بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و تشریحی گل نر، مراحل تکوین بساک و دانه گرده در پسته خوراکی (*Pistacia vera* L.)

نجمه حسینی، الهه زمانی بهرام‌آبادی و فرخنده رضا نژاد*

کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۶

چکیده

پسته خوراکی (*Pistacia vera* L.) از گونه‌های مهم سرده *Pistacia* L. و تیره Anacardiaceae است. با هدف توسعه دانش در مورد این گونه ارزشمند، ویژگی‌های ریخت‌شناسی و تشریحی گل نر، مراحل تکوین بساک و دانه گرده آن با روش‌های سلول‌بافت‌شناسی مانند تهیه برش و مشاهده با میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی بررسی شد. نتایج نشان داد که گل‌های نر در گل‌آذین خوشه دارای ۶-۴ پرچم، ۲ یا ۳ کاسبرگ و ۱-۰ براکته می‌باشند. دو کیسه هر سمت (تکای) بساک از یکدیگر بطور کامل جدا هستند و شکوفایی آنها بصورت طولی و عمقی از محل رابط می‌باشد. تقسیم سیتوپلاسم طی میوز سلول‌های مادر میکروسپور، بطور همزمان رخ می‌دهد، تتراد حاصل از نوع چهار وجهی و لایه تاپی از نوع ترشحی است. تعداد لایه‌های سلولی لایه میانی سه یا بیشتر بوده که بطور قابل توجهی پایا بوده و در مراحل پایانی بلوغ همراه با لایه تاپی یا حتی در زمان شکوفایی بساک از بین می‌روند. لایه مکانیکی با تزئینات فیبری می‌باشد و اپیدرم روی آن قرار دارد. دانه‌های گرده، کروی و دارای ۵-۳ منفذ رویشی و تزئینات سوراخ‌دار هستند.

واژه‌های کلیدی: پسته، تشریح، تکوین، دانه گرده، گل نر

* نویسنده مسئول، تلفن : ۰۳۴۱-۳۲۲۲۰۳۲ پست الکترونیکی: frezanejad@mail.uk.ac.ir

مقدمه

پسته‌ی خوراکی یا *Pistacia vera*، از تیره Anacardiaceae و راسته‌ی Sapindales است (۶). تیره Anacardiaceae به پنج طایفه تقسیم شده که سردهٔ *Pistacia* L. در طایفه‌ی Rhoeae قرار دارد (۱۱). این سرده تک‌نیا (Monophiletic) و بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ، دارای دو بخش Pistacia و Lenticella است و پسته در بخش Pistacia قرار داده شده است (۶). سردهٔ پسته توسط Zohary (۱۹۵۲) به یازده گونه طبقه‌بندی شده (۲۷) اما مطالعات جدیدتر این سرده را دارای نه گونه و پنج زیرگونه می‌دانند (۶). بر اساس صفات ریخت‌شناسی، پسته (*P. vera*) را قدیمی‌ترین گونهٔ این سرده می‌دانند (۹).

P. vera گونه‌ای درختی، دوپایه و دارای برگ‌های مرکب شانه‌ای است که در پاییز می‌ریزند (۶). هر برگ دارای یک جوانهٔ منفرد در زاویهٔ خود است که اغلب این جوانهٔ جانبی به پریموردیم گل‌آذین متمایز می‌گردد (۱۵)، هر گل آذین نر ۵۰۰-۴۵۰ و هر گل آذین ماده ۲۵۰-۱۵۰ گل دارد (۷). ارتفاع این درخت ممکن است به ۱۰-۷ متر برسد و عمر بسیار طولانی دارد (۷). زمانی که گل ماده باز می‌شود سطح کلاله پذیرای گرده است و تولید میوه و دانه بطور معمول بدنبال گرده‌افشانی موفق صورت می‌گیرد. جوانهٔ گل‌آذین ماده، واقع روی یک شاخه‌ی چوبی یکساله، اوایل فروردین شروع به تورم می‌کند و در طول دو هفته‌ی آخر فروردین، ۱۰۰ تا ۳۰۰ گل داخل هر گل‌آذین گرده‌افشانی

می‌شوند (۱۵). مطالعات ریخت‌شناسی و تکوینی گل ماده و رویان‌زایی در سردهٔ *Pistacia* L. (۴، ۶، ۸، ۱۶) و در گونهٔ *P. vera* (۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۴) توسط محققان مختلف انجام شده است. بعنوان مثال در گزارش‌های Endress و Bachelier (۲۰۰۷) در مورد سردهٔ *Pistacia* L. مشخص شده است که گل ماده ۸-۵ زائدهٔ کاسبرگ مانند دارد، مادگی دارای تخمدان کروی حجیم با خامه کوتاه و کلاله سه شاخه (در هر شاخه دارای دو لوب) می‌باشد. Grundwag (۱۹۷۶) گزارش کرد که در این سرده مادگی، تک‌خانه و دارای یک تخمک قاعده‌ای واژگون، تک لایه و پرخورش است. کیسه‌ی رویانی در این سرده (۱۶) و گونه (۱۸) تیپ علف هفت‌بند (*Polygonum*) را دارد. اما این مطالعات در مورد گل نر بمیزان کمتری وجود دارد (۶، ۷، ۸، ۲۲، ۲۵، ۲۶). بیشتر این بررسی‌ها روی ساختار ریختی بودند و نمو گل در پسته کمتر مطالعه شده است. مطالعات ریخت‌شناسی دانه‌ی گرده‌ی پسته توسط محققان مختلفی انجام شده است و نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که ریخت‌شناسی آن در بین واریته‌های مختلف، متنوع است (۵، ۱۲، ۲۵، ۲۶).

دانه‌های پسته، باعث اهمیت اقتصادی ویژه‌ی سردهٔ *Pistacia* L. در تیره‌ی Anacardiaceae شده‌اند. طبق گزارش‌های بانک اطلاعات مولکولی پسته ایران در سال ۱۳۸۷، پسته اولین محصول صادراتی غیرنفتی ایران است (۱). تاکنون مطالعات و روش‌های متعددی بمنظور توسعه‌ی دانش و آگاهی در مورد این گونهٔ ارزشمند و همچنین تشخیص تفاوت‌ها بین واریته‌های مختلف آن انجام شده‌است، اما بررسی‌های ریخت‌شناسی و تکوینی گل، بخصوص گل نر بسیار محدودند. صفات مهم اندام‌های زایشی و همچنین مطالعهٔ مراحل تکوینی گامتوفیت‌ها جایگاه بزرگی در علم گیاه‌شناسی دارند و از ابزار مناسب برای شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان هستند. بنابراین بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و تشریحی گل نر و مراحل تکوینی بساک و دانه‌ی گرده در پسته، بعنوان هدف این پژوهش در نظر گرفته شد.

مواد و روشها

نمونه‌برداری از گل‌ها، در فصل بهار، از منطقه‌ی نوق رفسنجان انجام شد. این منطقه، بین ˝۱۶ ˚۵۵ تا ˝۲ ˚۵۶ طول شرقی و ˝۳۶ ˚۳۰ تا ˝۱۴ ˚۳۱ عرض شمالی در شمال شهرستان رفسنجان واقع شده است (۲). بمنظور مطالعهٔ مراحل نموی بساک، نمونه‌برداری از جوانهٔ گل‌آذین نر تا زمان باز شدن بساک‌ها و گرده‌افشانی انجام شد.

ریخت‌شناسی گل آذین و گل نر با استفاده از میکروسکوپ تشریحی بررسی شد.

برای مطالعات تشریحی و نموی، نمونه‌ها بوسیلهٔ محلول FAA (۹۰٪ اتانول ۷۰+ ۵٪ فرمالدهید+ ۵٪ اسید استیک) بمدت ۷۲-۲۴ ساعت تثبیت و بعد بمدت ۲۴ ساعت زیر آب جاری قرار داده شدند. نمونه‌ها در سری‌های رو به افزایش اتانول آب‌گیری (Dehydration) و در نهایت در الکل ۷۰ درصد تثبیت شدند. برای پارافین‌دهی، ابتدا آب‌گیری نمونه‌ها با استفاده از اتانول ۷۰ انجام شد، سپس تولوئن (حلال پارافین) بتدریج جایگزین اتانول موجود در بافت‌ها گردید، به این ترتیب که: نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در محلول‌هایی با میزان رو به افزایش تولوئن قرار داده شدند. سپس بتدریج پارافین جایگزین تولوئن موجود در بافت‌ها گردید، به این ترتیب که نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در محلول‌هایی با میزان رو به افزایش پارافین قرار داده شدند. آنگاه از نمونه‌هایی که حداقل ۲ هفته در پارافین مذاب قرار گرفته بودند، قالب‌گیری انجام شد و برش‌گیری با میکروتوم چرخشی انجام گردید (۱۴). بمنظور رنگ‌آمیزی، ابتدا لام‌ها با تولوئن پارافین‌زدایی شدند. سپس آب‌دهی (Hydration) نمونه‌ها با سری اتانول رو به کاهش و آب مقطر صورت گرفت، نمونه‌ها بمدت

۱۵ دقیقه در سبز سریع قرار گرفتند و بمدت ۳۰ ثانیه با اسید استیک ۱٪ شسته شدند و بمدت ۱۵ دقیقه با سافرانین رنگ گرفتند (۱۳). برای چسباندن نمونه‌ها، ابتدا برش‌ها در آب مقطر و سری اتانول رو به افزایش آب‌گیری و بعد در تولوئن شفاف‌سازی شدند. سرانجام لام‌ها با استفاده از چسب انتالن و لامل دائمی شدند. مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها توسط میکروسکوپ نوری (Olympus BH2 Japan) انجام شد و از نمونه‌های مناسب، توسط دوربین دیجیتال کنن مدل (Canon IXUS 120 IS USA) عکس‌برداری شد.

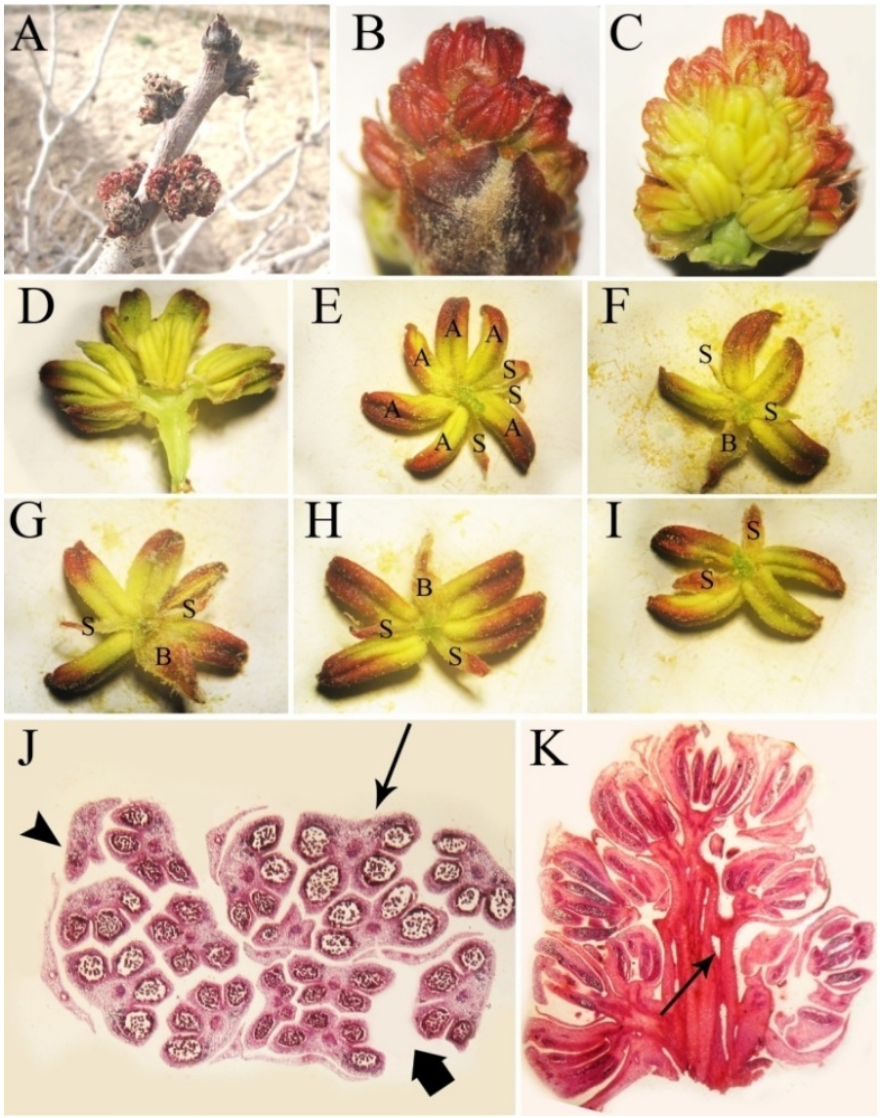
بمنظور بررسی با میکروسکوپ الکترونی نگاره، دانه‌های گرده روی پایه‌های آلومینیومی چسبانده شدند. پایه‌های آماده، با دستگاه پوشش‌دهنده‌ی (SCDOO5BAL-TEC ALCATEL Belgium) میکروسکوپ الکترونی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، با طلا پوشش‌دهی شدند. سپس با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (CamScan Mv2300 SEM CANADA) موجود در دانشگاه شهید باهنر کرمان بررسی و عکس‌برداری شدند.

نتایج

مطالعهٔ ریخت‌شناسی و تشریحی گل‌های نر نشان داد که گل‌آذین‌های نر بصورت خوشه‌ی مرکب قبل از ایجاد برگ‌ها، بصورت جانبی روی شاخه‌ها تشکیل می‌شوند (شکل ۱A). در زمان شکوفایی گل‌ها، بساک‌ها قرمز رنگ هستند و طی مراحل نموی تغییر رنگ می‌دهند. در زمان گرده‌افشانی یا بطور کامل زرد می‌شوند و یا این که قاعدهٔ آنها به رنگ زرد درمی‌آید، ولی نوک آنها همچنان قرمز باقی می‌ماند. تغییر رنگ بساک‌ها از سطح شکمی گل‌آذین آغاز می‌شود و به سطح پشتی می‌رسد (شکل ۱B,C). گل‌های نر دارای ۶-۴ پرچم با بساک بزرگ و حجیم، ۲ یا ۳ کاسبرگ و ۱-۰ براکته می‌باشند که کاسبرگ‌ها و براکته‌ها بر اساس اندازه قابل تشخیص هستند. میله‌ی پرچم‌ها کوتاه و حجیم است و شکوفایی بساک‌ها بصورت طولی و عمقی (در مجاور دسته‌ی آوندی مرکزی بساک) رخ می‌دهد (شکل ۱D-I). برش‌های عرضی گل‌آذین نر تعداد بساک‌ها را در هر گل تأیید کرد، که تعداد ۵ بساک غالب بود. در این برش‌ها تعداد کاسبرگ و براکته و تفکیک آنها از یکدیگر مشخص نبود (شکل ۱J). برش طولی گل‌آذین قرار گرفتن گل‌ها بصورت خوشه را تأیید می‌کند، همچنین مجاری ترشحی در کنار دستجات آوندی دیده می‌شوند (شکل ۱K).

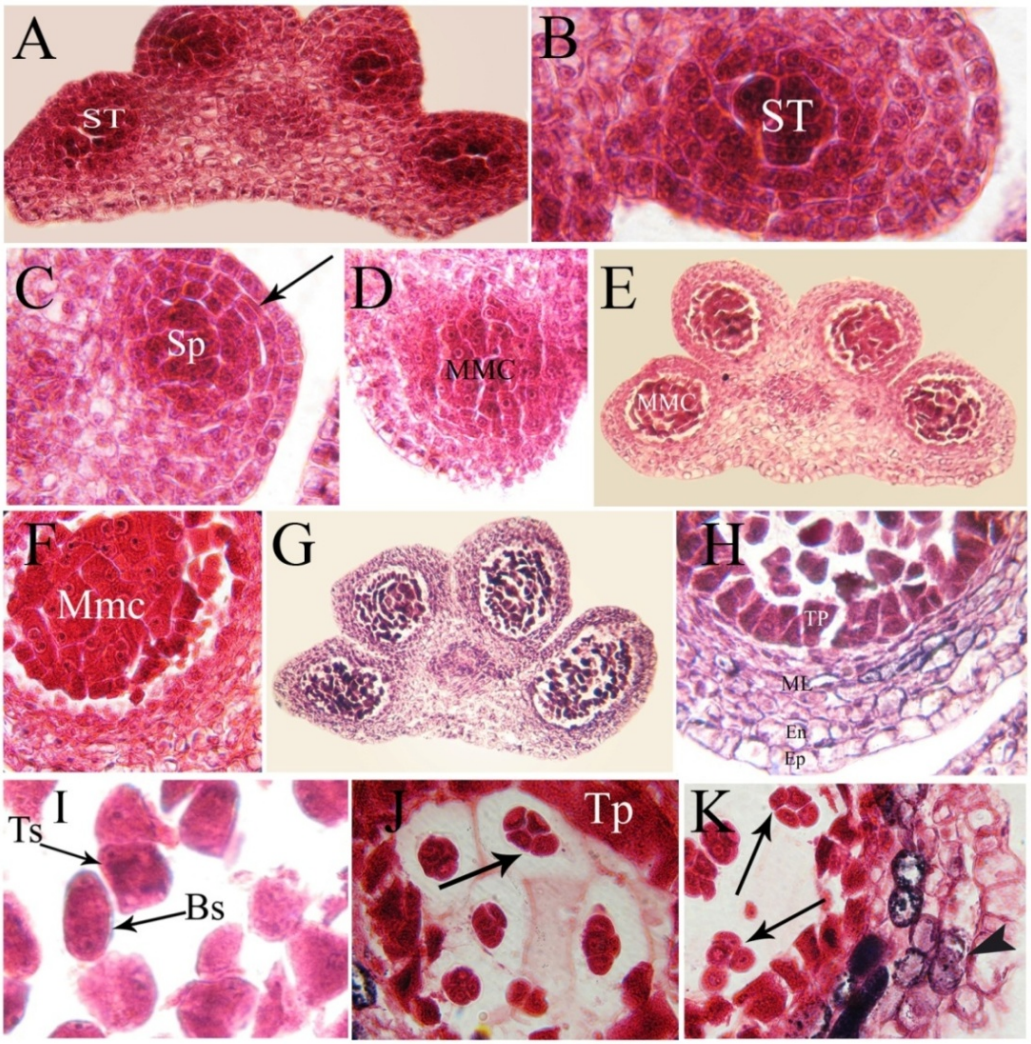
بررسی برش‌های میکروسکوپی نشان داد که تکوین بساک شامل سه مرحلهٔ پیش‌میوزی، میوزی و پس‌میوزی است. در مرحلهٔ پیش‌میوزی از تقسیم و تمایز یک یا چند سلول زیراپیدرمی بساک، دیواره‌ی میکروسپورانژ و بافت هاگزا تولید می‌شود. بافت هاگزا بوسیله‌ی سلول‌های در حال تقسیم با رنگ‌پذیری بالا و سیتوپلاسم متراکم مشخص می‌شود (شکل ۲A, B). فاصلهٔ دو اسپورانژ شکمی نسبت به دو اسپورانژ پشتی بیشتر است و در این مرحله میکروسپورانژهای واقع در یک خانه (Theca) به میزان زیادی از هم جدا هستند و در واقع از هم فاصله دارند، اما در بخش عمقی نیز بوسیله‌ی تیغه (Septum) از یکدیگر جدا می‌شوند. همزمان با تقسیمات بافت هاگزا، تقسیمات مماسی بعضی از سلول‌های حاصل از تقسیم سلول‌های زیر اپیدرمی در جهت تشکیل دیواره‌های بساک صورت می‌گیرد (شکل ۲C). مرحلهٔ پیش‌میوزی با توقف میتوز بافت هاگزا و تغییر شکل سلول‌های هاگزا به سلول‌های مادر میکروسپور کامل می‌شود که سلول‌هایی درشت با هسته‌های حجیم و سیتوپلاسم متراکم هستند (شکل۲D). مرحلهٔ میوزی با فاصله گرفتن سلول‌های مادر میکروسپور از سلول‌های تاپی آغاز می‌شود، در این مرحله فرورفتگی میانی هر خانهٔ بساک بطور کامل عمیق شده و مجاور دسته‌ی آوندی مرکزی بساک می‌رسد، به‌طوری که دو میکروسپورانژ درون یک خانه (تکا) بطور کامل از یکدیگر جدا می‌شوند و تیغه یا سپتوم دیده نمی‌شود (شکل E, 2F). همزمان با میوز I دیواره‌ی پکتوسلولزی سلول‌های

مادر میکروسپور هیدرولیز و بوسیلهٔ دیواره‌های کالوزی جدید جانشین می‌شود که این دیواره‌ها، سلول‌های مادر میکروسپور را از برهم‌کنش بر یکدیگر، طی میوز جدا نگه می‌دارند.



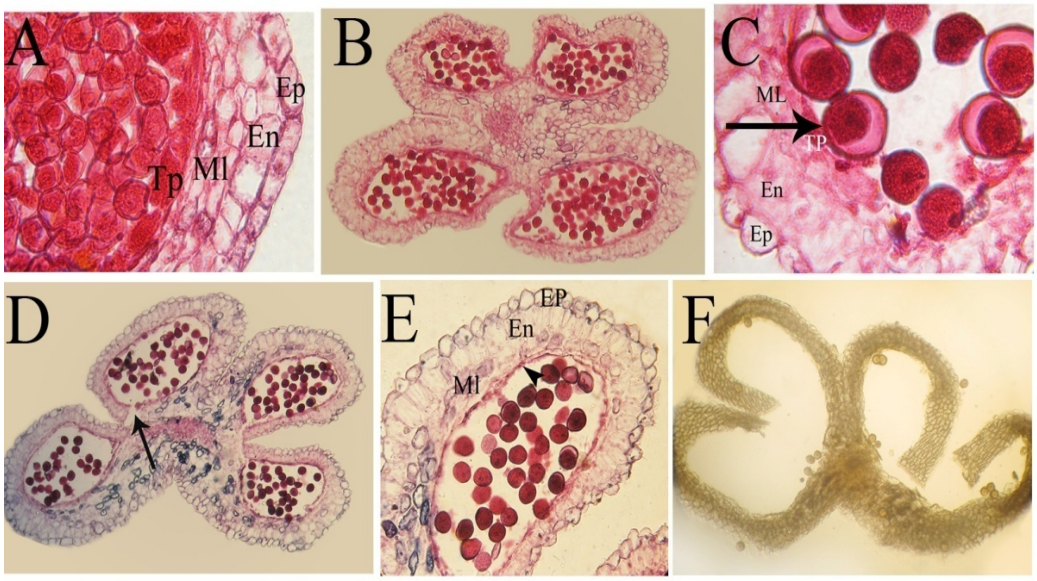
شکل ۱A-K. ریخت و ساختار تشریحی گل‌آذین و گل نر پسته (*P. vera*): A- ظهور گل‌آذین نر قبل از برگ‌ها بصورت جانبی، ۱/۵X، B- سطح پشتی گل‌آذین نر همراه با بساک‌های قرمز، ۳X، C- سطح شکمی گل‌آذین نر که شروع تغییر رنگ بساک‌ها به رنگ زرد را نشان می‌دهد، ۳X، D- سه گل نر بصورت خوشه دارای دمگل‌های کوتاه و بساک‌های حجیم، ۴X، E- گل دارای شش بساک، سه کاسبرگ و فاقد براکته، ۴X، F- گل دارای چهار بساک، دو کاسبرگ و یک براکته، ۴X، G- گل دارای پنج بساک، دو کاسبرگ و یک براکته، ۴X، H- گل دارای چهار بساک، دو کاسبرگ و یک براکته، ۴X، I- گل دارای چهار بساک، دو کاسبرگ و فاقد براکته، ۴X، J- برش عرضی گل‌آذین، پیکان باریک به گل دارای پنج بساک، پیکان قطور به گل دارای چهار بساک و نوک پیکان به گل دارای شش بساک اشاره می‌کنند، ۶X، K- برش طولی گل‌آذین، پیکان به مجاری ترشحی در کنار دستجات آوندی اشاره می‌کند، ۳X (رنگ‌آمیزی با سبز سریع و سافرانین). A= بساک، S= کاسبرگ، B= براکته.

در زمان میوز سلول مادر میکروسپور، دیواره‌ی بساک از اپیدرم، یک لایهٔ مکانیکی، بیش از سه لایهٔ میانی و لایهٔ تغذیه‌ای تشکیل شده است (شکل ۲G, H).



شکل۲A-I. مراحل تشکیل میکروسپورهای تتراد درون بساک پسته (*P. vera*) در برش عرضی. A- نمای کامل برش عرضی بساک در مرحلهٔ تقسیم میتوز سلول‌های بافت هاگزا ۴۰X، B– تقسیم سلول‌های بافت هاگزا با بزرگنمایی بیشتر، ۱۰۰X، C- تقسیمات مماسی سلول‌های حاصل از سلول جداری برای تولید لایه‌های دیواره‌ی بساک هم‌زمان با تقسیمات میتوزی بافت هاگزا، پیکان به سلول در حال تقسیم مماسی اشاره می‌کند، ۸۰X، D- توقف میتوز سلول‌های بافت هاگزا و تولید سلول‌های مادر میکروسپور، ۶۰X، E – فاصله گرفتن سلول‌های مادر میکروسپور از لایهٔ تغذیه‌ای، ۱۰X، F- ایجاد فاصله میان لایهٔ تغذیه‌ای با سلول‌های مادر میکروسپور با بزرگنمایی بیشتر، ۴۰X، G- نمای کامل بساک با سلول‌های مادر میکروسپور در حال میوز، ۱۰X، H– دیواره‌ی بساک زمان میوز سلول مادر میکروسپور که از اپیدرم، یک لایهٔ مکانیکی، بیش از سه لایهٔ میانی و لایهٔ تغذیه‌ای تشکیل شده است، ۶۰X، I– سلول مادر میکروسپور در مرحله دو و چهار هسته‌ای، ۱۲۰X، J- تقسیم سیتوپلاسم بطور همزمان در سلول‌های مادر میکروسپور و تولید تتراد چهاروجهی که با لایهٔ ضخیمی از کالوز شفاف احاطه شده است، ۵۰X، K- آغاز تجزیه‌ی دیواره‌ی کالوزی اطراف تتراد و رها شدن میکروسپورهای آزاد، نوک پیکان به دانه‌های نشاسته‌ی موجود در لایهٔ میانی اشاره می‌کند، ۶۰X. ST= بافت هاگزا، MMC= سلول مادر میکروسپور، Ts= مادر میکروسپور چهارهسته‌ای (سلول تتراد)، Bs= مادر میکروسپور دو هسته‌ای (سلول دیاد)، Tp= لایهٔ تغذیه‌ای.

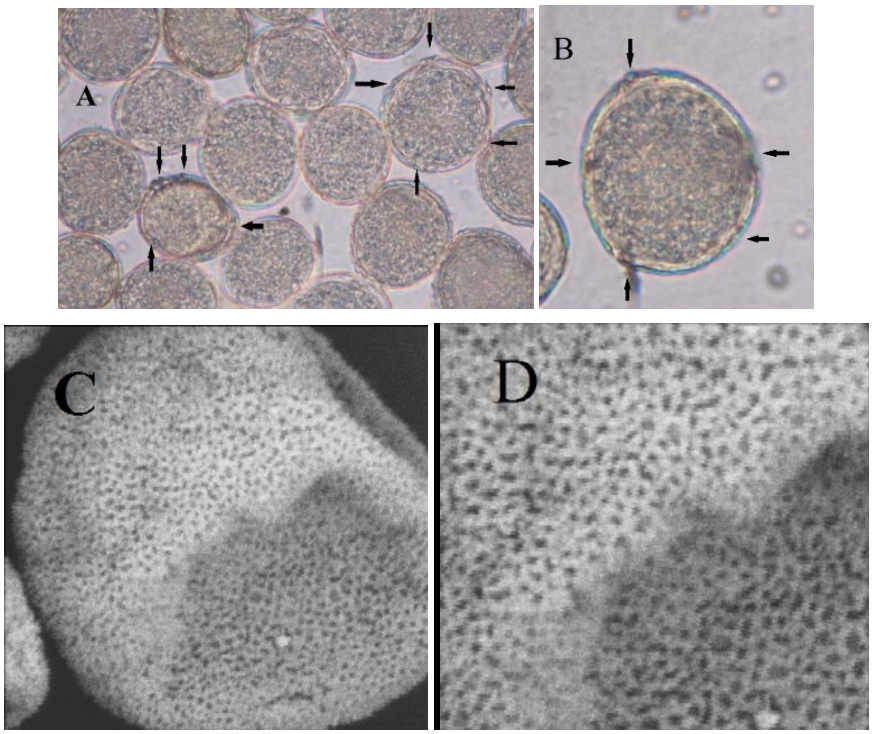
تقسیم سیتوپلاسم طی میوز این سلول‌ها بطور همزمان رخ می‌دهد و درون هر میکروسپوراژ در این مرحله سلول‌های مادر میکروسپور دو و چهار هسته‌ای به ترتیب بعد از میوز I و II حضور دارند (شکل ۲I). بعد از میوز تقسیم سیتوپلاسم بوسیله‌ی بنیان‌گذاری شیارهایی از پیرامون سلول مادر میکروسپور بسمت مرکز سلول و ایجاد چهار سلول میکروسپور انجام می‌شود و این سلول‌ها بصورت چهاروجهی جهت‌گیری و بعنوان تتراد چهاروجهی (Tetrahedral) نامیده می‌شوند. همه‌ی تترادها از نوع چهاروجهی هستند و چهار سلول در یک دیواره‌ی کالوزی مشترک قرار می‌گیرند و همچنین بوسیله‌ی کالوز از هم جدا می‌شوند (شکل ۲J). مرحلهٔ پس‌میوزی با شکست دیواره‌ی کالوزی و گذر از مرحلهٔ تتراد به مرحلهٔ میکروسپور آزاد آغاز می‌شود که در آغاز این مرحله، میکروسپورها هنوز در آرایش تتراد می‌باشند (شکل ۲K). میکروسپورها پس از رهایی از تتراد و در ابتدای تمایز دارای هسته‌ی مشخص با موقعیت حاشیه‌ای و سیتوپلاسم متراکم می‌باشند. سپس پوشش کالوزی بطور کامل از بین می‌رود و دیواره‌ی بساک دارای لایهٔ مکانیکی، سه لایهٔ میانی و لایهٔ تغذیه‌ای می‌باشد (شکل ۳A). سرانجام همراه با تمایز دانه‌های گرده‌ی بالغ، لایه‌های میانی و تاپی تحلیل می‌روند، که تاپی از نوع ترشحی است (شکل ۳B, C). سپس آثار ضخیم‌شدگی دیواره‌های لایهٔ مکانیکی بجزء دیواره‌ی رو به اپیدرم آشکار می‌شود که باعث می‌گردد این لایه الگوی U– شکل را به نمایش بگذارد.



شکل ۳A-F. A– ساختار تشریحی برش‌های عرضی بساک پسته (*P. vera*) از زمان تولید میکروسپور آزاد تا شکوفایی بساک. A– تجزیه کامل دیواره کالوزی اطراف تترادها و تولید میکروسپورهای آزاد، دیواره‌ی بساک از یک لایهٔ اپیدرم، یک لایه دیواره‌ی مکانیکی، سه لایهٔ میانی و یک لایهٔ تاپی تشکیل شده است، ۵۰X، B– نمای کامل برش عرضی بساک در مرحله میکروسپورهای آزاد و تحلیل لایه تغذیه‌ای، ۱۰X، C– میکروسپورهای در حال تغذیه از لایهٔ تغذیه‌ای، پیشروی تحلیل لایهٔ تغذیه‌ای بهمراه سلول‌های لایهٔ میانی، ۵۰X، D– نمای کامل برش عرضی بساک در مرحلهٔ دانه‌ی گرده‌ی بالغ، نوک پیکان به محل تجزیه‌ی دیواره‌ی یک حفره برای شکوفایی بساک اشاره می‌کند، ۱۰X، E– بزرگنمایی بیشتر بساک دارای دانه‌ی گرده‌ی بالغ که لایهٔ مکانیکی الگوی U– شکل را به نمایش گذاشته بهمراه اثراتی از لایهٔ تغذیه‌ای و لایهٔ میانی، نوک پیکان به باقی‌مانده‌ی لایهٔ تغذیه‌ای اشاره می‌کند، ۴۰X، F– نمای کامل بساک شکوفا، ۱۰X. Ep= لایه اپیدرم، En= لایه مکانیکی، ML= لایه میانی.

دیواره‌ی بساک دارای دانه‌ی گرده‌ی بالغ، دارای لایه مکانیکی با الگوی U- شکل بهمراه اثراتی از لایهٔ تاپی و لایهٔ میانی است. در اثر قطع ارتباط دو دیواره‌ی میانی هر خانه با قسمت مرکزی بساک شکوفایی طولی و عمقی رخ می‌دهد (شکل۳D-F).

مطالعهٔ ریخت‌شناسی دانه‌ی گرده‌ی پسته نشان داد که گرده‌ها کروی شکل و دارای ۵-۳ (با تعداد غالب ۵) منفذ (Pore) هستند. دانه‌های گرده دارای تزئینات شبکه‌ای (Reticulate) هستند که در بین شبکه‌ها سوراخ‌های (Brochi) با اندازه‌ی یکسان (Reticulate-Homobrochate) وجود دارد (شکل ۴A-D).



شکل ۴A-C. A- تصاویر میکروسکوپ الکترونی نگاره از دانه‌های گرده‌ی بالغ پسته (*P. vera*)، شکل کروی دانه‌های گرده و تعداد ۴ و ۵ منفذ رویشی در این شکل مشخص هستند، ۴۰۰X، B – دانه‌ی گرده‌ای با ۵ منفذ رویشی با بزرگ‌نمایی بیشتر، ۵۰۰ X، C و D- نگاره‌ی دانه‌ی گرده‌ی پسته که تزئینات شبکه‌ای حفره‌ای روی سطح آن مشخص است، بزرگ‌نمایی به ترتیب در C و D، ۵ µm و ۲ mµ است.

بحث و نتیجه‌گیری

Al-saghir (۲۰۱۰) در مطالعه سردهٔ *Pistacia* L. بیان کرد که گل‌ها کوچک، تک جنس، فاقد گل‌برگ و در گل‌آذین‌های خوشه‌ای هستند. پژوهش حاضر نیز نشان داد که گل‌ها تک جنس هستند و در گل‌آذین‌های خوشه‌ی مرکب روی پایه‌ای جداگانه از پایه‌ی ماده تولید می‌شوند، همچنین دارای ۶-۴ پرچم، ۲ یا ۳ کاسبرگ و ۱-۰ براکته هستند. تعداد پرچم‌ها در سردهٔ *Pistacia* توسط Hormaza و Polito (۱۹۹۶) ۶-۴ عدد و توسط Shiyan و همکاران (۲۰۰۱)، ۵-۳ عدد و در گونهٔ *P. chinensis* توسط Zeng-Fang و همکاران (۲۰۱۰) ۵-۴ عدد گزارش شده است. Al-Saghir (۲۰۱۰) در مطالعهٔ سردهٔ *Pistacia* L.، برای زواید غیر از براکته در اطراف گل‌ها، عنوان براکتئول را بکار برده است و گل‌های نر و مادهٔ این سرده را دارای ۳-۱ براکته‌ی کوچک و ۷-۲ براکتئول می‌داند. Bachelier و Endress (۲۰۰۷) در مطالعهٔ چند گونه از *Pistacia* L.، زواید غیر از براکته را کاسبرگ‌مانند معرفی نمودند و تعداد آنها را در گل‌های نر *P. lenticus*، برابر با تعداد پرچم‌ها

یعنی ۶-۴ عدد گزارش کردند. این پژوهشگران بیان کردند که در این که این زواید کاسبرگ هستند یا براکته شک دارند، همچنین در *P. terbinthus* ۱۰-۵ عدد و در *P. Mexicana*، فقط دو عدد اندام کاسبرگ‌مانند گزارش کرده‌اند. به‌علاوه از آن‌جایی که گل‌ها در سردهٔ *Pistacia* L. با باد گرده‌افشانی می‌شوند تمایل مسیر تکاملی را بسمت دو پایه بودن و کاهش پوشش گل (فقدان گلبرگ و کاهش کاسبرگ)، نشان می‌دهند (۸).

در مطالعات مروری ما، گزارش‌های بسیار محدودی روی مراحل تکوینی بساک تا تولید دانهٔ گرده در سردهٔ پسته دیده شد که در مورد گونهٔ *P. vera* منحصر به مطالعهٔ Xu-Xin و همکاران (۲۰۱۱) بود. در پژوهش حاضر، دیواره‌ی بساک در زمان میوز سلول مادر میکروسپور، از اپیدرم، یک لایهٔ مکانیکی، بیش از سه لایهٔ میانی و یک لایهٔ تاپی از نوع ترشحی تشکیل شده بود. ویژگی پایداری لایه‌های میانی در این گونه قابل توجه است. زیرا در اغلب گیاهان لایهٔ میانی در مراحل اولیه و قبل از نمو لایهٔ تاپی از بین می‌رود (۲۱)، اما در این گونه لایه‌های میانی همراه با لایهٔ تاپی در زمان تمایز دانه‌های گرده، تحلیل می‌روند که این ویژگی توسط Xu-Xin و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داده شده است. تقسیم سیتوپلاسم بعد از میوز سلول مادر میکروسپور مانند تیپ علف هفت‌بند از نوع همزمان بود که این یافته و همچنین ترشحی بودن لایهٔ تاپی با نتایج Xu-Xin و همکاران (۲۰۱۱) روی *P. vera* و نتایج Zeng-Fang و همکاران (۲۰۱۰) روی *P. chinensis* همسویی دارد. در این پژوهش دیده شد که بعد از میوز، تقسیم سیتوپلاسم بوسیله‌ی بنیان‌گذاری شیارهایی از پیرامون سلول مادر میکروسپور بسمت مرکز سلول و ایجاد چهار سلول میکروسپور بطور همزمان انجام می‌شود. این سلول‌ها بصورت چهاروجهی جهت‌گیری می‌شوند. همه‌ی تترادهای مشاهده شده از نوع چهاروجهی بودند. Xu-Xin و همکاران (۲۰۱۱) تتراد *P. vera* را دوهم‌کنار (Isobilateral) گزارش کردند، بنابراین هر دو نوع تتراد در واریته‌های *P. vera* وجود دارند. Xeng-Fang و همکاران (۲۰۱۰) در *P. chinensis* تترادها را هم از نوع چهاروجهی و هم از نوع دوهم‌کنار گزارش کردند. در مرحلهٔ پیش میوزی، بخشی از میکروسپورانژهای واقع در یک خانه بوسیله‌ی تیغه از یکدیگر جدا می‌شوند. اما در مرحلهٔ میوزی فرورفتگی میانی هر خانه‌ی بساک بطور کامل عمیق می‌شود و مجاور دسته‌ی آوندی مرکزی بساک می‌رسد. بطوری که دو میکروسپورانژ درون یک خانه بطور کامل از یکدیگر جدا می‌شوند. این ویژگی نیز در گیاهان محدودی دیده می‌شود. در اغلب موارد تیغه تا پایان بلوغ دو کیسه‌ی گرده را بطور کامل از هم جدا می‌کند و سرانجام ضمن تجزیهٔ آن دو خانه به هم متصل و دانه‌های گرده را از طریق منفذ شکوفایی که سطحی است، رها می‌کنند. مرحلهٔ پس‌میوزی با تجزیه‌ی دیواره‌ی کالوزی و گذر از مرحلهٔ تتراد به مرحلهٔ میکروسپور آزاد آغاز می‌شود. سرانجام همراه با تمایز دانه‌های گرده‌ی بالغ، لایه‌های میانی و تاپی تحلیل می‌روند. دیواره‌ی بساک بالغ، دارای لایهٔ مکانیکی با الگوی U- شکل بهمراه اثراتی از لایهٔ تاپی و لایهٔ میانی است. در اثر قطع ارتباط دو دیواره‌ی میانی هر خانه با قسمت مرکزی بساک، شکوفایی طولی و عمقی رخ می‌دهد. دانه‌های گرده از محل شکافتگی عمقی رها می‌شوند.

در مطالعات ریخت‌شناسی گرده در این پژوهش، دیده شد که دانه‌های گرده دارای سطح شبکه‌ای- حفره‌ای بودند که در بین شبکه‌ها سوراخ‌ها دیده می‌شوند. همه‌ی دانه‌های گرده دارای شکل کروی و دارای ۵-۳ منفذ رویشی بودند که تعداد ۵ منفذ غالب بود. مطالعات قبلی توسط محققان دیگر نشان داده که ریخت‌شناسی دانه‌های گرده‌ی *P.vera* متنوع است. Davarinejad و همکاران (۱۹۹۶) شکل دانه‌های گرده‌ی واریته‌های مختلف پسته را کروی تا بیضی همراه با پنج منفذ و دارای سطح ستونی تا چوگانی معرفی کردند. Belhadj و همکاران (۲۰۰۷) تعداد منافذ گرده‌ای در *Pistacia atlantica* را ۹-۴ با تعداد غالب ۶ گزارش

کردند. همچنین آنها تزئینات سطح دانه‌ی گرده را بصورت شبکه‌ای گزارش نمودند که دارای سوراخ نیز هستند. Afshari و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعهٔ چهار واریته‌ی انتخابی پسته، سطح دانه‌های گرده را شبکه‌ای یا منفذدار دانستند و شکل دانه‌های گرده‌ی یک واریته را کروی تا بیضی و در سه واریته‌ی دیگر فقط کروی معرفی کردند و اظهار داشتند که دانه‌ی گرده در یکی از واریته‌ها هیچ منفذ رویشی نداشت، در یک واریته‌ی دیگر تعدادی منفذ کوچک و در دو واریته‌ی دیگر تعدادی منفذ بزرگ داشت اما آنها تعداد دقیق منفذها را ذکر نکردند. همان طور که Xeng-Fang و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعهٔ دانهٔ گردهٔ *P. chinensis* تعداد منفذها را متفاوت (۲ تا ۴ عدد) گزارش کردند. Xu-Xin و همکاران (۲۰۱۱) نیز تعداد منفذهای دانهٔ گرده‌ی پسته را سه عدد گزارش کردند.

نتیجه‌گیری کلی: با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر و یافته‌های سایر پژوهشگران، مشخص است که صفات ریخت‌شناسی و تشریحی گل و دانه‌ی گرده، در واریته‌های مختلف گونهٔ پسته‌ی خوراکی متنوع است و تفکیک دقیق واریته‌ها نیازمند پژوهش‌های گسترده در زمینه‌های مختلف زیست‌شناسی می‌باشد.

منابع

۱ – بانک اطلاعات ملکولی پسته ایران IPMD. (Iranian Pistachio Molecular Database) وزارت جهاد کشاورزی

۲ – سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های استان کرمان، جلد هفتم، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، (۱۳۸۳).

۳ – شاکر اردکانی ا.، ۱۳۸۷.راهنمای تهیه و مصرف پسته، موسسه تحقیقات پسته کشور، شماره ۵۶، ص ۲۱–۸.

۴ – شورکی ی. د. و ندوشن ح. م.، ۱۳۸۵. بررسی برخی مشکلات پوکی میوه بنه (*Pistacia atantica* subsp *mutica*)، پژوهش و سازندگی،۷۲: ۶۸–۵۸.

5- Afshari H., Talaei A., Panahi B and Hokmabadi H. (2008). Morphological and quantitative study of pistachio (*Pistacia vera* L.) pollen grains and effect of different temperatures on pomological traits, austrailian journal of crope science, 1(3): 108-114.

6- Al- Saghir M. G. (2010). Phylogenetic analysis of genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae) based on morphological data, Asian Journal of Plant Sciences, 9(1): 28- 35.

7- Asaja C. (2006). The pistachio tree cultivation in "Alternative forms of occupation and continuous educational training in Agriculture" Project Agreement n º 2004 EL/04/B/F/PP-148258.

8- Bachelier J. B. and Endress P. K. (2007).Development of inflorescences, cupules, and flowers in Amphipterygium and comparison with *Pictacia* (Anacardiaceae), Int. J. plant Sci., 168 (9): 1237- 1253.

9- Baninasab B. and Mobli M. (2008). Morphological attributes of root systems and seedling growth in three species of *Pistacia*, Silva Lusitana, 16: 175- 181.

10- Belhadj S., Derridj A., Civeyrel L., Gers C., Aigouy T., Otto T and Gauquelin T. (2007). Pollen morphology and fertility of wild Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae), Grana, 46: 148-156.

11- Camello-Guerreiro S. M. and Paoli A. A. S. (2005). Anatomy of pericarp and seed- coat of lithraea molleoidea (vell.) Engl. (Anacardiaceae) with taxonomic notes, Brazilian Archives of Biology and Technology, 48: 599- 610.

12- Davarynejad G. H., Rashed M. H., Vatanpoor A and Csillag F. (1996). The morphology of pollen grains as an indicator for identification of male pistachio (*Pistacia vera* L.) trees. ISHS Acta Horticulture 419: I International Symposium on Pistachio.

13- Ebadi A., Rezaei M. and Fatahi R. (2010). Mechanism of seedlessness in Iranian Barberry (*Berberis vulgaris* L. var. asperma), scinetica horticulturae,.

14- Fan M., Zhu J., Richard C., Brown k M. and Lynch J. P. (2003). Physiological roles for aerenchyma in phosphors–stressed root, Functional Plant Biology, 30, 493-506.

15- Ferguson L., Polito V. S. and Kallsen C. (2005).The pistachio tree; botany and physiology and factors that affect yield, California Pistachio Manual, 31-40.

16- Grundwag M.(1976). Embryology and fruit development in four Pistacia L. (Anacardaceae), Botanical Journal of the Linnean Society, 73: 355-370.

17- Hormaza J. I. and polito V. S. (1996). Pistillate and staminate flower development in dioecious *Pistacia vera* (Anacardiaceae), American Journal of Botany, 83 (6): 759- 766.

18- Lin T. S., Crane J. C. and Polito V. S. (1984). Anatimical aspect of abscission in pistachio, J. Am. Soc. Hortic. Sci., 109: 69-73.

19- Martinez- Palle M. and Herrero M. (1998). Pollen tube pathway in chalazogamous pistacia vera L., Int J. Plant Sci., 159(4): 566- 574.

20- Mohammadpour V., Hamed mosavian M. T. and Etemadi A. (2007). Determination of effective diffusivity and activation energy of shelled pistachio by fluidized bed dryer, Iranian food science and technology research journal, 3(2): 1-12.

21- Sanders P., Bui A., Weterings K., Mclntir K.N., Hsu Y., Lee P., Truong M., Beals T.P and Goldberg R.B. (1999). Anther developmental defects in *Arabidopsis thaliana* male sterile mutants, Sexual plant reproduction, 6: 297-322.

22- Shiyan X., Jain L. and Mijiti A. (2001). A review on reproducting biology on *Pictacia vera* L. Acta Horticulturae Sinica.

23- Shuraki Y. D. and Sedgley M. (1996). Fruit development of Pistacia vera (Anacardiaceae) in relation to embryo abortion and abnormalities at maturity, Australian Journal of Botany, 44 (1):35-45.

24- Shuraki Y D and Sedgley M. (1997). Pollen tube pathway and stimulation of embryo sac development in Pistacia vera (Anacardiaceae), Ann. Bot., 79: 36369.

25- Xu-Xin L., Zhi-Ying B., Bing-She L., Man P., Jie W., Xian-Bin F. and Qian D. (2011). megasporogenesis, microsporogenesis and development of gametophytes of *Pistacia vera*, Acta Horticulture Sinica, 38(8): 1447-1454.

26- Zeng-Fang Q., Bao-Guo L., Ya-Hong G., Ying-Chao L., Fang-Ging Z. and Kun Q. (2010). megasporogenesis, microsporogenesis and development of female and male gametophyte of *Pistacia chinensis* Bunge. Acta Botania Boreali Occidentalia.

27- Zohary M. (1952).A monographical study of the genus *Pistacia*, Pales. J. Jerus. Ser., 4:187-228.

Study of morphological and anatomical traits of male flower, developmental stages of anther and pollen grain of pistachio (*Pistacia vera* L.)

Hosseini N., Zamani Bahramabadi E. and Rezanejad F.

Biology Dept., Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, I.R. of Iran

Abstract: Edible pistachio (*Pistacia vera* L.) is an important species of *Pistacia* genus and *Anacardiaceae* family. The morphological and anatomical traits of the male flower, anther and pollen grain developmental stages of the pistachio were investigated by cytohistological methods. The results showed that the inflorescence of the male flowers is grape and they have 4-7 stamens with large anthers, 2-3 sepals and 0-1 brackets. Two sacs of each side (theca) of the anther are completely separated from each other and have complete longitudinal dehiscence at the connective area. The cytoplasm division and microspore mother cell meiosis occur simultaneously. The resulting tetrad is tetrahedral and the tapetum layer is glandular. The number of the layers of the middle layer is three or more. These are remarkably viable and degenerate with tapetum at the end of the maturation or even at the time of anther dehiscence. The mechanical layer has fibrous ornamentation and the epidermis is settled on. The pollen grains are circular with 3-5 germinative pores and are brochate in surface.

Key words: male flower, morphology, pistachio, pollen grain