

بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی جوانه، گل و میوه و ارتباط آن با درصد پوکی در رقم دیررس بیاضی پسته (*Pistacia vera* L.)

نجمه پاکدامن^{۱*}، امان الله جوانشاه^۲، ماریه نادى^۱، نجمه صابری^۳، محسن اسلامی^۲

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۷

چکیده

پسته (*Pistacia vera* L.) از محصولات باغی مهم ایران است و رقم دیررس بیاضی به دلیل زمان رسیدگی استثنایی‌اش (اواخر پاییز تا زمستان) از نظر تجاری حائز اهمیت است. با این حال، درصد بالای میوه‌های پوک در این رقم یکی از چالش‌های اصلی تولید محسوب می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی جوانه، گل و میوه و سنجش ارتباط آن‌ها با درصد پوکی در رقم بیاضی انجام شد. این مطالعه بر روی ۳۰ درخت (تکرار)، بر اساس طرح آماری کاملاً تصادفی در طی سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ اجرا گردید. به منظور ارزیابی، از ۳۰ درخت در ایستگاه تحقیقاتی شماره ۲ پژوهشکده پسته رفسنجان نمونه‌برداری صورت گرفت. اندام‌های زایشی با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار و تثبیت بافت در محلول FAA مورد مطالعه قرار گرفتند. میوه‌ها بر اساس میزان پرشدگی مغز به سه گروه (پوک، نیمه‌مغز و مغز کامل) طبقه‌بندی شدند. درصد هر گروه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تحلیل شد. نتایج نشان داد خامه‌ی گل ماده در رقم بیاضی کوتاه و سه‌شاخه است و برخلاف سایر ارقام در میوه بالغ نیز ساختار آن حفظ می‌شود و ناهنجاری‌های لپه‌ای نیز در بیش از نیمی از جنین‌ها مشاهده شد. درصد پوکی میوه‌ها در دو سال مطالعه ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ به ترتیب ۴۱ و ۶۷ درصد بود. افزایش قابل توجه پوکی در سال دوم با بیش از ۴۵ روز دمای بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد هم‌زمان بود. نتایج نشان می‌دهد که ضعف ریخت‌شناسی جنین و تنش گرمایی شدید در دوره پر شدن مغز، عوامل اصلی افزایش پوکی در این رقم هستند و مدیریت تنش محیطی در این دوره ضروری است.

کلمات کلیدی: گل ماده، لپه، خامه، رشد جنین، تنش گرمایی

مقدمه

^۱ هیأت علمی پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران.

^۲ هیأت علمی بازنشسته، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران.

^۳ کارشناس تحقیقاتی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران.

* نویسنده مسئول: pakdaman@pri.ir

مرحله پر شدن میوه رخ دهد (Khezri *et al.*, 2010; Ferguson *et al.*, 2005). در پوکی نوع اول، نقص در فرآیند گرده‌افشانی، عدم رشد مؤثر لوله گرده به سمت تخمک، یا از بین رفتن تخمک پیش از لقاح می‌تواند از عوامل اصلی پوکی باشد. این شرایط می‌تواند منجر به بکرزایی شود؛ یعنی تشکیل میوه بدون انجام موفقیت‌آمیز لقاح، که نتیجه آن میوه‌ای پوک خواهد بود (Hosseini *et al.*, 2022).

گروهی از محققین نیز ناهنجاری‌های پس از لقاح در پسته را که همراه با نرخ بالای سقط جنین همراه است، از دلایل ایجاد میوه‌های پوک و نیمه‌پوک می‌دانند (Hosseini *et al.*, 2022; Yousefi *et al.*, 2025). عوامل مؤثر بر این ناهنجاری‌ها شامل نوع رقم (ژنوتیپ)، درجه حرارت محیط، تنظیم‌کننده‌های رشد، وضعیت مواد غذایی گیاه و غیره می‌باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳) (Turker *et al.*, 2024; Hosseini *et al.*, 2022; Khezri *et al.*, 2010; Tadayon and Hosseini, 2024).

با توجه به اینکه تا کنون هیچ تحقیق مدونی در مورد رقم بیاضی انجام نشده است، علامت‌های سوال بسیاری در مورد این رقم دیررس وجود دارد. به منظور شناخت بهتر این رقم و ارائه راهکارهایی برای کاهش درصد پوکی آن، پژوهش حاضر با هدف بررسی ساختار ریخت‌شناسی جوانه، گل و میوه انجام شده است. این بررسی می‌تواند

پسته (*Pistacia vera* L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی ایران، نقش بسزایی در درآمدهای غیرنفتی کشور ایفا می‌کند و زمان برداشت معمول آن در نیمه دوم شهریورماه است. برخی ارقام پسته با زمان‌های رسیدن متفاوت، و گاهی اوقات غیرمنتظره، شناسایی شده‌اند، مانند رقم دیررس بیاضی (یا پوست پیازی) است که نخستین بار در منطقه بیاض (با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۶ دقیقه و ۴۳ ثانیه، واقع در حدفاصل شهرستان‌های رفسنجان و انار در استان کرمان) شناسایی شد. این رقم از نیمه آبان‌ماه شروع به رسیدن می‌کند و در دی ماه به مرحله برداشت می‌رسد (پژوهشکده پسته، ۱۳۹۹). رنگ زیبای ظاهری و ویژگی منحصر به فرد دیررسی این رقم، که در سطح جهان نادر است و گواه بر غنای ژرم پلاسم ایران در پسته است، آن را به یکی از ارقام مناسب برای بازار مصرف تازه در فصل زمستان (شب یلدا و کریسمس) تبدیل کرده است.

با این حال، یکی از چالش‌های اصلی در کشت رقم بیاضی، درصد بالای پوکی محصول است که مانع از بهره‌برداری کامل از پتانسیل این رقم ارزشمند می‌شود. پدیده پوکی زمانی رخ می‌دهد که تخمدان رشد می‌کند و میوه تشکیل می‌شود، اما جنین از رشد باز می‌ماند. این پدیده می‌تواند در دو مرحله تشکیل میوه یا

نمونه‌های برش خورده به دقت با میکروسکوپ بینوکولار (Olympus Corporation, Japan, Model SZX2-ILLD) بررسی شدند (Pakdaman *et al.*, 2021).

پس از شکستن خواب جوانه‌ها (اوایل فروردین)، نمونه برداری از گل انجام گرفت و نمونه‌ها در آزمایشگاه به مدت ۱۲-۲۴ ساعت داخل ماده تثبیت کننده FAA (فرمالین-استیک اسید-الکل) قرار گرفتند (جوانشاه، ۱۳۷۹) (Shang *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2025). این تثبیت کننده شامل ۹۰ درصد الکل اتیلیک ۷۰ درصد، ۵ درصد فرمالین تجاری ۳۷ درصد، و ۵ درصد استیک اسید خالص (گلاسیال) می‌باشد که کاملاً با یکدیگر مخلوط و به آن نیم گرم کلرور کلسیم اضافه شده است. پس از تثبیت، نمونه‌ها برای شست‌وشو، به مدت ۱۶ ساعت در مسیر آب جاری قرار گرفتند. سپس برای نگهداری طولانی مدت، نمونه‌ها به الکل اتیلیک ۷۰ درصد منتقل و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

پس از برداشت (دی ماه)، ساختار ظاهری میوه و همچنین ویژگی‌های محصول از جمله درصد پوکی، مغز کامل و نیمه مغز بررسی گردید. معیار تشخیص پسته با مغز کامل، نیمه‌مغز و پوک بر اساس مشاهده فیزیکی مغز در داخل پوسته و میزان پرشدگی فضای داخلی بین پوسته و مغز تعیین شد. بدین ترتیب:

پسته‌های مغز کامل: پسته‌هایی بودند که فضای داخلی پوسته کاملاً با مغز پر شده بود.

اطلاعات ارزشمندی در مورد مراحل مختلف رشد و توسعه این رقم ارائه دهد و به حفظ و توسعه این منبع ژنتیکی ارزشمند در ایران کمک کند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۳ بر روی رقم دیررس بیاضی در ایستگاه تحقیقاتی شماره ۲ پژوهشکده پسته رفسنجان با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۴ دقیقه ۵۰ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۹ دقیقه و ۲۲ ثانیه شرقی اجرا شد. قطعه مورد ارزیابی شامل تعداد ۳۰ درخت حدوداً ۴۵ ساله بود که همگی پیوندی با پایه بادامی زرد بودند. آبیاری این درختان اغلب به صورت غرقابی با دور آبیاری یک ماه و مدیریت تغذیه و کوددهی به صورت معمول و شامل کود حیوانی و کودهای ازته، فسفره و پتاس و به ندرت کم‌مصرف انجام می‌شده است. باردهی این درختان اغلب اقتصادی نبوده و تنها برخی سال‌ها محصول به نسبت قابل قبولی داشتند.

نمونه‌برداری از این درختان در سه مرحله جوانه گل، گل و میوه انجام گرفت و از هر درخت حدود ۱۰ عدد جوانه گل و گل و حدود ۱۰۰ عدد میوه از جهات مختلف درخت و به صورت تصادفی برداشت شد.

جوانه‌های گل در دی‌ماه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس جهت مشاهده بافت داخلی، برش‌های طولی از جوانه‌ها به کمک تیغ اسکالپل تهیه شد.

علائم ناهنجاری در بیش از ۵۰ درصد نمونه‌های مورد بررسی مشاهده گردید.

شکل ۵ درصد محصول پوک، نیمه مغز و مغز کامل را در این رقم در طی سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که درصد محصول پوک، نیمه مغز و مغز کامل در سال ۱۴۰۲، به ترتیب ۴۱، ۳۱ و ۲۸ درصد است و در سال ۱۴۰۳ به ۶۷، ۲۳ و ۱۰ درصد می‌رسد. با توجه به اینکه درصد پوکی در سال ۱۴۰۳ بیشتر از ۱۴۰۲ بود، دمای هوا در ماه‌های تیر و مرداد ۱۴۰۳ از ایستگاه هواشناسی رفسنجان دریافت و در جدول ۱ نشان داده شده است..

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، پدیده پوکی بالا در رقم پسته بیاضی را به عنوان چالش اصلی بهره‌برداری اقتصادی آن، مورد توجه قرار گرفت و علل این پدیده، در تعامل عوامل ریخت‌شناسی داخلی و شرایط اقلیمی خارجی بررسی گردید. مطالعات نشان می‌دهد که برخی ویژگی‌های آناتومیکی و رشدی میوه ممکن است در بروز این پوکی نقش داشته باشند (Gurjar et al., 2025; Shuraki and Sedgley, 1996). بررسی‌های ریخت‌شناسی در تحقیق حاضر نشان داد که وجود تخمک واژگون، خامه کوتاه و کلاله سه‌شاخه در گل ماده رقم بیاضی، مشابه بسیاری از ارقام پسته است، با این حال، تفاوت‌های ظریف در فرایند

پسته‌های نیمه‌مغز: پسته‌هایی بودند که مغز رشد ناقص داشت و بخشی از فضای داخلی پوسته خالی بود، اما مغز تا حدی تشکیل شده و قابل مشاهده بود.

پسته‌های پوک: پسته‌هایی که درون پوسته فاقد هرگونه مغز محسوس بودند یا مغز در حد بسیار جزئی و خشکیده وجود داشت.

در نهایت درصد هر گروه از پسته‌های با مغز کامل، نیمه مغز و پوک نسبت به کل پسته‌های مورد بررسی محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نیز با نرم‌افزار SPSS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

تصاویر مربوط به جوانه گل و گل ماده در رقم بیاضی به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، گل ماده رقم بیاضی دارای ۵ شبه‌کاسبرگ، یک مادگی تک‌خانه با یک تخمک واژگون، خامه کوتاه منفرد و کلاله سه‌شاخه می‌باشد (شکل ۲).

شکل ۴، ساختار کلی مغز و لپه‌ها را در پسته رقم بیاضی نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، برخی از میوه ناهنجاری‌هایی در تعداد لپه‌ها نشان می‌دهند. تعدادی از میوه‌ها هنوز دو لپه آن‌ها تفکیک نشده و برخی نیز نشانه‌هایی از سومین لپه را دارند. این

حسینی و همکاران (۱۳۹۳ و ۲۰۲۲) بیان نمودند که طی مراحل نمو تخمک، ناهنجاری‌هایی از جمله نبود کیسه رویانی، کیسه رویانی ابتدایی، کیسه رویانی تحلیل رفته، وجود اندوسپرم بدون حضور جنین، وجود جنین بدون حضور اندوسپرم و تخریب بافت آوندی بند می‌تواند به تولید میوه پوک یا نیمه‌پوک در پسته منجر شود. دهقانی شورکی و میرزایی ندوشن (۲۰۰۶) نیز این ناهنجاری‌ها را در *P. atlantica* مشاهده نمودند ولی پوکی میوه را ناشی از تجزیه بند گزارش کردند. برخی تحقیقات نیز تجزیه لپه‌ها در مراحل پایانی رشد جنین را از دلایل ایجاد میوه نیمه‌پوک در پسته معرفی کرده‌اند (Shuraki and Sedgley, 1996).

لقاح یا تشکیل جنین ویژه این رقم، می‌تواند موجب کاهش موفقیت در تشکیل مغز گردد. معمولاً پس از گرده افشانی در ارقام مختلف پسته، با حجیم شدن تخمدان، کلاله و خامه از بین می‌روند (رضانژاد و شکاری، ۱۳۹۵) ولی در رقم بیاضی تصاویر نشان داد که ساختار خامه در میوه رسیده نیز حفظ می‌شود. بررسی ساختار لپه‌ها در میوه‌های رقم بیاضی نشان داد که در بخشی از نمونه‌ها لپه‌ها کاملاً تفکیک نیافته‌اند و یا شکل لپه سوم مشاهده شده است. این ناهنجاری احتمالاً ناشی از اختلالات اولیه رشد جنین است که ممکن است به دلیل عملکرد ناقص تخمدان یا کمبود مواد غذایی در مرحله تشکیل بذر رخ دهد (Chen *et al.*, 2022; Shuraki and Sedgley, 1996). چنین ناهنجاری‌های جنینی می‌تواند یکی از دلایل افزایش پوکی باشد.



شکل ۱: برش طولی جوانه گل پسته در رقم بیاضی.



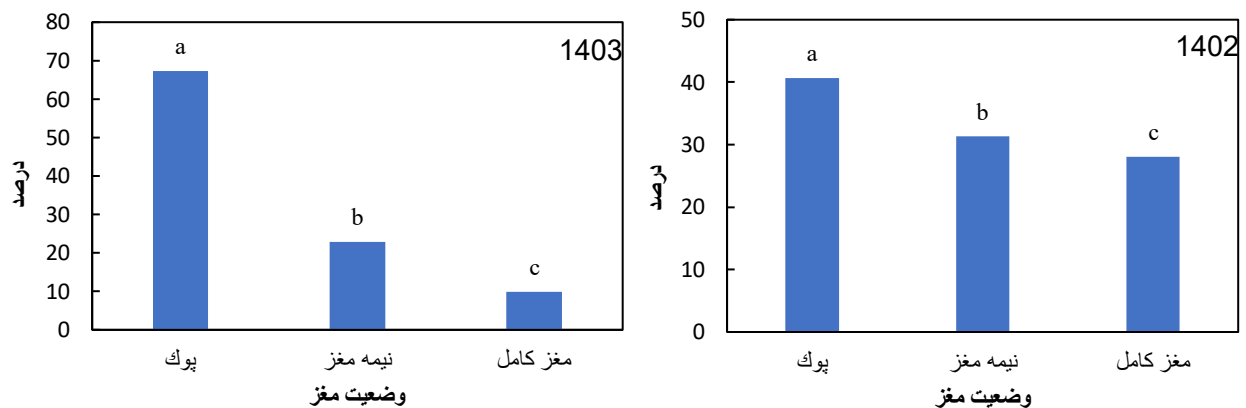
شکل ۲: ساختار گل ماده در پسته رقم بیاضی. a، تخمدان؛ b، زائده‌های شبه کاسبرگ؛ c، کلاله؛ d، خامه؛ e، تخمک.



شکل ۳: برش طولی میوه پسته رقم بیاضی برداشت شده در دی ماه.



شکل ۴: ساختار و تعداد لپه‌های تشکیل شده در میوه پسته رقم بیاضی.



شکل ۵- وضعیت محصول (پوک، نیمه مغز و مغز کامل) در پسته رقم بیاضی در سال‌های متوالی ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳. حروف متفاوت در هر ستون

بیان‌گر معنی‌دار بودن اختلاف با استفاده از آزمون دانکن (در سطح ۵ درصد) می‌باشد.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی مربوط به ماه‌های تیر و مرداد سال ۱۴۰۳

تیرماه			مردادماه		
حداکثر دما (°C)	حداقل دما (°C)	روز	حداکثر دما (°C)	حداقل دما (°C)	روز
۴۳/۳	۲۵/۶	۱	۳۵/۴	۲۱/۴	۱
۴۲/۴	۲۶/۳	۲	۳۶/۴	۲۱/۶	۲
۴۲/۲	۲۹/۴	۳	۳۸/۴	۲۲/۳	۳
۴۱/۸	۲۷/۴	۴	۳۸/۸	۲۲	۴
۴۲/۸	۲۶/۶	۵	۳۸/۴	۲۴/۴	۵
۴۳/۴	۲۹/۴	۶	۳۹/۲	۲۶/۴	۶
۴۳/۲	۲۷	۷	۳۹	۲۴/۸	۷
۴۱/۸	۲۵/۴	۸	۴۰	۲۴/۸	۸
۴۱/۸	۲۵/۲	۹	۴۱	۳۰	۹
۴۲/۴	۲۷	۱۰	۴۱/۴	۲۸	۱۰
۴۲/۶	۲۸/۱	۱۱	۴۰/۶	۲۸	۱۱
۴۲/۲	۲۹/۲	۱۲	۳۹/۸	۲۸	۱۲
۴۲/۶	۲۷/۲	۱۳	۴۱	۳۰/۲	۱۳
۴۲/۲	۲۷/۲	۱۴	۴۱/۸	۲۸/۶	۱۴
۴۳	۲۷/۶	۱۵	۴۲/۹	۲۹	۱۵
۴۲/۸	۲۶/۶	۱۶	۴۱/۸	۲۶/۸	۱۶
۴۲/۵	۲۶	۱۷	۴۰/۴	۲۴/۴	۱۷
۴۱/۶	۲۱/۷	۱۸	۴۰/۵	۲۳/۸	۱۸
۴۲/۴	۲۲/۲	۱۹	۳۹/۴	۲۷/۸	۱۹
۴۲/۷	۲۳/۴	۲۰	۴۱/۸	۲۷	۲۰
۴۲/۲	۲۷	۲۱	۴۲/۴	۲۷	۲۱
۴۲/۴	۳۱	۲۲	۴۰/۴	۲۴/۵	۲۲
۴۲/۶	۲۹/۴	۲۳	۳۹	۲۵	۲۳
۴۲/۷	۲۹	۲۴	۴۱/۴	۲۴/۶	۲۴
۴۲/۸	۲۷	۲۵	۴۰/۸	۲۷	۲۵
۴۱/۴	۲۸	۲۶	۴۱/۴	۲۷/۲	۲۶
۴۲/۴	۳۰/۳	۲۷	۴۱/۴	۲۶	۲۷
۳۹/۸	۲۶/۵	۲۸	۴۰/۹	۲۵/۸	۲۸
۳۹/۵	۲۶/۳	۲۹	۴۱	۲۶/۲	۲۹
۳۹	۲۴/۶	۳۰	۴۲/۸	۲۸/۱	۳۰
۳۶/۲	۲۵	۳۱	۴۲/۸	۲۴/۹	۳۱

و عوامل محیطی است. ناهنجاری‌های جنینی پتانسیل ذاتی این رقم را برای تولید مغز کامل کاهش می‌دهند. با این حال، جهش چشمگیر درصد پوکی از ۴۱ به ۶۷ درصد در سالی با بیش از ۴۵ روز دمای بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، بیانگر نقش تعیین‌کننده تنش‌های محیطی در تشدید این مشکل است. برای ارتقای عملکرد مغز در این رقم، اعمال برنامه‌های مدیریتی مناسب در فصل رشد و شناخت این عوامل، جهت بهبود فرآیند لقاح و عملکرد نهایی، ارزشمند خواهد بود. تحقیق‌های آتی با رویکردهای مولکولی و میکروسکوپی دقیق‌تر می‌توانند به شناسایی مکانیسم‌های ژنتیکی مؤثر در ناهنجاری‌های جنینی و ارائه راهکارهای مؤثرتر برای کاهش پوکی در این رقم منجر شوند.

منابع

۱. پژوهشکده پسته (۱۳۹۹). معرفی دیررس‌ترین رقم پسته کشور. <https://pri.ir>.
۲. پناهی، ب.، زهدی، ه.، و سلیمانی، ن. (۱۴۰۲). بررسی اثر پاشش برگی کائولین بر خسارت آفتاب‌سوختگی و خصوصیات کمی، کیفی و فیزیولوژیکی پسته رقم کله‌قوچی. *مجله علوم و فناوری پسته*، ۸(۱۴)، ۱۷-۲۸.

Alhajjar and Muzher (۲۰۱۷) پوکی را در پسته به سه دسته تقسیم کردند: ۱- پارتنوکاری: رشد محدود تخمک بدون انجام لقاح، ۲- ناهنجاری در مغز: مغز تنها یک سوم فضای داخلی پوسته را اشغال می‌کند، ۳- تخریب اندوسپرم لپه، در این مورد نیز مغز تنها یک سوم فضای داخلی را اشغال می‌کند. اختلالات ریخت‌شناسی در کیسه جنینی که موجب تشکیل میوه پوک می‌شود، در میوه‌های دیگر مانند گردو نیز گزارش شده است (Dai *et al.*, 2015; Sing *et al.*). درصد بالای پوکی در سال ۱۴۰۳ نسبت به سال ۱۴۰۲ (افزایش از ۴۱ به ۶۷ درصد)، گویای تأثیر شدید عوامل اقلیمی بر عملکرد این رقم است. در ماه‌های تیر و مرداد سال ۱۴۰۳، تعداد روزهایی که دمای روزانه از ۴۰ درجه سانتی‌گراد فراتر رفت، بیش از ۴۵ روز بود (جدول ۱). تداوم چنین گرمایی، به ویژه در طول دوره پر شدن مغز، همراه با شدت بالای تابش مستقیم خورشید، باعث آفتاب‌سوختگی و اختلال در فرآیند پر شدن مغز می‌شود (پناهی و همکاران، ۱۴۰۲). در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که رقم بیاضی با وجود جذابیت‌های بازاری پسند ناشی از رنگ پوسته و زمان برداشت منحصربه‌فردش، در جنبه‌های فیزیولوژیکی رشد و به‌ویژه فرآیند مغزدهی، نیازمند مدیریت تغذیه‌ای و اصلاح نژادی ویژه است. درصد بالای پوکی در این رقم دیررس، ترکیبی از عوامل ریخت‌شناسی

9. Brown, P. H., Ferguson, L., & Piccioni, G. (1995). Boron boosts pistachio yields. *Fluid Journal*, 4, 11-13.
10. Chen, H., Yang, Q., Fu, H., Chen, K., Zhao, S., Zhang, C., Cai, T., Wang, L., Lu, W., Dang, H., Gao, M., Li, H., Yuan, X., Varshney, R. K., & Zhuang, W. (2022). Identification of key gene networks and deciphering transcriptional regulators associated with peanut embryo abortion mediated by calcium deficiency. *Frontiers in Plant Science*, 13, 814015.
11. Dai, S. J., Qi, J. X., Duan, C. R., Wang, Y. P., Chen, P., Li, Q., Hao, Y. B., & Leng, P. (2015). Abnormal development of pollen and embryo sacs contributes to poor fruit set in walnut (*Juglans hopeiensis*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(3), 273-278.
12. Gurjar, T. D., Pandey, A. K., & Rodge, R. R. (2025). Floral Biology, Pollination, and genetic resources in nut crops *Temperate Nut Crops* (pp. 51-108): Apple Academic Press.
13. Hosseini, N., Rezanejad, F., & ZamaniBahramabadi, E. (2022). Effects of soil texture, irrigation intervals, and cultivar on some nut qualities and different types of fruit blankness in pistachio (*Pistacia vera* L.). *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 9(1), 41-53.
14. Khezri, M., Talaie, A., Javanshah, A., & Hadavi, F. (2010). Effect of exogenous application of free polyamines on
۳. تاج آبادی پور، ع. (۱۳۷۶). شناسایی برخی از ارقام پسته. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۴. جوانشاه، ا. (۱۳۷۹). مطالعه گلدهی در پسته (*Pistacia vera* L.) و روش های به تأخیراندازی گلدهی به منظور مقابله با سرمازدگی بهاره. پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
۵. حسینی، ن.، رضانژاد، ف.، و محمدی نژاد، ق. (۱۳۹۳). بررسی ناهنجاری های نمو تخمک بهدانه در پسته اهلی (*Pistacia vera* L.). زیست شناسی گیاهی ایران، ۶(۲۰)، ۲۹-۴۶.
۶. رضانژاد، ف. و شکاری، م. (۱۳۹۵). بررسی ویژگی های ریخت شناسی و تشریحی گل ماده و نمو میوه در پسته خوراکی (*Pistacia vera*) رقم احمدآقایی. زیست شناسی گیاهی ایران، ۸(۳۰)، ۷۵-۸۸.
۷. هاشمی نسب، ح. ۱۳۹۹. خودنمایی پسته بسیار دیررس در باغ های رفسنجان. <https://kerman.iribnews.ir/fa/news/29829>
- 45
8. Alhajjar, N. M., & Muzher, B. M. (2017). Evaluation oh the behavior of some *Pistacia vera* female genotypes in the south of Syria. VIII International Scientific Agriculture Symposium, Bosnia and Heregovina.

- environment. *Phyton* (0031-9457), 91(12), 2607-2617.
20. Shirin, S. (2022). Effect of zinc and boron fertilizer on yield and seed quality of groundnut. <http://archive.saulibrary.edu.bd:8080/xmlui/handle/123456789/5082>
21. Shuraki, Y. D., & 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.
22. Tadayon, M. S., & Hosseini, S. M. (2022). Increasing the efficiency of supplemental foliar nutrition on improving reproductive disorders of pistachio by application of plant growth regulators. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(2), 657-671.
23. Turker, S., Gozel, H., Cetinkaya, H., & Haspolat, Y. K. (2024). Climatic change and fruit farming. Orient Publications, 202 pp.
24. Wang, J. H., Cao, J., Yang, Z. J., Jin, Q. J., Wang, Y. J., Su, Q., Wang, H. Y., Sun, C. Q., & Xu, Y. C. (2025). NcFER1 and NcRbohC1 regulates pollen germination on stigma after pollination in waterlily. *Physiologia Plantarum*, 177(3), e70318.
25. Yousefi, M., Mirdehghan, S. H., Esmailizadeh, M., Nazoori, F., & Sahhafi, S. R. (2025). Avoiding endocarp lesion and abscission of pistachio nut using lecithin-enriched calcium nitrate. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 8(2), 245-258.
- physiological disorders and yield of 'Kaleh-Ghoochi' pistachio shoots (*Pistacia vera* L.). *Scientia Horticulturae*, 125(3), 270-276.
15. Nojavan, S., Naseri, L., & Hassanpour, H. (2021). The effect of foliar nutrition with potassium sulfate and zinc sulfate on winter cold hardiness of grapevine buds cv. Bidaneh Ghermez (*Vitis vinifera* L.). *Agricultural Science and Sustainable Production*, 4(30), 143-159.
16. Norozi, M., ValizadehKaji, B., Karimi, R., & Nikoogoftar Sedghi, M. (2019). Effects of foliar application of potassium and zinc on pistachio (*Pistacia vera* L.) fruit yield. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 6(1), 113-123.
17. Pakdaman, N., Javanshah, A., & Nadi, M. (2021). Evaluating the ratio of vegetative and reproductive buds of pistachio trees in Rafsanjan area to determine the yield potential of the next year. *Pistachio and Health Journal*, 4 (4), 71-79.
18. Pourahmadi, E., Mohamadkhani, A., Roshandel, P., & Momenyan, S. (2019). Evaluating foliar application of calcium nitrate, calcium chloride and boric acid on physiological disorders of 'Kaleh-Ghoochi' pistachio. *Journal of Nuts*, 10(2), 103-115.
19. Shang, L., Ma, D., Hong, S., Zhao, Y., Zhang, G., Ma, Q., Wang, Q., & Gu, C. (2022). Observation on flower bud differentiation of crape myrtle in red soil

Morphological Characteristics of Bud, Flower, and Fruit and Their Relationship with Blankness Percentage in Late-Ripening 'Bayazi' Pistachio (*Pistacia vera* L.)

Najmeh Pakdaman^{1*}, Amanollah Javanshah², Marieh Nadi¹, Najmeh Saberi³, Mohsen Eslami³

Abstract

Pistachio (*Pistacia vera* L.) is one of Iran's vital horticultural products, and the late-maturing Bayazi cultivar holds significant commercial value due to its exceptional ripening time (late autumn to winter). However, the high percentage of blank nuts in this cultivar remains a major production challenge. This research was conducted with the objective of investigating the morphological characteristics of the bud, flower, and fruit and assessing their relationship with the blank nut percentage in the Bayazi cultivar. The study was executed on 30 trees (replications) over two growing seasons (2023 and 2024) based on a Completely Randomized Design (CRD). For evaluation, samples were collected from 30 mature trees at Research Station No. 2 of the Rafsanjan Pistachio Research Center. Reproductive organs were studied using a binocular microscope and tissue fixation in FAA solution. Fruits were categorized into three groups based on kernel filling: blank, half-filled, and full kernel. The percentage of each group was analyzed using Duncan's Multiple Range Test at a 5% significance level. Results indicated that the pistil in the Bayazi female flower is short and trifurcated, and unlike other cultivars, this structure is maintained even in the mature fruit. Furthermore, cotyledon anomalies were observed in over half of the embryos. The blank nut percentage in the two study years (2023 and 2024) was 41% and 67%, respectively. The significant increase in blankness in the second year coincided with more than 45 days of temperatures exceeding 40 °C. The findings suggest that embryonic morphological weakness and severe heat stress during the kernel filling period are the main factors contributing to blankness in this cultivar, necessitating careful management of environmental stress during this critical phase.

Keywords: Female flower, Cotyledon, Stigma, Embryo development, Heat stress

¹ Research Assistant Professor, Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran.

² Retired Research Assistant Professor, Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran.

³ Lab Expert, Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran.

* Corresponding Author: Email: pakdaman@pri.ir