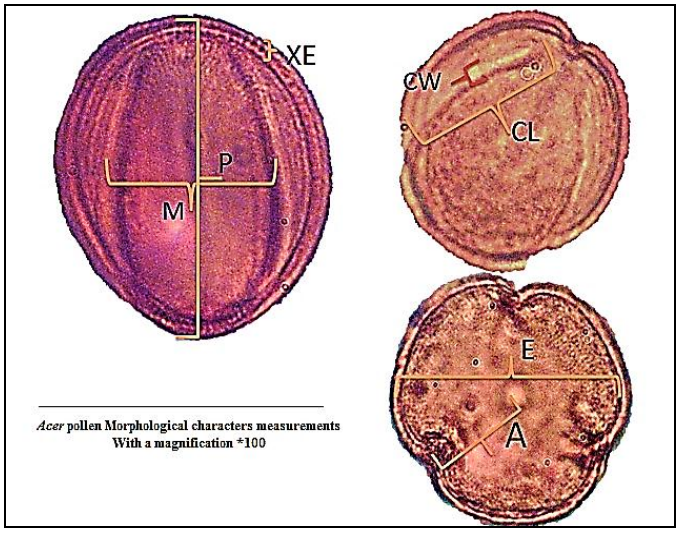
به‌منظور بررسی دانهٔ گرده از روش استولیز ارتمن استفاده شد (Erdtman,1960). ۳۰ دانهٔ گرده از هر

1. Intine
2. Exine
3. Tricolpate
4. *Acer velutinum*
5. *A. campestre*
6. *A. cappadocicum*
7. *A. platanoides*
8. *A. hyrcanum*
9. *A. monsspesulanum*
10. *A. negundo*
11. *A. palmatum*
12. *A. negundo* subs *var iegatum*

گونه از دید قطبی و استوایی بررسی شدند. صفات کمّی مانند طول قطر قطبی (p)، طول قطر استوایی (E)، نسبت طول قطر قطبی به استوایی (P/E)، ضخامت اگزین (EX)، طول آپوکلیپوم (فاصلهٔ شیار تا قطب) (A)، طول مزوکلیپوم (فاصلهٔ دو شیار) (M)، طول شیار (CL)، عرض شیار (CW) و مساحت (A) با نرم‌افزار image tools اندازه‌گیری شد. میکروسکوپ نوری به‌کاررفته در این پژوهش، میکروسکوپ Olympus مدل با BH2-RFCAL بود.

جدول ۱- محل نمونه‌برداری‌شده در این تحقیق

نام گونه	محل نمونه‌برداری	ارتفاع	نام گونه	محل نمونه‌برداری	ارتفاع
A.monsspesulanum	گرگان، پارک ملی گلستان	۵۷۱	*A. pomatum*	نوشهر، باغ گیاه‌شناسی	۱۱-
A.monsspesulanum	علی‌آباد کتول، سیاه‌مرزکوه	۱۲۰۰	*A. palmatum*	گرگان، باغ گیاه‌شناسی	۲۹۵
A.monsspesulanum	کلاله، گلی‌داغی	۱۰۰۸	*A. velutinum*	گرگان، شصت‌کلاته	۴۱۰
A.monsspesulanum	بندرگز، وطنا	۱۱۴۷	*A. velutinum*	گرگان، توسکستان	۷۳۴
A.monsspesulanum	کلاله، مراوه‌تپه	۹۲۲	*A. velutinum*	بندرگز، وطنا	۱۲۵۵
A. cappadocicum	کردکوی، درازنو	۱۸۱۸	*A. velutinum*	بندرگز، وطنا	۱۵۷۴
A. cappadocicum	گرگان، توسکستان	۱۱۳۱	*A. compestre*	کردکوی، درازنو	۱۸۰۶
A. cappadocicum	بندرگز، وطنا	۷۰۸	*A. compestre*	بندرگز، وطنا	۱۰۹۲
A. cappadocicum	گرگان، شصت‌کلاته	۳۲۷	*A. compestre*	گرگان، توسکستان	۱۵۱۷
A. platanoides	کردکوی، درازنو	۲۵۳۰	*A negunda variegatum*	گرگان، شصت‌کلاته	۳۲۳
A. platanoides	کردکوی، درازنو	۲۰۳۱	*A. hyrcanum*	کردکوی، درازنو	۲۳۵۸
A. platanoides	کردکوی، درازنو	۲۲۵۱	*A. hyrcanum*	کردکوی، درازنو	۱۸۱۵
A. negunda	گرگان، شصت‌کلاته	۳۱۹	*A. hyrcanum*	کردکوی، درازنو	۲۱۵۰



شکل ۱- صفات ریختی گردهٔ افرا (عکس از مقبل اصفهانی)
طول محور قطبی (p)، طول محور استوایی (E)، اگزین (EX)، طول آپوکلیپوم (فاصلهٔ شیار تا قطب) (A)، طول مزوکلیپوم (فاصلهٔ دو شیار) (M)، طول شیار (CL)، عرض شیار (CW) و مساحت (A)

بررسی صفات کیفی دانهٔ گرده با میکروسکوپ الکترونی

برای بررسی تزیینات دانهٔ گرده از میکروسکوپ الکترونی SEM- FEM مدل TSCAN-XMU MIRA3 استفاده شد. برای این کار، کیسه‌های دانهٔ گرده در زیر دستگاه استریومیکروسکوپ شکافته و به‌وسیلهٔ دستگاه لایه‌نشان، طلاکوب شدند و در دستگاه FESM در آزمایشگاه متالورژی رازی قرار گرفتند.

تحلیل آماری

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و مقایسهٔ صفات ریزریخت‌شناسی بین گونه‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه و برای مقایسهٔ میانگین در بین گونه‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. با آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)، مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تفکیک گونه‌های مورد نظر تعیین و استخراج شد. پخش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات حاصل از دو محور اولیه که بیشترین واریانس را توجیه کرده بود انجام گرفت تا گروه‌بندی ارزیابی شود. با استفاده از آنالیز خوشه‌ای (روش Ward) گونه‌های تحت بررسی در خوشه‌های مختلف از یکدیگر تفکیک شدند. در نهایت به‌منظور تأیید صحت گروه‌بندی از آنالیز تشخیص استفاده شده و تأثیر هر یک از صفات در تمایز خوشه‌ها از یکدیگر براساس سنجش‌های چندمتغیره تعیین شد. در این تحقیق همچنین پلاستیسیتی کل (ظرفیت پاسخگویی گیاه به شرایط محیطی) با استفاده از جاگذاری حداکثر و حداقل هر صفت در فرمول PL=1-(x/X) محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل اطلاعات یادشده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام گرفت.

نتایج

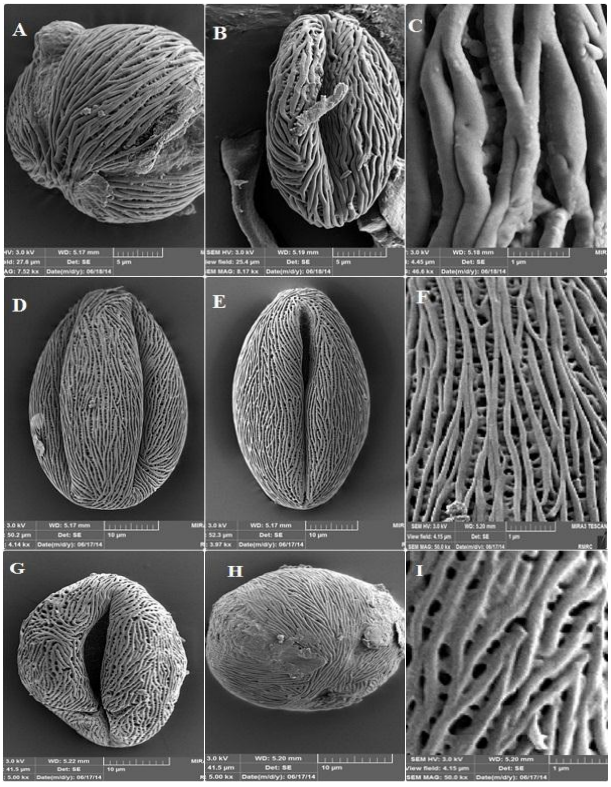
بررسی صفات کیفی گرده

دانه‌های گرده در بیشتر گونه‌های بررسی‌شده، ناجورقطب[1] هستند و تقارن شعاعی ندارند. گرده‌های این جنس سه‌شیاری و از نظر اندازه جزء گروه متوسط و از نظر طبقه‌بندی[2] جزء طبقهٔ Plicate (دانهٔ گرده با شیارهای موازی چین‌مانند در سطح اگزین) هستند. شکل گرده در این گونه‌ها متنوع است و در چهار شکل کروی کشیده[3]، نیمه‌کشیده[4]، کروی- مخروطی[5] و کشیده[6] دیده می‌شود. همچنین از نظر تزیینات اگزین دارای چهار تیپ Striate (شیارهای باریک طولی)، Microretuculate (مشبک دارای حفره‌هایی با قطر کمتر از ۱ میکرومتر)، Striato-Reticulate (ساختمان شبکه‌ای) و Rugulate (نامنظم) هستند. گردهٔ نارس در گونه‌های بررسی‌شده دارای تیپ Aperture Sunken (شکاف فرورفته) بود. نتایج پژوهش‌های گرده‌شناسی حاصل از میکروسکوپ الکترونی در مورد گونه‌های بررسی‌شده در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده و به‌شرح زیر است.

دانهٔ گرده در افرا پنجه‌ای، کروی کشیده، از نوع جورقطب[7] و دارای تقارن شعاعی است. شکل محور استوایی در نمای قطبی لب‌دار[8] و وضعیت شیار از نوع دارای بیرون‌زدگی[9] است. همچنین تزیینات اگزین در این گونه از نوع Straite است. افرا پلت دارای دانهٔ گردهٔ کروی- مخروطی، ناجور قطب، سه‌شیاره و به‌صورت باریک و گسترده در محور قطبی[10] است. شکل محور استوایی در نمای قطبی دایره‌ای[11] است. تزیینات اگزین دارای ساختمان شبکه‌ای است. دانهٔ گرده در افرا شیردار ناجورقطب، سه‌شیاری در محور قطبی و شکل دانهٔ گرده کشیده است. در سطح اگزین تزیینات دارای ساختمان شبکه‌ای است که حجره‌ها را شیارهای موازی در برگرفته‌اند. شکل گرده در افرا هیرکانی کشیده، دارای

1. Heteropular
2. pollen class
3. prolate spheroidal
4. subprolate
5. Oblate spheroidal
6. prolate
7. isopular
8. lobate
9. Colporate
10. colpate
11. Circular

تقارن شعاعی، شکل محور استوایی از نمای قطب‌ها بیضی[1]، دارای سه شکاف باریک و طویل در محور قطبی است. تزیینات اگزین به‌صورت شبکه‌ای است که حجره‌ها را شیارهای موازی در برگرفته‌اند. گردهٔ افرا کرکو ناجورقطب و دارای سه شیار باریک و دراز است که نسبت طول به عرض شیار بیشتر از ۲ و در محور قطبی گسترش‌یافته است. شکل گرده کروی کشیده و شکل تزیینات موجود در سطح اگزین دارای تیپ Striate است. دانهٔ گرده در گونهٔ کرب دارای تقارن شعاعی، شکل دانهٔ گرده کروی مخروطی، دارای سه شکاف باریک و طویل در محور قطبی، تزیینات اگزین از نوع Straite و شکل محور استوایی در نمای قطب‌ها از نوع دایره‌ای است. شکل دانهٔ گردهٔ افرا برگ‌چناری (کرکف) کروی، دارای سه شیار، تقارن شعایی است. تزیینات در سطح اگزین دارای تیپ Striate و فاصلهٔ بین شیارهای اگزین بسیار کم و در حدود ۰/۰۵ میکرومتر است. محور استوایی در نمای قطبی دایره‌شکل است. در افرا سیاه شکل دانهٔ گرده نیمه‌کشیده، سه‌شیاری و جورقطب است. تزیینات در سطح اگزین مشبک دارای حفره‌هایی با قطر کمتر از ۱ میکرومتر و شکل محور استوایی در نمای قطبی بیضی است.



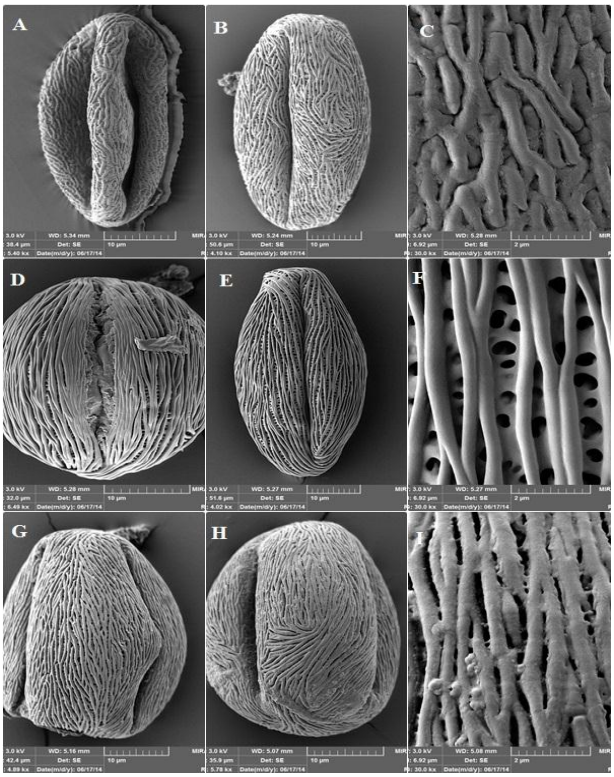
شکل ۲- دانهٔ گرده گونه‌های افرا عکسبرداری‌شده با میکروسکوپ الکترونی FESM

(A-C) *A.palmatum*: (A) نمای استوایی با بزرگنمایی ۵۰۰۰ (B) نمای استوایی گرده نارس با بزرگنمایی ۴۰۰۰ (C) تزیینات سطح اگزین با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰

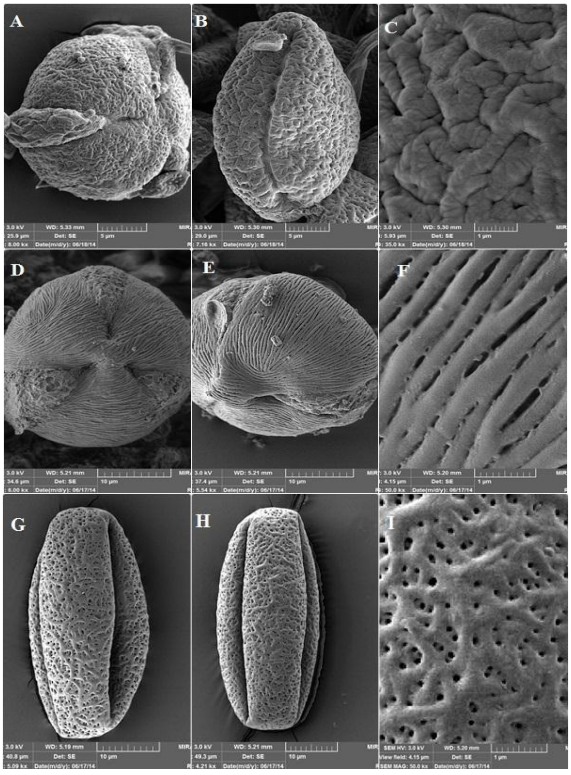
(D-F) *A.velutinum*: (D) نمای استوایی با بزرگنمایی ۶۰۰۰ (E) نمای استوایی گرده نارس با بزرگنمایی ۴۰۰۰ (F) تزیینات اگزین با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰

(G-I) *A. cappadocicum*: (G) نمای استوایی با بزرگنمایی ۵۰۰۰ (I) نمای قطبی با بزرگنمایی ۵۰۰۰ (I) تزیینات اگزین با بزرگنمایی ۳۰۰۰

1. Elliptic



شکل ۳- دانهٔ گردهٔ گونه‌های افرا عکس‌برداری‌شده با میکروسکوپ الکترونی FESM
(A-C) *A.hyrcanum*: (A) نمای استوایی با بزرگنمایی ۵۰۰۰
(B) نمای استوایی گرده نارس با بزرگنمایی ۴۰۰۰
(C) تزیینات سطح اگزین با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰
(D-F) *A.campestre*: (D) نمای استوایی با بزرگنمایی ۶۰۰۰
(E) نمای استوایی گرده نارس با بزرگنمایی ۴۰۰۰
(F) تزیینات اگزین با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰
(G-I) *A.monsspesulanum*: (G) نمای استوایی با بزرگنمایی ۵۰۰۰
(H) نمای قطبی با بزرگنمایی ۵۰۰۰
(I) تزیینات اگزین با بزرگنمایی ۳۰۰۰



شکل ۴- دانهٔ گردهٔ گونه‌های افرا عکس‌برداری‌شده با میکروسکوپ الکترونی FESM
(A-C) *A.negunda variegatum*: (A) نمای قطبی با بزرگنمایی ۸۰۰۰ (B) نمای استوایی با بزرگنمایی ۷۰۰۰
(C) تزیینات سطح اگزین با بزرگنمایی ۳۵۰۰۰
(D-F) *A.platanoides*: (D) نمای قطبی با بزرگنمایی ۶۰۰۰
(E) نمای استوایی با بزرگنمایی ۵۵۰۰
(F) تزیینات اگزین با بزرگنمایی ۵۰۰۰۰-
(G-I) *A.negundo*: (G) نمای استوایی با بزرگنمایی ۵۰۰۰
(H) نمای استوایی با بزرگنمایی ۴۰۰۰
(I) تزیینات اگزین با بزرگنمایی ۵۰۰۰۰

در کولتیوار ابلق دانهٔ گرده مانند گونهٔ اصلی نیمه‌کشیده ولی ناجورقطب است. شکل محور استوایی در نمای قطبی Lobate و وضعیت شیارها از نوع دارای بیرون‌زدگی است. تزیینات اگزین دارای تیپ rugulate است.

بررسی صفات کمّی گرده

نتایج آنالیز واریانس براساس کل صفات بررسی‌شده نشان داد که بین گونه‌ها تفاوت معناداری در سطح ۹۹ درصد وجود دارد مقایسهٔ میانگین‌ها بیانگر آن است که صفات قطر قطبی، طول شیار، نسبت قطر قطبی به استوایی در گونهٔ افرا هیرکانی نسبت به گونه‌های دیگر از مقدار بیشتری برخوردار است (جدول ۲). این در حالی است که صفات قطر استوایی و عرض شیار در گردهٔ افرا پلت مقادیر بیشتری را به خود اختصاص داده است. همچنین در گونهٔ افرا چناری، صفات فاصلهٔ شیار تا قطب و ضخامت اگزین نسبت به گونه‌های دیگر مقادیر

بیشتری را داراست. با بررسی صفت مساحت گرده، بزرگ‌ترین دانهٔ گرده در بین گونه‌های این جنس مختص افرا کرب است. طول محور قطبی در گونه‌ها متفاوت و از ۲۶/۴۳ میکرومتر در افرا زینتی تا ۳۵۴۴ میکرومتر در افرا هیرکانی متغیر است. همچنین دامنهٔ تغییرات محور استوایی از ۱۷/۵۷ میکرومتر در افرا هیرکانی تا ۳۷/۱۶ در افرا پلت مشاهده شد. نسبت طول محور قطبی به استوایی از ۰/۹۴ تا ۲ و ضخامت دانهٔ گرده در جنس افرا از ۱/۰۴ تا ۱/۶ متغیر بود.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار صفات بررسی‌شدهٔ گردهٔ جنس افرا

صفات / گونه	AR	EX	P/E	A	M	CW	CL	E	P
A.velutinum	۱۰۵۸±۸۱a	۱/۵±۰/۴۵a	۰/۹۵±۰/۳۲c	۴/۳۹±۰/۷۱b	۱۹/۴۸±۰/۳b	۴/۵۶±۰/۶۹a	۲۲/۷۲±۳/۴c	۳۷/۱۶±۲/۸۱a	۳۵/۳۲±۲/۷۳a
A.compestre	۱۰۸۱±۱۱۷a	۱/۵۹±۰/۱۷a	۰/۹۴±۰/۳c	۴/۱۴±۰/۷۷b	۲۰/۵۴±۲/۶a	۴/۰۶±۰/۷۲ab	۲۰/۳۱±۳/۱d	۳۵/۵۷±۳/۹۴a	۳۳/۷۱±۳/۴۶a
A.negundo variegatum	۵۶۴±۷۰b	۱/۰۷±۰/۱۲b	۱/۲۵±۰/۳۲b	۲/۹۸±۰/۸۳c	۱۱/۰۸±۳/۷d	۲/۷۲±۰/۵۲de	۲۱/۳۲±۳/۷۷cd	۲۲/۶۱±۳/۴۷e	۲۷/۳۷±۳/۰۶b
A.hyrcanum	۵۴۳±۲۶ d	۱/۰۹±۰/۰۹b	۲/۰۰±۰/۳a	۲/۹۳±۰/۲۹c	۶/۶۲±۰/۲۹e	۲/۴۷±۰/۴۳e	۲۹/۷۱±۰/۸۹a	۱۷/۵۷±۰/۷۳f	۳۵/۴۴±۰/۹۸a
A.monspessulanum	۸۷۲±۱۵۳b	۱/۶±۰/۲۷a	۱/۱۱±۰/۵۶ab	۴/۰۱±۰/۶۲b	۱۴/۵۵±۲/۳۱c	۲/۶۷±۰/۵۴de	۲۴/۳۸±۵/۶b	۳۱/۸۵±۴/۶۹cd	۳۴/۸۶±۲/۹۱a
A.cappadocicu	۷۵۲±۴۵c	۱/۰۴±۰/۴۷b	۱/۲۲±۰/۱۷b	۴/۳۷±۰/۷۲b	۱۶/۱۲±۲/۱۴c	۳/۹۷±۰/۴۷b	۲۶/۹±۲/۳۴ab	۲۹/۰۲±۲/۵۵c	۳۵/۱۴±۲/۵۶a
A.platanoides	۹۸۰±۲۲۲a	۱/۶۷±۰/۱۶a	۰/۹۹±۰/۱c	۶±۱/۹۴a	۱۸/۳۴±۰/۸۷b	۳/۹۷±۰/۵۶b	۱۹/۰۴±۰/۸۵e	۳۴/۶±۴/۲۹ab	۳۳/۹۴±۲/۴۴a
A. negunda	۵۳۲±۷۳d	۱/۲۳±۰/۱b	۱/۱۵±۰/۲۴ab	۴/۰۳±۰/۷b	۱۳/۱۴±۰/۸۴ c	۳/۹۰±۰/۹۶b	۱۶/۱۴±۲/۹g	۲۴/۴۵±۳/۸de	۲۶/۴۳±۲/۸۴b
A.palmatum	۵۶۷±۵۰d	۱/۱۶±۰/۲۳b	۱/۱۱±۰/۱۴ab	۴/۶۱±۰/۶۸b	۱۱/۷۶±۰/۹۴d	۳/۲۳±۰/۲۸cd	۱۸/۱۷±۲/۷۲f	۲۵/۸۱±۲/۲۵d	۲۸/۵۲±۲/۶۸ b

طول محور قطبی (p)، طول محور استوایی (E)، نسبت طول محور قطبی به استوایی (P/E)، ضخامت اگزین (EX)، طول آپوکلیپوم (فاصلهٔ شیار تا قطب) (A)، طول مزوکلیپوم (فاصلهٔ دو شیار) (M)، طول شیار (CL)، عرض شیار (CW) و مساحت (A)

به‌منظور تعیین مهم‌ترین صفات ایجاد تمایز بین گونه‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. نتایج نشان داد که دو مؤلفهٔ اول حدود ۷۴/۲۳ درصد واریانس‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. در تشکیل مؤلفهٔ اول صفت قطر استوایی، عرض شیار، فاصلهٔ دو شیار، فاصلهٔ انتهای شیار تا قطب، نسبت قطر قطبی به استوایی و مساحت گرده دارای همبستگی و اهمیت بیشتری در مقایسه با صفات دیگر بودند. در تبیین مؤلفهٔ دوم، صفات قطر قطبی و طول شیار اهمیت بیشتری داشتند (جدول ۳).

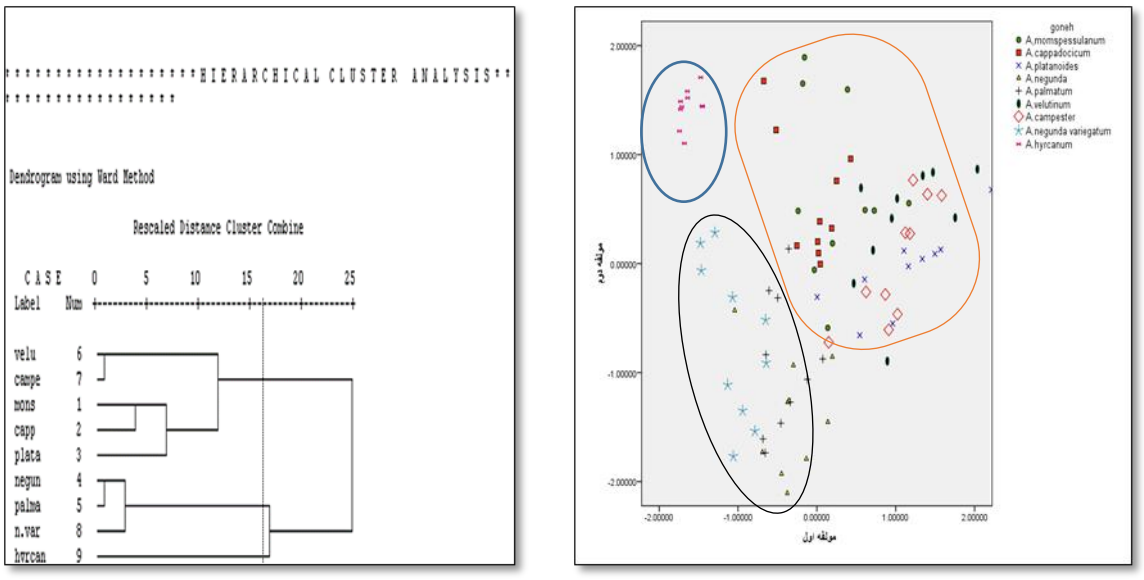
نمودار پراکنش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفهٔ اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تنها توانست پایه‌های درختی گونهٔ افرا هیرکانی را از گونه‌های دیگر تفکیک کند؛ درحالی که گونه‌های دیگر همپوشانی زیادی داشتند (شکل ۴ الف). به‌منظور بررسی توانایی گرده در تفکیک گونه‌ها دندروگرام خوشه‌ای با استفاده از روش Ward رسم شد (شکل ۴ ب). براساس دندروگرام، گونه‌ها در سه خوشهٔ اصلی تقسیم شده‌اند. گونه‌های غیربومی همانند افرا زینتی، افرا سرخ و افرا ابلق در یک خوشه، افرا کرکو، کرب و پلت در خوشهٔ دیگر و افرا هیرکانی در خوشه‌ای مجزا قرار گرفتند. بیشترین حد تشابه بین دو گونهٔ پلت و کرب و دورترین خویشاوندی مربوط به گونه‌های هیرکانی و کرکو بود (جدول ۴).

ضرایب استاندارد آنالیز تشخیص (جدول ۵) نشان داد صفت مساحت گرده نسبت به دیگر صفات کمّی، اهمیت بیشتری در تفکیک گونه‌ها دارد و صفت طول شیار در تفکیک گونه‌ها مؤثر نیست. همچنین تابع‌های اول و دوم ۷۸/۶ درصد واریانس را به خود اختصاص داده‌اند که سهم تابع اول ۵۶/۸ درصد است. در مورد تابع اول صفات مساحت گرده، فاصلهٔ دو شیار از یکدیگر و طول محور استوایی بیشترین سهم را در

بین واریانس‌ها دارند که بیانگر همبستگی با تابع اول و اهمیت این صفات در تفکیک گونه‌هاست. در تبیین تابع دوم صفت قطر قطبی ۲۱/۸ درصد واریانس را به خود اختصاص داده که نسبت به تابع اول از اهمیت کمتری در تفکیک گونه‌ها برخوردار است.

جدول ۳- ریشه‌های مخفی صفات گرده در دو مؤلفهٔ اول

صفات	مؤلفهٔ اول	مؤلفهٔ دوم
طول محور قطبی	۳۵۰/۰	**۹۰۵/۰**
طول محور استوایی	**۹۵۴/۰**	۰۵۸/۰
طول شیار	۲۸۱/۰-	**۸۷۸/۰**
عرض شیار	**۶۲۴/۰**	۱۴۸/۰-
طول مزوکلیپوم (فاصلهٔ دو شیار)	**۸۸۸/۰**	۱۳۳/۰-
طول آپوکلیپوم (فاصلهٔ شیار تا قطب)	**۶۴۹/۰**	۱۱۷/۰-
ضخامت اگزین	**۶۹۹/۰**	۲۰۳/۰
نسبت طول محور قطبی به استوایی	**۷۵۷/۰**-	۵۲۸/۰
مساحت	**۹۸۵/۰**	۳۴۱/۰
مقادیر ویژه	۶۰۵/۴	۰۷۷/۲
واریانس توجیهی	۱۶۲/۵۱	۰۷۴/۲۳
واریانس تجمعی	۱۶۲/۵۱	۲۳۶/۷۴



ب الف

شکل ۴- الف) نمودار پراکنش پایه‌های درختی بررسی‌شده در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفهٔ اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی؛ ب) دندروگرام حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش ward برمبنای میانگین صفات گردهٔ بررسی‌شده.

جدول ۴- میزان ناهمسانی خوشه‌های حاصل از آنالیز خوشه‌ای با یکدیگر ۱: *A.monsspesulanum* ۲: *A.cappadocicum* ۳: *A.platanoides* ۴: *A.negundo* ۵: *A.palmatum* ۶: *A.velutinum* ۷: *A.campestre* ۸: *A.negundo variegatum* ۹: *A.hyrcanum*

گونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	۰/۰۰۰	۸/۰۸۴	۱۰/۶۹۴	۱۶/۸۵۱	۱۱/۷۸۳	۱۶/۱۰۹	۱۳/۶۵۹	۱۵/۳۹۸	۲۴/۲۶۱
۲		۰/۰۰۰	۱۴/۴۵۷	۳/۷۱۵	۹/۳۶۰	۱۳/۱۰۲	۱۴/۴۷۳	۱۲/۵۹۴	۱۹/۰۳۳
۳			۰/۰۰۰	۱۷/۳۰۸	۱۵/۰۳۸	۱۳/۵۸۸	۱۳/۰۷۲	۱۳/۵۸۷	۵۱/۸۶۸
۴				۰/۰۰۰	۲/۲۹۷	۱۷/۱۱۲	۱۳/۵۲۹	۶/۵۳۷	۳۳/۱۳۰
۵					۰/۰۰۰	۱۷/۹۲۴	۱۴/۹۷۹	۴/۹۱۳	۲۵/۵۸۹
۶						۰/۰۰۰	۱/۲۹۱	۲۶/۴۰۱	۴۵/۵۰۷
۷							۰/۰۰۰	۲۲/۱۹۳	۴۴/۸۴۹
۸								۰/۰۰۰	۱۵/۷۱۴
۹									۰/۰۰۰

جدول ۵- ضرایب استانداردشدهٔ آنالیز تشخیص

	تابع							
صفات گرده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
طول مزوکلیپوم	*-۰/۶۴۷	-۰/۰۳۹	۰/۱۰۷	۰/۷۱	۰/۵۷	-۰/۴۶۰	۰/۴۷۱	۰/۳۵۶
طول محور استوایی	*-۰/۶۳۸	۰/۰۴۴	-۰/۳۰۶	۰/۱۸	-۰/۲۶	۰/۴۷۴	۰/۴۶۷	۰/۲۳۳
مساحت	*-۰/۶۲۲	۰/۴۱۴	-۰/۴۱۲	۰/۴۳	۰/۱۳۵	۰/۴۰۴	۰/۲۵۴	-۰/۱۵۶
طول محور قطبی	-۰/۱۶۱	۰۶۰۶	-۰/۳۰۲	-۰/۴۳۳	۰/۱۴۹	۰/۲۹۰	۰/۳۳۰	۰/۳۳۵
ضخامت اگزین	-۰/۲۸۹	۰/۱۰۳	-۰/۶۰۷*	۰/۳۷۸	۰/۰۲۶	-۰/۲۱۹	-۰/۴۱۵	۰/۴۱۷
a طول شیار	-۰/۰۵۳	۰/۳۷۱	-۰/۰۶۹	-۰/۴۲۳*	-۰/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۲۱۱	۰/۰۸
طول آپوکلیپوم	-۰/۲۱۰	-۰/۱۱۶	-۰/۱۹۸	۰/۰۲۹	۰/۹۱*	۰/۱۷۷	۰/۱۷۶	-۰/۰۲
عرض شیار	-۰/۳۲۶	-۰/۰۳۴	۰/۴۲۳	۰/۲۳۸	۰/۳۹۰	۰/۲۵۳	۰/۶۲۷*	۰/۲۱۸
نسبت طول قطبی به استوایی	۰/۵۲۶	۰/۵۴۴	۰/۰۹۵	-۰/۱۴۵	۰/۱۷۲	-۰/۱۷۳	۰/۵۷۷*	۰/۰۷۲
مقدار ویژه	۹/۱۳۳	۳/۵۰۶	۱/۴۳۹	۱/۲۶۱	۰/۵۲۸	۰/۱۸۴	۰/۳۳	۰/۰۱
واریانس توجیهی	۵۶/۸	۲۱۰/۸	۸۰/۹	۷۰/۸	۳۰/۳	۱/۱	۲	۰
واریانس تجمعی	۵۶/۸	۷۸۰/۶	۸۷۰/۵	۹۵۰/۴	۹۸۰/۶	۹۹/۸	۱۰۰	۱۰۰

*: قدر مطلق بیشترین واریانس

گروه‌بندی براساس آنالیز تشخیص نیز تا ۸۰ درصد نتایج گروه‌بندی هرگونه را براساس صفت گرده تأیید کرد که در این میان گروه‌بندی ۱۰۰ درصدی گونه‌های افرا کرکو، افرا هیرکانی، افرا سرخ و افرا شیردار شایان توجه بود (جدول ۶).

بررسی میزان پلاستیسیتی صفات نشان از تأثیرپذیری زیاد صفات فاصلهٔ شیار تا قطب، عرض شیار و طول شیار گرده دارد، درحالی که صفتی همچون طول محور قطبی پلاستیسیتی کمتری در مقایسه با دیگر صفات از خود نشان داد. روند تغییرات پلاستیسیتی در بین گونه‌ها تا حدودی مشابه بود، ولی گونهٔ افرا ابلق تغییرات بیشتری را نسبت به گونه‌های دیگر و گونهٔ افرا هیرکانی روند تغییرات کمتری را نسبت به گونه‌های دیگر نشان داد.

جدول ۶- نتایج گروه‌بندی آنالیز تشخیص براساس صفات گرده

گروه	تعداد کل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	درصد کل
۱	۱۰	۱۰	۰	۰		۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۲	۱۰	۰	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۳	۱۰	۰	۱	۷	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۷۰
۴	۱۰	۰	۰	۰	۸	۲	۰	۰	۰	۰	۸۰
۵	۱۰	۰	۰	۰	۰	۱۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۶	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶	۴	۰	۰	۶۰
۷	۱۰	۰	۰	۱	۰	۰	۳	۶	۰	۰	۶۰
۸	۱۰	۰	۰	۰	۲	۲	۰	۰	۵	۱	۵۰
۹	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۰۰
صحت گروه‌بندی:									۸۰		

۱: *A.monsspesulanum* ۲: *A.cappadocicum* ۳: *A.platanoides* ۴: *A.negundo* ۵: *A.palmatum* ۶: *A.velutinum* ۷: *A.campestre* ۸: *A.negundovariegatum*

بحث

تعیین ویژگی‌های منابع ژنتیکی از راه دسترسی به سیستم‌های نشانگرهای مولکولی بسیار تسهیل شده است (Salehi Shanjani, et al., 2011)، ولی این موضوع از ارزش صفات مورفولوژیکی و میکرومورفولوژی نمی‌کاهد. برخلاف صفات پیوسته مانند مقاومت به تنش‌ها و عملکرد که در بین افراد یک جمعیت ممکن است متفاوت باشد، فرض بر این است که با استفاده از صفات ناپیوسته (خصوصیات شکلی) می‌توان جمعیت‌های مختلف را از هم جدا کرد (Abbasi et al., 2014). از مطالعات گرده‌شناسی به‌عنوان یکی از صفات ریزریخت‌شناسی در پژوهش‌های تاکسونومی گوناگونی استفاده شده است (Nazeri, 2008; Zamani et al., 2010). با استفاده از صفات دانهٔ گرده می‌توان با دقت به‌نسبت خوبی تاکسون‌های مختلف را در سطح گونه تفکیک کرد. همچنین با توجه به تفاوت‌هایی در تزیینات سطح دانهٔ گرده می‌توان از این ویژگی در تفکیک گونه‌های بررسی‌شده استفاده کرد (Panahi et al., 2011; Babayi et al. 2012). پژوهش حاضر نشان داد که شکل دانه‌های گرده و خصوصیات کمی و کیفی آن، برای شناسایی و تفکیک گونه‌های جنس Acer حائز اهمیت است. Akdoğan et al., (2013) با بررسی گردهٔ پنج گونه از جنس افرا، صفات کمّی همچون نسبت طول محور استوایی به محور قطبی، محور استوایی و محور قطبی را به‌عنوان صفات مهم در تفکیک دانه‌های گرده در جنس افرا معرفی کردند که با نتایج این پژوهش همسو بود. همان‌طور که گونه‌های افرا کرب و افرا پلت ساختار مورفولوژیکی مشابهی دارند (Sabeti, 1994)، به لحاظ ریخت‌شناسی گرده نیز نزدیکی زیادی را نشان دادند، به‌طوری که ماتریس ناهمسانی نیز نشان‌دهندهٔ بیشترین شباهت بین دو گونهٔ یادشده است که با نتایج تحقیق Nikzat Siahkolaee et al. (2017) در این زمینه یکسان بود. با این‌حال نوع تزیینات دانهٔ گرده که یکی از صفات مهم گرده‌شناسی محسوب می‌شود، در افرا کرب خطدار (Strate) است، ولی در افرا پلت (Strate reticular) است. همچنین از نظر شکل کلی گرده در صفات شاخص به‌همراه تزیینات سطح قطبی تا حدودی گردهٔ دو گونهٔ یادشده را از هم

متمایز می‌سازد. گونهٔ افرا هیرکانی نیز براساس صفات تزیینات سطح اگزین، طول محور قطبی، استوایی و مساحت از دو گونهٔ یادشده به‌دلیل ریخت‌شناسی مشابه به‌خصوص با گونهٔ افرا پلت در شکل برگ، تفکیک‌پذیر شده است. این گونه بیشترین تفاوت را از نظر خصوصیات گرده با گونهٔ افرا چناری دارد. این درحالی است که رویشگاه و خاستگاه اکولوژی این دو گونه کاملاً شبیه به هم است که براساس آن می‌توان نتیجه گرفت در شرایط آب‌وهوایی یکسان، میان خصوصیات کیفی گردهٔ دو گونهٔ مختلف ممکن است تفاوت زیادی وجود داشته باشد (Akgül et al., 2008). تجزیه به عوامل نیز نشان داد که صفات طول محور استوایی، طول محور قطبی، مساحت گرده، ضخامت مزوکلیپوم، طول آپوکلیپوم و نسبت طول محور قطبی به استوایی بیشترین تنوع را در میان گونه‌ها دارند. Philbrick & Bogle (1981) نیز به اهمیت صفات مذکور در شناسایی گونه‌های جنس افرا اشاره کرده‌اند. همچنین دربارهٔ تزیینات اگزین به نظر می‌رسد که exine از لحاظ تفکیک درون‌جنسی مهم است، به‌طوری که Biesboer (1975) چهار نوع را در بین ۴۰ گونه تشخیص داد که یافته‌های تحقیق حاضر نیز همین موضوع را نشان داد. از سوی دیگر مقایسهٔ صفات کمی و کیفی نشان می‌دهد که دانهٔ گردهٔ افرا هیرکانی در مجموع دارای بیشترین اختلاف با گونه‌های دیگر است. نتایج پلاستیسیتهٔ دانهٔ گرده مشخص کرد که صفت طول محور قطبی کمترین تأثیرپذیری از محیط را داشته است.

می‌توان گفت که صفت‌های طول محور قطبی و نسبت طول محور قطبی به استوایی به‌دلیل تأثیرپذیری کم از محیط و بیشترین تنوع در میان گونه‌ها، بهترین صفات کمّی در تفکیک گونه‌ها و صفت تزیینات سطح اگزین مناسب‌ترین صفت کیفی برای تفکیک گونه‌های جنس افراست. همچنین نتایج آنالیز تشخیص با تفکیک بیشتر از ۸۰ درصد، صفت مساحت گرده را صفت مناسبی برای تفکیک گونه‌ها دانست. شناسایی گرده‌های گونه‌های بررسی‌شده به‌شرح زیر است:

۱ الف) طول محور استوایی (p) کوچک‌تر از ۳۲ میکرومتر ۲

۱ب) طول محور استوایی (p) بزرگ‌تر از ۳۲ میکرومتر ۴

۲ الف) شکل دانهٔ گرده (P/E): نیمه‌کشیده ۳

۲ب) شکل دانهٔ گرده (P/E): کروی کشیده، تزیینات اگزین به‌صورت شیارهای باریک طولی ..... *A.palmatum*

۳ الف) دارای تقارن شعاعی، تزیینات اگزین به‌صورت مشبک دارای حفره‌هایی با قطر کمتر از ۱ میکرومتر ..... *A. negundo*

۳ ب) نبود تقارن شعایی، تزیینات اگزین به‌صورت منظم (regulate)، شیارها دارای برآمدگی ..... *A.negundo variegatum*

۴ الف) تزیینات اگزین به‌صورت شیارهای باریک طولی ۵

۴ ب) تزیینات اگزین دارای ساختمان شبکه‌ای که حجره‌ها را شیارهای موازی در بر گرفته است ۷

۵ الف) شکل دانهٔ گرده (P/E): کروی مخروطی ۶

۵ ب) شکل دانهٔ گرده (P/E): کروی کشیده، ناجورقطب، شکل محور استوایی در نمای قطب بیضی ..... *A. monspesulanum*

۶ الف) شکل محور استوایی در نمای قطب دایره‌ای ..... *A.campestre*

۶ ب) شکل محور استوایی در نمای قطب لب‌دار.....*A.platanoides*
۷ الف) دارای تقارن شعایی، شکل دانهٔ گرده (P/E) کشیده، شکل محور استوایی بیضی.....*A.hyrcanum*
۷ ب) نبود تقارن شعاعی.....۸
۸ الف) شکل دانهٔ گرده کروی مخروطی، شکل محور استوایی در نما قطبی دایره‌ای.....*A.Velutinum*
۸ ب) شکل دانهٔ گرده کروی نیمه‌کشیده.....*A.cappadocicum*

References

Abbasi, P., Soltani, A., & Hashemzadeh Segherloo, I. (2014). Separation of Brant`s oak (*Quercus brantii*) populations using macro-morphologic leaf indices. *Iranian Journal of Forest, 6* (1), 59-74.

Akdoğan, S., Erkuş, Z., Türkmen, Y., Çetinkaya, A., Sözen, Z., Kavaklı, B., & Çeter, T. (2013). Pollen morphology of some Acer L. (Aceraceae) species growing in parks, gardens and natural environments in kastamonu. *Mellifera, 13(25), 6-15.*

Akgül, G., Ketenoglu, O., Pinar, N. M., & Kurt, L. (2008). Pollen and seed morphology of the genus Marrubium (*Lamiaceae*) in Turkey. *In Annales Botanici Fennici*, *45*(1), 1-10.

Babayi, F., Pakravan, M., Maassoumi, A. A., & Tavasoli, A. (2012) Palynological study of *Salix* L. (Salicaceae) in Iran. *Iranian Journal of Botany*, *18* (1), 118-126.

Biesboer, D.D. (1975). Pollen morphology of the Aceraceae. *Grana, 15(1-3), 19-28.*

De Jong, P.C. (2004) World Maple Diversity. *International Maple Symposium*. Gloucestershire, England, Westonbirt Arboretum and Royal Agricultural College.

Erdtman, G. (1960). The acetolysis method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift, 39, 561-564.*

Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., & Donoghue, M.J. (2002). Plant Systematics: A Phylogenetic Approach, *2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA*. 576 pp.

Kodzumy, G. (1911). Revisio Aceracearum Japonicarum. *Journal of the College of Science, 32,* 1–75.

Lama, D., Moktan, S., & Das, A.P. (2015). Diversity of pollen morphological characters in *Acer Linnaeus* (Sapindaceae) from Darjiling and Sikkim Himalayas. *Biodiversity in Indian Tropical Ecosystem,* 153-165.

Murry, A. E. (1970). Amonograph of the Aceraceae. Ph.D. Thesis, Biology Department. Pennsylvania State University, Philadelphia Croatica.

Nazeri, J.V. (2008). Pollen morphology of the genus Malus (Rosaceae). *Iranian journal of science and technology, 32*(2), 89-97.

Nikzat Siahkolaee, S., Sheidai1, M., Assadi, M., & Noormohammadi, Z. (2017). Pollen morphological diversity in the genus Acer L. (Aceraceae) in Iran. *Acta Biologica Szegediensis, 61*(1), 95-104

Ogata, K. (1967). A systematic Study of the genus Acer. *Bulletin Tokyo University of Forests, 63,* 89-206.

Philbrick, C. T., & Bogle, A. L. (1981). The pollen morphology of the native New England species of the genus Acer (Aceraceae). *Rhodora, 83,* 237-258.

Panahi, P., Pourmajidian, M.R., Jamzad, Z., & Fallah, A. (2011). Importance of micromorphological characteristics of foliar and pollen grains for delimitation of Oak species in Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19* (1), 164-179.

Philbrick, C.T., & Bogel, A.L. (1981). The pollen morphology of the New England species of the genus Acer (Aceraceae). *Rhodora, 83* (834), 237-258.

Pozhidaev, A. (1993). Polymorphism of Pollen in the Genus Acer (Aceraceae): Izomorphizm of Deviate Form of Angiosperm Pollen, *Grana, 32*, 79-85.

Sabeti, H. (1994). Forests, trees and shrubs of Iran. University of Yazd, Iran. 810 pp.

Salehi Shanjani, P., Asareh, M.H. & Calagari, M. (2009). Study of molecular and morphological characteristics of seeds from forked and unforked trees beech (*Fagus orientalis Lipsky*). *Iranian Journal of Forest, 1* (4), 361-377.

Shabanian, N., Alikhani, L., Badakhshan, H., & Rahmani, M.S. (2014). Assessment of diversity in Quercus brantii populations of the north Zagros forests using morphological and molecular ISSR and IRAP markers. *Iranian Journal of Forest, 6* (3), 321-338.

Solomon, A. M. (1983). Pollen morphology and plant taxonomy of red oaks in eastern North America. *American Journal of Botany, 70*(4), 495-507.

Tian, X., Jin, Q., Li, D., Wei, Z., & Xu, T. (2001). Pollen Morphology of Aceraceae and Its Systematic Implication. *Acta Botanica Yunnanica, 23*(4), 457-465.

Wodehouse, R.P. (1935). Pollen Grains-Their Structure, Identification and Significance in Science and Medicine. Jama Publication Company, New York, USA.

Zamani, A., Attar, F., & Maroofi, H. (2010). Pollen morphology of the genus Pyrus (Rosaceae) in Iran. *Acta Biologica Szegediensis, 54* (1), 51-56.

Iranian Journal of Forest
Vol. 11, No. 4, Winter 2020
pp. 505-518

Research Article

Pollen grain morphology of some indigenous and non- native species of genus Acer L. in Iran

F. Moghbel esfahani[1], V. Payamnoor [2*], and A. Sattarian[3]

[1]Msc graduated, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran,
[2*]Associate prof, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran,
[3]Associate Prof, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavus, Gonbad, I. R. Iran,

(Received: 21 May 2019, Accepted: 10 October 2019)

Abstract

In this study, morphology and pollen grain diversity of eight maple species including *Acer negundo, A.palmatum, A.monsspesulanum, A.velutinum, A.cappadocicum, A.campestre, A.tanoide L, A.hyrcanum* and a cultivar of *A.negundo (A.negundo variegatum)* were studied to examine their roles in this genus and to find the diagnostic attributes. The results showed that pollen grains of this genus are tricolpate and are of medium size, often heteropolar with no radial symmetry, and are classified in plicate class. Studying the quantitative traits by using one-way analysis of variance and cluster analysis showed a high inter-specific variations among the traits. In the principal component analysis, the distance of two pollen lengths from each another, the length of the equatorial diameter of the pollen grain, the window environment, and the window area were determined to separate the existing species. In order to test the accuracy of the analysis, the detection analysis was used, which confirmed up to 80% of the results of grouping of each species is based on the pollen attributes.

Keywords: Maple Pollen grain, taxonomy, Detection traits, diversity.

∗Corresponding author Tel: +989113735812 Email: mnoori56@gmail.com