

ارزیابی سازگاری گرده‌افشانی و انتخاب گرده‌زای مناسب برای رقم تجاری بادام شاهرود ۱۲

موسی رسولی^{۱*}، علی جعفری طائمه^۲، مصطفی رحمتی جنیدآباد^۳ و عباسعلی جنتی‌زاده^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰)

چکیده

بادام یکی از مهم‌ترین گونه‌های جنس *پرونوس* است که بیشتر ارقام آن خودناسازگار و برخی نیز دگرناسازگار هستند. ارقام خودناسازگار برای گرده‌افشانی، تلقیح و تولید میوه نیازمند دانه گرده سازگار از دیگر رقم‌ها هستند. در این راستا بررسی سازگاری گرده‌افشانی والد مادری بادام رقم شاهرود ۱۲ با گرده ژنوتیپ‌های MSK81، MSK82، MSK83، MSK84، رقم شاهرود ۱۴، شاهرود ۱۲ (خودگشنی) و گرده‌افشانی آزاد در شرایط باغ، طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶ انجام گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دانه گرده ارقام شاهرود ۱۴ و ژنوتیپ بذری MSK81 بالاترین سازگاری را با رقم شاهرود ۱۲ داشتند به طوری که بالاترین درصد تشکیل میوه (۱۴/۳۹) در ترکیب تلاقی شاهرود ۱۲ و شاهرود ۱۴ و پس از آن در تلاقی شاهرود ۱۲ با ژنوتیپ بذری MSK81 با ۹/۸۰ درصد، بدست آمد. گرده‌افشانی رقم شاهرود ۱۲ با گرده خودی (خودگشنی) منجر به عدم تشکیل میوه (صفر درصد) در این رقم گردید. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید که نوع دانه گرده تاثیر معنی داری بر صفات ارزیابی شده مرتبط با خشک میوه و مغز مانند طول، عرض و وزن خشک میوه و مغز، وزن پوسته سخت و درصد مغز داشت. رقم شاهرود ۱۲ خودناسازگار بوده و رقم شاهرود ۱۴ و ژنوتیپ بذری MSK81 می‌توانند به عنوان گرده‌زای مناسب برای رقم شاهرود ۱۲ در شرایط آب و هوایی منطقه غرب کشور مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: بادام، تشکیل میوه، سازگاری گرده، عملکرد، گرده‌افشانی کنترل شده

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی و فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر
 ۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی
 ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی
 ۴- استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
 * پست الکترونیک: mousarasouli@gmail.com

مقدمه

بادام با نام علمی *Prunus dulcis* یکی از مهم‌ترین میوه‌های خشک در مناطق معتدله دنیا به‌شمار می‌رود که با توجه به سهولت بالا در برداشت محصول، نگهداری و حمل و نقل آسان، سازگار بودن به خاک‌های آهکی و مناطق نیمه‌خشک، ارزش غذایی بالا و تنوع مصرف، از نظر اقتصادی بسیار با اهمیت می‌باشد. بادام می‌تواند یکی از منابع اصلی تأمین‌کننده انرژی و پروتئین مورد نیاز بدن انسان باشد و بر همین اساس از زمان‌های گذشته کشت و پرورش بادام مورد توجه قرار گرفته است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۸؛ احمدی، ۱۳۹۱). مناطق مناسب برای کشت و پرورش بادام در بین عرض‌های ۵۵-۳۰ درجه شمالی قرار می‌گیرند. طبق آمار سازمان خواروبار جهانی (فائو) کشورهای آمریکا، اسپانیا، ایران، مراکش، سوریه، ایتالیا، تونس، ترکیه، الجزایر، چین، ده کشور مهم تولیدکننده بادام در دنیا هستند. علاوه بر این کشورهای اسپانیا، آمریکا و ایران بیشترین سطح زیر کشت بادام را در دنیا دارند. ایران از نظر سطح و میزان تولید در بین کشورهای تولیدکننده رتبه پنجم را دارد (فائو، ۲۰۱۷). یکی از دلایل پایین بودن ارزش صادراتی بادام‌های ایرانی وجود غیریکنواختی زیاد در محصول عرضه شده می‌باشد که خود ناشی از کاشت نهال‌های بذری، استفاده از ارقام مختلف در احداث باغات قدیمی بادام و عدم احداث باغات جدید با استفاده از ارقام اصلاح شده می‌باشد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). اکثر ارقام و ژنوتیپ‌های بادام خودناسازگار و برخی نیز دگرناسازگار هستند (سوسیاس‌آی کمپانی^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). که برای تولید میوه تجاری نیاز به گرده‌افشانی با دانه گرده مناسب و سازگار دارند. بنابراین، تعیین سازگاری ارقام قبل از احداث باغ از اهمیت بالایی در تولید بادام برخوردار است (سوسیاس‌آی کمپانی، ۱۹۹۰). انتخاب گرده‌زاهای سازگار با رقم اصلی می‌تواند در تولید محصولی با کمیّت و کیفیت بالا مؤثر باشد (کستر^۳ و همکاران، ۱۹۹۱). با توجه به این که بسیاری از ارقام تجاری بادام دارای خود یا دگرناسازگاری از نوع گامتوفتیک می‌باشد لذا جزء گیاهان دگرگرده‌افشان

محسوب می‌شوند (احمدی، ۱۳۹۱). سیستم ناسازگاری گامتوفتیک به‌وسیله یک مکان ژنی بنام S در مادگی و مکان ژنی SF در گرده کنترل می‌شود. در این سیستم آلل‌های خودناسازگار (SI) که در خامه بیان می‌شوند ریبونکلئاز (S-RNases) تولید می‌نمایند که به‌طور اختصاصی رشد لوله گرده با ژنوتیپ مشابه در مکان S را متوقف می‌نماید. همچنین باید توجه داشت که در ارقام بادام دگرناسازگاری نیز وجود دارد (احمدی، ۱۳۹۱). با توجه به اینکه سازگاری بین دانه گرده و مادگی بادام توسط یک مکان ژنی با آلل‌های S مختلف کنترل می‌شود در این روش، ارقام یا ژنوتیپ‌هایی که هر دو آلل S در دانه گرده و مادگی آنها مشابه باشد دگرناسازگار می‌باشند و ارقام یا ژنوتیپ‌هایی که آلل‌های S متفاوتی داشته باشند، دگر سازگار بوده و می‌توان آنها را در باغ در کنار هم کشت کرده و محصول اقتصادی تولید کرد. اگر فقط یکی از آلل‌های S در گرده و مادگی مشابه باشند دگرناسازگاری ۵۰٪ خواهد بود (شرفی و همکاران، ۱۳۸۹). شناخت سازگاری بین گرده و مادگی ارقام مختلف درختان میوه یکی از جنبه‌های بسیار مهم در باردهی است (دیسنتا^۴ و همکاران، ۲۰۰۲). خودناسازگاری در بادام از دیدگاه میوه‌کاری نوین، یک ویژگی بازدارنده شناخته می‌شود که چالش‌هایی را در مدیریت باغ، ایجاد نوسان باردهی و غیریکنواختی محصول به‌همراه دارد (رسولی، ۱۳۹۰). داشتن درک کامل از سیستم و مکانیسم‌های خودناسازگاری در ارقام مختلف بادام به بهنژادگران کمک می‌نماید تا در برنامه‌ریزی تلاقی‌های کنترل شده جهت تهیه بذور هیبرید با سهولت و اطمینان بیشتری عمل نمایند (فرانکلین تانگ و فرانکلین^۵، ۲۰۰۳؛ رسولی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین شناخت کافی سازگاری بین گرده و مادگی رقم‌های مختلف درختان میوه یکی از جنبه‌های بسیار مهم در باردهی است که از دیدگاه میوه‌کاری در گزینش درختان گرده‌زای مناسب برای رقم‌های جدید که از برنامه‌های به‌نژادی معرفی می‌شوند، اهمیت ویژه‌ای دارد (دیسنتا و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین، برای انتخاب بهترین گرده‌زا در یک رقم، انجام گرده‌افشانی

4. Dicenta
5. Franklin-Tong and Franklin

1. Food and Agriculture Organization
2. Socias i company
3. Kester

شاهروود ۲۱، شاهروود ۱۲، فراجیلو، ۱۰-۴، ۵-۱۱ و سوپرنووا روی پایه مادری رقم خودسازگار سوپرنووا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که همه رقم‌های مورد بررسی با رقم سوپرنووا سازگار بودند. بیشترین درصد تشکیل میوه مربوط به تلاقی شاهروود ۲۱ به‌عنوان والد پدری و سوپرنووا بود. هم‌چنین کمترین درصد تشکیل میوه در این آزمایش مربوط به خودگرده‌افشانی رقم سوپرنووا بود (رسولی، ۱۳۹۰؛ رسولی و ایمانی، ۲۰۱۶).

رسولی و همکاران (۱۳۸۹) پژوهشی به‌منظور بررسی خودناسازگاری و دگرناسازگاری برخی از ارقام گیلان انجام دادند. در این آزمایش گیلان رقم زرد دانشکده به‌عنوان پایه مادری با استفاده از دانه گرده خودی و گرده ارقام بینگ، ناپلئون، سفید رضائیه، شبستر و ابرده به صورت کنترل شده گرده‌افشانی شدند. نتایج حاصل از خودگرده‌افشانی رقم مادری نشان داد که این رقم کاملاً خودناسازگار است. هم‌چنین ارقام گرده‌دهنده شبستر، سفید رضائیه و ناپلئون به ترتیب با ۵۶/۳۳، ۵۱/۸۳، ۴۷/۴۹ به‌عنوان گرده‌دهنده مناسب و ارقام ابرده و بینگ به ترتیب با ۲ و ۰/۶۶ درصد میوه به‌عنوان ارقام ناسازگار با رقم زرد دانشکده مشخص شد. در یک مطالعه دیگر، فلاح و همکاران (۱۳۹۵) ارزیابی سازگاری سه رقم تونو، شکوفه، سهند و پنج نژادگان امیدبخش انتخابی A1.16، A9.7، A8.39، A10.11 و A230 با استفاده از روش گرده‌افشانی کنترل شده انجام شد. ترکیب تلاقی‌ها بر پایه هم‌پوشانی گلدهی در سه گروه انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد که ترکیب تلاقی A9.7 × تونو (۶۰/۵۲ درصد تشکیل میوه)، A10.11 × A9.7 (با ۷۹/۲۰ درصد تشکیل میوه) و سهند × شکوفه (با ۷۷/۲۵ درصد تشکیل میوه) بالاترین درصد تشکیل میوه و بیشترین سازگاری در تلاقی‌های به کار رفته در گروه‌های مختلف را داشتند.

علی‌زاده‌سالطه و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی دوره گرده‌افشانی مؤثر در بادام دیر گل رقم شاهروود ۱۲ را مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند بهترین زمان برای گرده‌افشانی ایده‌آل که تشکیل میوه مناسب را به‌همراه

کنترل شده در شرایط باغی و محاسبه درصد میوه‌بندی، به‌عنوان یک روش متداول برای ارزیابی سازگاری گرده استفاده می‌شود (رسولی و همکاران ۱۳۸۸). علاوه بر این بادام دارای نیاز سرمائی کمی بوده و از بسیاری از درختان زودتر گل می‌دهد، اختلاف در زمان گل‌دهی در بین ارقام مختلف بادام بسیار زیاد است و این اختلاف به بیش از یک ماه هم می‌رسد، بنابراین علاوه بر مسئله سازگاری بین ارقام، همزمانی گل‌دهی بین ارقام سازگار نیز ضرورت دارد (درستکار^۱ و همکاران، ۱۳۹۰).

نتایج تجزیه آماری پژوهش انجام شده توسط حسین‌آوا (۱۳۹۴) نشان داد که اثر سال و ترکیبات تلاقی روی تشکیل میوه در تمامی زمان‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده بیشترین درصد تشکیل میوه در تلاقی سهند به‌عنوان والد پدری با صبا به‌عنوان والد مادری به‌دست آمد (۲۹/۷۲ درصد). کمترین درصد تشکیل میوه نیز در تلاقی‌های آراز (والد پدری) و شکوفه (والد مادری)، A200 (والد پدری) با آراز (والد مادری) و شکوفه (والد پدری) با صبا (والد مادری) مشاهده شد (به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۷۱، ۹/۶۵ و ۷/۰۱ درصد). نتایج تجزیه واریانس صفات میوه حاصل از ترکیبات تلاقی‌های مختلف نیز اختلاف معنی‌داری نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، در تلاقی‌هایی که رقم آیدین به‌عنوان والد مادری بود میوه درشت‌تری نسبت به سایر ترکیبات به‌دست آمد (حسین‌آوا، ۱۳۹۴).

اورتگا^۲ و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای گرده‌افشانی دو رقم خودناسازگار بادام به نام‌های رامیلته^۳ و گاریجیوس^۴ با گرده سازگار را مورد بررسی قرار دادند، به این ترتیب که گل‌های این ارقام را در باغ اخته و بلافاصله بعد از اخته کردن خودگرده‌افشانی انجام داده و بعد در زمان‌های صفر، ۵، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از خودگرده‌افشانی با گرده سازگار ارقام لارجوئیت^۵ و دیسمایو^۶ دگرگرده‌افشانی کردند. نتایج نشان داد گرده افشانی در زمان صفر اثری بر تشکیل میوه در گل‌های گرده‌افشانی شده با گرده سازگار نداشت. در آزمایشی تأثیر گرده‌افشانی کنترل شده با دانه گرده ارقام

5. Largueta
6. Desmayo
7. Rasouli and Imani

1. Dorostkar
2. Ortega
3. Ramillete
4. Garrigues

کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان وابسته به وزارت جهاد کشاورزی اجرا شد. این ایستگاه با موقعیت طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۶ دقیقه، ارتفاع از سطح دریا ۱۷۳۳ متر و متوسط بارندگی ۲۴۲ میلی‌متر در سال می‌باشد. نحوه آبیاری این باغ قطره‌ای بوده و نحوه هرس و کوددهی طبق عرف منطقه، هرساله روی درختان بادام ارقام شاهرود ۱۲ و شاهرود ۱۴ اعمال می‌شد.

انتخاب ارقام گرده‌دهنده

پس از بررسی‌های مقدماتی در منطقه مورد مطالعه و با در نظر گرفتن کیفیت محصول، وزن میوه، هم زمانی از نظر زمان گل‌دهی و غیره، رقم شاهرود ۱۲ به‌عنوان والد مادری و ژنوتیپ‌های بذری MSK81، MSK82، MSK83، MSK84، شاهرود ۱۴ و شاهرود ۱۲ به‌عنوان والد پدری در نظر گرفته شدند.

نحوه تهیه دانه گرده

به‌منظور تهیه و جمع‌آوری دانه گرده، قبل از باز شدن گل‌ها، اقدام به قطع شاخه‌هایی به طول ۱/۵-۱ متر که دارای جوانه گل کافی بودند، شد سپس شاخه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. شاخه‌های ارقام انتخاب شده در ظروف ۵ لیتری محتوی آب و ساکارز (۴ درصد) تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری قرار گرفته و در دمای معمولی آزمایشگاه (۲۵-۱۷ درجه سانتی‌گراد) با رعایت فاصله مناسب از یکدیگر قرار گرفت. جهت نفوذ بهتر آب به آوندهای شاخه‌ها و جلوگیری از انسداد آوندها آب ظروف هر ۲ روز تعویض و انتهای شاخه‌ها به‌طور مورب در حد ۵-۳ سانتی‌متر برش مجدد داده می‌شد. گل‌ها بعد از چند روز (۵-۳) و نزدیک به مرحله شکوفا شدن برای گرده‌گیری آماده شدند. بساک پرچم‌های گل‌ها با قیچی کوچک و پنس جدا شده و یا با مالش با دست و استفاده از پنس مناسب جمع‌آوری شده و به‌مدت ۱۲ تا ۲۴ ساعت جهت خشک شدن هر کدام به‌طور جداگانه در محل مناسب در شرایط آزمایشگاهی قرار گرفتند و سپس دانه‌های گرده به ویال‌های کوچک شیشه‌ای با درپوش پنبه‌ای انتقال یافته و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا انجام

داشته باشد در رقم دیر گل شاهرود ۱۲ در شرایط آب و هوایی کرج بین روزهای دوم و چهارم پس از باز شدن گل‌ها بود. پذیرش مادگی در بادام وقتی در بهترین حالت است که گل‌ها در مرحله کاملاً باز شده باشند. حتی در مرحله‌ای که گلبرگ‌ها ریزش می‌کنند، کلاله خاصیت پذیرندگی و گل‌ها خاصیت تشکیل میوه خود را از دست نمی‌دهند (سوسپاس آی‌کمپانی و همکاران، ۲۰۰۴). اما گرده‌افشانی دیر هنگام در رقم شاهرود ۱۲ به میزان زیادی موجب کاهش محصول می‌شود. با توجه به دوره گرده‌افشانی مؤثر همپوشانی گلدهی والد گرده‌زا با رقم شاهرود ۱۲ برای افزایش محصول ضروری است (علی‌زاده و ارزانی، ۲۰۱۴). در بادام معمولاً تشکیل میوه در دگرگرده‌افشانی بیشتر از خودگرده‌افشانی است (سوسپاس آی‌کمپانی و آلونسو، ۲۰۰۴).

در پژوهشی گرده‌افشانی کنترل‌شده در چندین رقم بادام به‌منظور تعیین اثر والد گرده‌دهنده (زنیاً^۳ روی خصوصیات میوه بادام انجام شد. نتایج تأثیر قابل ملاحظه والد گرده‌دهنده روی اندازه میوه، زمان بلوغ و رسیدن آن را نشان داد. همچنین اثر گرده در تضعیف یا تشدید اثرات خواب فیزیولوژیکی نیز به اثبات رسیده است (بهمنی و همکاران، ۱۳۸۱).

با توجه به اینکه سرمازدگی زودرس بهاره در بیشتر سال‌ها به باغ‌های کشور خسارات قابل ملاحظه‌ای وارد می‌کند، کشت و جایگزین کردن ارقام دیرگل به جای کشت نهال‌های بذری می‌تواند این مشکل را تا حدود زیادی برطرف کند. یکی از ارقام دیرگل بادام، رقم دیرگل شاهرود ۱۲ می‌باشد. از آنجا که گرده‌دهنده مناسب در تولید محصول اقتصادی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، هدف از انجام این پژوهش تعیین گرده‌دهنده مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه غرب کشور برای رقم بادام دیرگل شاهرود ۱۲ است.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

این تحقیق در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در باغ ایستگاه تحقیقاتی شهرستان ملایر، مرکز تحقیقات و آموزش

ناخواسته جلوگیری شود. شرایط اقلیمی در زمان گرده‌افشانی در هر روز در دو نوبت یادداشت گردید (جدول ۱). همچنین تعداد گل‌های گرده‌افشانی شده و تاریخ‌های انجام عمل گرده‌افشانی در جدول ۲ آورده شده است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۸ و خدیوی‌خوب و اوسطی، ۱۳۹۵).

اندازه‌گیری درصد تشکیل میوه در زمان‌های مختلف پس از گرده‌افشانی

به‌منظور تعیین درصد تشکیل میوه و همچنین ریزش گل‌های گرده‌افشانی شده، شمارش‌ها در هشت نوبت بعد از گرده‌افشانی انجام شد. شمارش اول در تاریخ (۱۳۹۷/۱/۲۶)، شمارش دوم (۱۳۹۷/۲/۱۳)، شمارش سوم (۱۳۹۷/۲/۲۸)، شمارش چهارم (۱۳۹۷/۳/۱۳)، شمارش پنجم (۹۶/۳/۲۸)، شمارش ششم (۱۳۹۷/۴/۱۱)، شمارش هفتم (۱۳۹۷/۴/۲۷) و شمارش هشتم (۱۳۹۷/۵/۱۰) صورت گرفت (رسولی و همکاران، ۱۳۸۸). بدین ترتیب که کیسه‌ها در زمان شمارش دوم از شاخه‌ها باز شده و گل‌های گرده‌افشانی شده به‌طور جداگانه در هر رقم شمارش گردید. با توجه به تعداد گل‌های گرده‌افشانی شده در هر شاخه، در هر شمارش درصد میوه‌های تشکیل شده طبق رابطه (۲) محاسبه گردید. تعداد و درصد میوه‌های هر واحد آزمایشی و هر تیمار در تاریخ‌های یاد شده، ثبت گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

$$\text{رابطه (۲)} \quad 100 \times \frac{\text{تعداد کل میوه تشکیل شده}}{\text{تعداد گل گرده‌افشانی شده}} = \text{درصد تشکیل میوه}$$

در اواخر تابستان و به هنگام رسیدن میوه‌ها، محصول به‌دست آمده از والدین پدری، تلاقی آزاد و گرده افشانی مصنوعی برداشت گردیده و در نهایت صفات طول و عرض مغز، نسبت طول به عرض مغز، قطر مغز، درصد وزن مغز، وزن مغز، وزن پوسته چوبی، طول خشک میوه، عرض خشک میوه، نسبت طول به عرض خشک میوه، قطر خشک میوه و وزن خشک میوه اندازه‌گیری و یادداشت شدند. سپس اطلاعات جمع‌آوری شده وارد نرم‌افزار Excel شده و پس از نرمال‌سازی و تبدیل داده، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار و ۴ تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1 Version) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین

عمل گرده‌افشانی نگهداری شدند (رسولی و همکاران، ۱۳۸۸؛ شرفی، ۱۳۸۹ و مولائی، ۱۳۹۲).

بررسی جوانه‌زنی دانه گرده در شرایط آزمایشگاه

جهت اطمینان از قدرت جوانه‌زنی دانه‌های گرده جمع‌آوری شده، اقدام به کشت دانه گرده در محیط کشت جامد شد. بدین منظور از محیط کشت جامد حاوی ۱۵ درصد ساکاروز، یک درصد آگار، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک و ۵۰ پی‌پی‌ام کلسیم کلرید استفاده شد. پس از کشت دانه‌های گرده، ظروف کشت به اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بعد از ۴۸ ساعت، دانه‌های گرده کشت شده با میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی (۱۰X) مورد بررسی قرار گرفته، عکس‌برداری شده و مورد شمارش قرار گرفتند و سپس درصد جوانه‌زنی آن‌ها طبق رابطه (۱) تعیین شد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۸).

$$\text{رابطه (۱)} \quad 100 \times \frac{\text{تعداد جوانه زده}}{\text{گل گرده کشت شده}} = \text{درصد جوانه زنی دانه گرده}$$

نحوه اعمال تیمارهای گرده‌افشانی

در مرحله متورم شدن جوانه‌ها و چند روز قبل از باز شدن گل‌های ارقام انتخابی، برای هر تیمار گرده حداقل ۳ شاخه که دارای جوانه گل کافی بودند در جهت‌های مختلف جغرافیایی و بیشتر در دو سمت شمال و جنوب رقم شاهرود ۱۲ به‌عنوان گیرنده دانه گرده، انتخاب شد و ضمن اتیکت‌زنی دانه گرده مورد نظر روی کلاله آن‌ها منتقل شد. در این آزمایش تعداد ۶ اصله درخت بالغ ۱۰ ساله برای والد مادری رقم شاهرود ۱۲ جهت گرده‌افشانی کنترل شده در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از گرده‌افشانی آزاد، شاخه‌های مورد نظر قبل از باز شدن گل‌ها به‌وسیله کیسه‌های پارچه‌ای ململ به ابعاد ۷۰×۵۰ سانتی‌متری پوشانیده شد. در هر شاخه تعدادی از گل‌های باز نشده و گل‌هایی که خیلی زودتر باز شده بودند، حذف و بقیه حفظ شدند. دو روز بعد از باز شدن گل‌ها در هر واحد آزمایشی، هر کیسه باز شده و عمل گرده‌افشانی با گرده‌های ارقام انتخابی با قلم موهای مخصوص برای هر رقم در صبح و عصر انجام گرفت. برای اطمینان از گرده‌افشانی، دوباره گل‌های شکفته شده درون کیسه با دانه گرده نمونه‌های مورد نظر گرده افشانی شدند. در تمام مراحل گرده‌افشانی، ضدعفونی دست‌ها و وسایل به‌وسیله الکل اتیلیک انجام گردید تا از آلودگی به دانه گرده

جدول ۱- شرایط اقلیمی باغ در زمان انجام گرده‌افشانی کنترل شده بادام رقم شاه‌رود ۱۲

| وضعیت باد | وضعیت آسمان | دمای حداقل (°C) | دمای بعد از ظهر (°C) | دمای صبح (°C) | تاریخ |
|----------------|-------------|-----------------|----------------------|---------------|-----------|
| وزش نسیم ملایم | ابری | ۶ | ۲۲ | ۱۶ | ۱۳۹۷/۱/۸ |
| وزش نسیم ملایم | آفتابی | ۶ | ۲۱ | ۱۶ | ۱۳۹۷/۱/۹ |
| وزش نسیم ملایم | آفتابی | ۴ | ۲۰ | ۱۴ | ۱۳۹۷/۱/۱۰ |

جدول ۲- تاریخ‌های گرده‌افشانی تیمارها و تعداد مادگی‌های گرده‌افشانی شده والد مادری بادام رقم شاه‌رود ۱۲

| شماره | والد مادری | والد پدری | تاریخ‌های گرده‌افشانی | تعداد گل‌های گرده‌افشانی |
|-------|------------|------------|-----------------------|--------------------------|
| ۱ | شاه‌رود ۱۲ | MSK81 | ۱۳۹۷/۱/۸ | ۱۰۰ |
| ۲ | شاه‌رود ۱۲ | MSK82 | ۱۳۹۷/۱/۸ | ۱۰۰ |
| ۳ | شاه‌رود ۱۲ | MSK83 | ۱۳۹۷/۱/۹ | ۱۰۰ |
| ۴ | شاه‌رود ۱۲ | MSK84 | ۱۳۹۷/۱/۹ | ۱۰۰ |
| ۵ | شاه‌رود ۱۲ | شاه‌رود ۱۴ | ۱۳۹۷/۱/۱۰ | ۱۰۰ |
| ۶ | شاه‌رود ۱۲ | شاه‌رود ۱۲ | ۱۳۹۷/۱/۱۰ | ۱۰۰ |

داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. همچنین همبستگی ساده بین صفات مورفولوژیک با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Version 16.0) انجام گردید.

نتایج و بحث

برای ارزیابی جوانه‌زنی دانه گرده، در چند نوبت دانه‌های گرده ارقام و ژنوتیپ‌های گرده‌دهنده کشت و بررسی گردیدند. نتایج حاصل نشان داد که قدرت جوانه‌زنی دانه گرده ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف بین ۵۵ تا ۷۸ درصد بود که نشان داد دانه‌های گرده مورد استفاده سالم و دارای قدرت جوانه‌زنی یا قوه نامیه مناسب برای استفاده در این تحقیق بودند. نتایج این آزمایش با گزارش‌های امانی و همکاران (۱۳۹۶)، فرانکین‌تونک^۱ (۲۰۰۸) و فرانکین‌تونک و فرانکلین (۲۰۰۳) مشابه بود. در درختان میوه میزان درصد جوانه‌زنی دانه گرده بر اساس نوع و غلظت ترکیبات به کار رفته در محیط کشت متفاوت است. بنابراین، باید محیط کشت مناسب هرگونه یا رقم به صورت اختصاصی تهیه گردد. درصد جوانه‌زنی دانه گرده ارقام بادام در کشت‌های درون شیشه‌ای در محدوده ۹۵-۱۲ درصد گزارش شده است که این درصد نسبت به زردآلو، هلو و گیلاس بالاتر است (شرفی، ۱۳۸۹؛ فلاح و همکاران، ۱۳۹۴).

درصد تشکیل میوه در زمان‌های مختلف

به منظور تعیین درصد تشکیل میوه و همچنین درصد ریزش گل‌های گرده‌افشانی شده، در هشت نوبت پس از عمل گرده‌افشانی، کیسه‌ها باز شده و گل‌های گرده‌افشانی شده به طور جداگانه در ترکیب تلاقی شمارش شدند. با توجه به تعداد گل‌های گرده‌افشانی شده در هر شاخه، در هر شمارش درصد میوه‌های تشکیل شده، تجزیه آماری شد. شمارش اول ۱۵ روز بعد از گرده‌افشانی انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین تیمارهای مختلف مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ از نظر درصد تشکیل میوه وجود داشت (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد تشکیل میوه با ۹۳/۵۸ درصد مربوط به تلاقی والد مادری شاه‌رود ۱۲ با والد پدری MSK81 بود. از طرفی کمترین درصد تشکیل میوه مربوط به تلاقی والد مادری شاه‌رود ۱۲ با والد گرده دهنده MSK84 به میزان ۷۲/۹۱ درصد بود (جدول ۴). در شمارش دوم که ۱۷ روز بعد از گرده‌افشانی انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ از نظر درصد تشکیل میوه وجود داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بالاترین درصد تشکیل میوه با ۳۵/۱۳ درصد مربوط به تلاقی والد مادری شاه‌رود ۱۲ با گرده‌دهنده MSK81 و کمترین درصد تشکیل میوه مربوط به تلاقی والد مادری شاه‌رود ۱۲ در گرده‌افشانی آزاد با ۸/۰۲ درصد

1. Franklin-Tong

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نوع گرده روی درصد تشکیل میوه والد مادری بادام رقم شاهرود ۱۲ در مراحل مختلف شمارش

| میانگین مربعات | | | | | | | | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|----------------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|------------|------------|---------------------|----------------|
| شمارش اول | شمارش دوم | شمارش سوم | شمارش چهارم | شمارش پنجم | شمارش ششم | شمارش هفتم | شمارش هشتم | | |
| ۰/۹۹* | ۵/۶۸* | ۵/۱۸* | ۴/۳۷* | ۴/۶۱* | ۶/۶۶** | ۶/۶۵** | ۶/۶۵** | ۶ | تیمار |
| ۰/۳۱ | ۱/۹۰ | ۱/۵۰ | ۱/۵۰ | ۱/۴۲ | ۱/۲۶ | ۱/۲۲ | ۱/۲۲ | ۱۸ | اشتباه آزمایشی |
| | | | | | | | | ۲۷ | کل |
| ۶/۱۵ | ۳۰/۵۹ | ۳۹/۷۰ | ۲۶/۳۶ | ۲۷/۴۴ | ۲۱/۵۱ | ۳۰/۷۹ | ۲۰/۷۹ | ضریب تغییرات (درصد) | |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ در آزمون دانکن.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر نوع گرده بر درصد تشکیل میوه والد مادری بادام رقم شاهرود ۱۲ در مراحل مختلف شمارش

| ترکیب تلاقی | والدمادری | والدین پدری | شمارش اول | شمارش دوم | شمارش سوم | شمارش چهارم | شمارش پنجم | شمارش ششم | شمارش هفتم | شمارش هشتم |
|-------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ۱ شاهرود ۱۲ | MSK۸۱ | ۹۳/۵۸ ^a | ۳۵/۱۳۰ ^a | ۱۵/۱۹ ^{ab} | ۱۰/۴۴ ^{ab} | ۱۰/۱۱ ^{ab} | ۹/۸۰ ^{ab} | ۹/۸۰ ^{ab} | ۹/۸۰ ^{ab} | ۹/۸۰ ^{ab} |
| ۲ شاهرود ۱۲ | MSK۸۲ | ۹۱/۹۸ ^a | ۲۵/۰۸ ^{ab} | ۱۱/۵۸ ^b | ۱۰/۰۱ ^{ab} | ۸/۷۱ ^b | ۸/۷۱ ^b | ۸/۷۱ ^b | ۸/۷۱ ^b | ۸/۷۱ ^b |
| ۳ شاهرود ۱۲ | MSK۸۳ | ۷۵/۰۵ ^b | ۲۷/۵۹ ^{ab} | ۱۲/۲۹ ^{ab} | ۹/۰۸ ^b | ۸/۸۳ ^b | ۸/۸۳ ^b | ۸/۸۳ ^b | ۸/۸۳ ^b | ۸/۸۳ ^b |
| ۴ شاهرود ۱۲ | MSK۸۴ | ۷۲/۹۱ ^b | ۲۳/۹۷ ^{ab} | ۱۳/۹۶ ^{ab} | ۹/۵۸ ^b | ۸/۸۲ ^b | ۸/۱۴ ^b | ۷/۸۰ ^b | ۷/۸۰ ^b | ۷/۸۰ ^b |
| ۵ شاهرود ۱۲ | شاهرود ۱۴ | ۸۷/۲۱ ^{ab} | ۲۲/۷۹ ^{ab} | ۱۸/۸۰ ^a | ۱۴/۸۰ ^a | ۱۴/۳۹ ^a | ۱۴/۳۹ ^a | ۱۴/۳۹ ^a | ۱۴/۳۹ ^a | ۱۴/۳۹ ^a |
| ۶ شاهرود ۱۲ | گرده افشانی آزاد | ۷۸/۷۳ ^{ab} | ۸/۰۲ ^c | ۳/۲۴ ^c | ۲/۶۶ ^c | ۲/۲۸ ^c | ۰/۹۳ ^c | ۰/۹۳ ^c | ۰/۹۳ ^c | ۰/۹۳ ^c |
| ۷ شاهرود ۱۲ | شاهرود ۱۲ | ۷۳/۹۵ ^b | ۱۵/۶۶ ^b | ۴/۷۵ ^c | ۳/۱۷ ^c | ۲/۲۰ ^c | ۰/۰۰ ^c | ۰/۰۰ ^c | ۰/۰۰ ^c | ۰/۰۰ ^c |

اعداد هر ستون با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد.

در شمارش پنجم (۷۵ روز بعد از گرده‌افشانی) نیز بین تیمارهای مختلف مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ از نظر درصد تشکیل میوه وجود داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، در تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ و شاهرود ۱۴ بیشترین درصد تشکیل میوه (با ۱۴/۳۹ درصد) مشاهده شد. از طرفی کمترین درصد تشکیل میوه با ۲/۲۰ در تلاقی شاهرود ۱۲ با گرده خودی به‌دست آمد (جدول ۴).

در شمارش‌های ششم، هفتم و هشتم که به‌ترتیب در زمان‌های (۹۰، ۱۰۵ و ۱۲۰ روز پس از گرده‌افشانی) انجام شد، نتایج نشان داد که از شمارش ششم به بعد درصد تشکیل میوه یک روند ثابت را دنبال کرده و دچار تغییر محسوسی نشده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف مورد بررسی در هر سه شمارش اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد از نظر تأثیر منابع مختلف دانه گرده بر درصد تشکیل میوه وجود داشت (جدول ۳). در سه شمارش پایانی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ و شاهرود ۱۴ با ۱۴/۳۹ درصد تشکیل میوه و تلاقی شاهرود

بود (جدول ۴). در شمارش سوم (۴۵ روز بعد از گرده افشانی) تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ از نظر درصد تشکیل میوه وجود داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین درصد تشکیل میوه با ۱۸/۸۰ درصد مربوط به تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ با والد پدری شاهرود ۱۴ بود. کمترین درصد تشکیل میوه از تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ در گرده‌افشانی آزاد با ۳/۲۴ درصد حاصل شد (جدول ۴).

در شمارش چهارم (۶۰ روز بعد از گرده‌افشانی) مشابه دو شمارش قبلی تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ از نظر درصد تشکیل میوه وجود داشت (جدول ۳). در این شمارش بالاترین درصد تشکیل میوه با ۱۴/۸۰ درصد مربوط به تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ با والد پدری شاهرود ۱۴ بود و کمترین درصد تشکیل میوه (۲/۶۶) در تلاقی شاهرود ۱۲ به‌عنوان پذیرنده گرده در گرده‌افشانی آزاد مشاهده شد (جدول ۴).

۱۲ با ژنوتیپ بذری MSK81 با ۹/۸۰ درصد تشکیل میوه، بیشترین تاثیر را بر درصد تشکیل میوه بین تلاقی‌های انجام شده داشتند. از طرفی کمترین درصد تشکیل میوه مربوط به تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ با گرده خودی با صفر درصد تشکیل میوه بود (جدول ۴). نمودار ریزش میوه در شکل (۲) نشان داده شده است.

چنانچه در گرده‌افشانی بادام درصد تشکیل میوه بین صفر تا ۱ درصد باشد، به‌عنوان خودناسازگار، بین ۲ تا ۵ درصد نیمه خودناسازگار، بین ۶ تا ۱۰ درصد خودسازگار و بالای ۱۰ درصد کاملاً خودسازگار است (اورتگا و دیسنتا، ۲۰۰۳). بنابراین در این آزمایش تلاقی‌های والد مادری شاهرود ۱۲ با والد‌های پدری MSK81، MSK82، MSK83، MSK84 که درصد نهایی تشکیل میوه آن‌ها بین ۶ تا ۱۰ درصد بود، سازگار می‌باشد. هم‌چنین تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ با والد پدری شاهرود ۱۴ که در آن درصد تشکیل میوه ۱۴/۳۹ درصد بود، دارای سازگاری کامل می‌باشد. اما تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ با گرده خودی که در آن درصد تشکیل میوه صفر درصد بود، دارای ناسازگاری است. در پژوهشی که رسولی و همکاران (۱۳۸۸) به‌منظور ارزیابی سازگاری رقم سوپرنووا با چند رقم انتخابی بادام انجام دادند گزارش کردند که مرحله اول ریزش گل در بادام به‌دلیل عقیم یا ناقص بودن مادگی یا دانه گرده منتقل شده به سطح کلاله می‌باشد. همچنین بیان کردند که در حدود ۱۷ تا ۳۰ روز پس از گل‌دهی برخی میوه‌های کوچک تشکیل شده به‌دلیل عدم لقاح مناسب و تشکیل نشدن جنین ریزش نمودند که خودناسازگاری و دگرناسازگاری مهم‌ترین دلیل ریزش میوه در این مرحله بود. نتایج حاضر نیز نشان می‌دهد که در برخی تیمارها در شمارش دوم و تا حدودی شمارش سوم که بین ۳۰ تا ۴۰ روز پس از گرده‌افشانی گل‌ها بوده است، گل‌های گرده‌افشانی شده به‌شدت دچار ریزش شده‌اند که به‌احتمال قوی ناشی از ناسازگاری دانه گرده والد‌های پدری با مادگی والد مادری می‌باشد. همچنین رسولی و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که در مراحل بعدی عدم تکامل جنین و تنش‌های محیطی می‌تواند باعث ریزش در میوه شود یا رقابت میوه‌ها برای جذب عناصر غذایی می‌تواند باعث ریزش میوه در مراحل بعد شود. ارزیابی‌های انجام شده توسط

علیزاده و ارزانی (۲۰۱۴) که برای انتخاب گرده‌افشان مناسب برای ارقام دیرگل بادام انجام شد، نشان داد که بیشترین درصد نهایی تشکیل میوه برای رقم شاهرود ۲۱ به میزان ۳۲/۸۷ درصد با استفاده از دانه گرده رقم جنکو و حداقل مقدار نیز در خودگرده‌افشانی آن ۰/۱۹ درصد بود. برای شاهرود ۱۲ نیز حداکثر درصد تشکیل میوه با دانه‌گرده ۵-۱۵ و حداقل مقدار ۰/۹۰ درصد در خودگرده‌افشانی آن به‌دست آمد که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق تا حدودی دارای مطابقت است. هرچند که نتایج درصد تشکیل میوه در این آزمایش کمتر از نتایج به‌دست آمده توسط علیزاده و ارزانی بود که دلیل این تفاوت می‌تواند ناشی از اثرات عوامل محیطی روی درصد تشکیل میوه باشد. اورتگا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در تشکیل گل و میوه بادام عوامل متعدد محیطی نیز دخالت دارد که از این عوامل می‌توان به میزان و کیفیت خاک، هرس، کود و شرایط اقلیمی اشاره کرد.

محمدپور (۱۳۹۷) در آزمایشی که به‌منظور بررسی سازگاری گرده ارقام A1، تونو، شاهرود ۲۱، سهند، سوپرنووا بر روی پایه مادری شاهرود ۱۲ انجام دادند گزارش کردند که بیشترین درصد نهایی تشکیل میوه با ۱۶ درصد مربوط به نتایج حاصل از تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ با والد پدری A1 و کمترین درصد تشکیل میوه مربوط به والد مادری شاهرود ۱۲ و گرده‌افشانی آزاد با مقدار تشکیل میوه ۳/۳۳ درصد بود که این نتایج تا حدود زیادی با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت داشت.

پس از باز شدن گل‌ها، ریزش گل و ریزش میوه ممکن است در سه مرحله اتفاق افتد: اولین ریزش میوه حدود ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی اتفاق افتد و مربوط به گل‌های گرده‌افشانی نشده می‌باشد. علت آن به نقص مادگی و عقیمی گل‌ها نسبت داده می‌شود. این مورد برحسب ارقام مختلف متفاوت است. ریزش دوم میوه حدود ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی و مربوط به میوه‌چه‌های تلقیح نشده‌ای بوده که در اثر ناسازگاری گرده‌افشانی ریزش می‌نمایند. سومین ریزش میوه حدود ۴۵ روز بعد از گرده‌افشانی مشاهده می‌شود و مربوط به سقط جنین می‌باشد که بر اثر رقابت تغذیه‌ای و یا ژنتیکی می‌باشد که این حالت نیز بسته به نوع

میوه مربوط به ژنوتیپ MSK83 (۱/۴۳)، کمترین قطر مغز مربوط به ژنوتیپ MSK82 (۸/۱۲)، کمترین درصد وزن مغز مربوط به تلاقی شاهرود ۱۲ با ژنوتیپ MSK84 (۱۰/۰۴) درصد)، کمترین وزن خشک میوه مربوط به ژنوتیپ MSK82 (۲۹/۵۹ میلی‌متر)، کمترین عرض خشک میوه مربوط به ژنوتیپ MSK82 (۱۹/۴۲ میلی‌متر)، کمترین نسبت طول به عرض خشک میوه مربوط به تلاقی شاهرود ۱۲ با MSK84 (۱/۳۴)، کمترین قطر خشک میوه مربوط به ژنوتیپ MSK82 (۱۴/۳۳)، کمترین وزن مغز مربوط به ژنوتیپ MSK82 (۱/۱۷ گرم) و کمترین وزن پوسته چوبی مربوط به تلاقی شاهرود ۱۲ با ژنوتیپ MSK84 (۲/۹۳ گرم) بود.

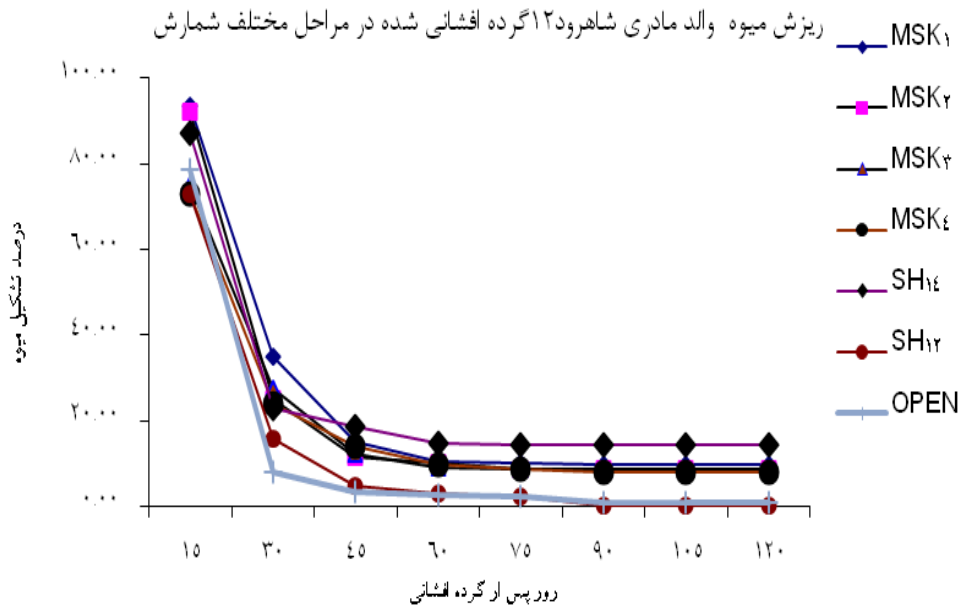
در پژوهشی اثر والد گرده‌زا بر ویژگی‌های میوه‌های نتاج حاصل مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات کمی شامل وزن خشک میوه، درصد خشک‌کردن، درصد میوه دوقلو و ابعاد مغز (طول، عرض و ضخامت) تعیین گردید. نتایج این آزمایش حاکی از این مطلب بود که خصوصیات مغز با توجه به نوع والد گرده‌زا متفاوت بود (آکار^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). بررسی‌های انجام شده توسط علیزاده و ارزانی (۲۰۱۴) نشان داد که بسیاری از خصوصیات مربوط به میوه توارث‌پذیری بالایی داشته و به نتاج منتقل می‌شوند. در گرده‌افشانی رقم شاهرود ۱۲ با دانه گرده ارقام مختلف، اگرچه اختلاف معنی‌داری از نظر خصوصیات میوه مشاهده شد ولی میزان تغییرات بسیار جزئی بود. مارتین و روویرا^۲ (۲۰۰۹) اثر گرده خودی و غیرخودی را بر صفات میوه طی دو سال در رقم خودبارور Guara و Francoli مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نوع گرده تأثیر معنی‌دار بر صفات وزن، طول، عرض و ضخامت مغز و درصد جوانه‌زنی بذر نداشت. بهمنی و همکاران (۱۳۸۱) با بررسی اثر نوع گرده بر صفات چشایی (تلخی و شیرینی)، طول، عرض، ضخامت و وزن هسته و مغز و نیز نسبت وزن مغز به هسته در چهار ژنوتیپ برتر انتخابی بادام گزارش کردند که نوع گرده اثر معنی‌داری بر صفات چشایی (تلخی و شیرینی) نداشت ولی اثر نوع گرده بر صفات طول، عرض، ضخامت و وزن هسته و مغز نیز نسبت وزن مغز به هسته معنی‌دار بود. مارتین و همکاران

رقم متفاوت می‌باشد. اگرچه ریزش گل و میوه همیشه اتفاق می‌افتد، اما بهبود مدیریت باغ، میزان ریزش اولیه و ریزش در مراحل مختلف را می‌تواند کاهش دهد (محمدپور، ۱۳۹۷).

تأثیر دانه گرده بر خصوصیات مورفولوژیکی نتاج حاصل از تلاقی والد مادری شاهرود ۱۲ با والدین پدری انتخابی بادام

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، تأثیر نوع دانه گرده بر خصوصیات مورفولوژیکی (طول مغز، عرض مغز، نسبت طول به عرض مغز، قطر مغز، درصد وزن مغز، وزن خشک میوه، عرض خشک میوه، طول خشک میوه، نسبت طول به عرض خشک میوه، قطر خشک میوه، وزن مغز و وزن پوسته چوبی) نتاج حاصل از والد مادری شاهرود ۱۲ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

بررسی نتایج مقایسه میانگین تأثیر دانه گرده بر خصوصیات مورفولوژیکی نتاج حاصل از والد مادری شاهرود ۱۲ (جدول ۶) نشان داد که بیشترین طول مغز با میانگین ۳۱/۸۵ میلی‌متر) مربوط به رقم شاهرود ۱۴، بیشترین عرض میوه مربوط به تلاقی شاهرود ۱۲ و ژنوتیپ MSK82 (۱۶/۰۴ میلی‌متر)، بیشترین نسبت طول به عرض میوه مربوط به شاهرود ۱۴ (۲/۱۱)، بیشترین قطر مغز مربوط به تلاقی شاهرود ۱۲ با ژنوتیپ MSK82 (۱۱/۰۱)، بیشترین درصد وزن مغز مربوط به ژنوتیپ MSK83 (۱۵/۷۱ درصد)، بیشترین وزن خشک میوه مربوط به شاهرود ۱۴ (۸/۷۴ گرم)، بیشترین طول خشک میوه مربوط به شاهرود ۱۴ (۴۲/۵۴ میلی‌متر)، بیشترین عرض خشک میوه مربوط به تلاقی شاهرود ۱۲ با ژنوتیپ MSK84 (۳۳ میلی‌متر)، بیشترین نسبت طول به عرض خشک میوه مربوط به ژنوتیپ MSK84 (۱/۷۸)، بیشترین قطر خشک میوه مربوط به ژنوتیپ MSK81 (۱۹/۰۵)، بیشترین وزن مغز مربوط به شاهرود ۱۴ (۲/۶۱ گرم) و بیشترین وزن پوسته چوبی مربوط به گرده‌افشانی آزاد با میانگین (۵/۸۴ گرم) بود. کمترین طول مغز با میانگین (۲۰/۱۸ میلی‌لیتر) مربوط به ژنوتیپ MSK83، کمترین عرض میوه مربوط به ژنوتیپ MSK82 با میانگین (۱۲/۳۹ میلی‌متر)، کمترین نسبت طول به عرض



شکل ۲- اثر دانه‌گرده ارقام مختلف بر درصد تشکیل میوه ژنوتیپ شاه‌رود ۱۲ در روزهای بعد از گرده‌افشانی مصنوعی

آزمایشگاه در مقایسه با گرده افشانی کنترل شده در مزرعه دقت بیشتری دارد ولی در این روش نمی‌توان اثر گرده بر خصوصیات میوه را مطالعه نمود. بنابراین، گرده‌افشانی کنترل شده در مزرعه هر چند دقت کافی ندارد ولی برای بررسی اثر گرده بر خصوصیات میوه، هنوز هم لازم و ضروری می‌باشد. دیسنتا و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی اثر خودگرده‌افشانی و دگرگرده‌افشانی بر خصوصیات میوه، مغز و رشد لوله‌گرده شش رقم خودسازگار بادام (Lauranne, Marta, Antoneta, Guara, S₂₃₃₂, S₄₀₁₇) گزارش کردند که نوع گرده تأثیر معنی‌داری بر درصد تشکیل میوه، خصوصیات میوه، وزن و اندازه مغز، نسبت پوست به مغز، درصد جوانه‌زنی، تعداد لوله‌گرده نفوذ کرده به تخمدان و طول لوله‌گرده به همراه نداشت. ولی دگرگرده‌افشانی در این ارقام بر خلاف خودگرده‌افشانی اثر مثبت بر وزن مغز داشت هرچند که تفاوت‌ها معنی‌داری نبودند. اورتگا و دی‌سنتا (۲۰۰۳) با بررسی خودگرده‌افشانی و دگرگرده‌افشانی در ۲۶ ژنوتیپ و دو رقم خودسازگار بادام (Lauranne, Marta) گزارش کردند که در ارقام خودسازگار اثر گرده خودی و غیر خودی بر خصوصیات مهم مغز از قبیل زمان رسیدن میوه، سفتی پوست، درصد پوست به مغز، وزن

(۲۰۱۱) همچنین در طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ اثر گرده‌افشانی آزاد و گرده خودی را در ارقام خودسازگار Guara و Francoli از طریق گرده‌افشانی کنترل شده در مزرعه مطالعه کرده و گزارش کردند که بین دو نوع گرده‌افشانی از نظر درصد تشکیل میوه و خصوصیات آن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی از نظر برخی خصوصیات میوه تفاوت بسیار جزئی مشاهده شد که احتمالاً ناشی از ژنوتیپ یا محیط می‌باشد. مارتینز‌گارسیا و همکاران (۲۰۱۱) برای مطالعه اثر گرده بر تشکیل میوه و صفات آن در شش رقم خودسازگار بادام، در گرده‌افشانی با گرده خودی و گرده ارقام دیگر گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری از نظر تشکیل میوه و صفات مورد مطالعه بین نوع گرده‌افشانی (خودی و غیر خودی) مشاهده نشد. بنابراین، ارقام خودسازگار می‌توانند به صورت تکی برای احداث باغات بادام استفاده و مسائل غیریکنواختی میوه رفع شود. کستر و همکاران (۱۹۹۷) طی چند بررسی خودسازگاری، توارث خصوصیات مغز، رابطه بین اندازه، شکل و وزن مغز چند رقم بادام را با روش‌های گرده‌افشانی کنترل شده در مزرعه و آزمایشگاه با استفاده از میکروسکوپ فلورسنت مطالعه و گزارش کردند که هر چند که گرده افشانی کنترل شده در

همچنین نسبت طول به عرض مغز با نسبت طول به عرض خشک میوه ($r=0/81$)، طول مغز ($r=0/81$) همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد.

محمدپور (۱۳۹۷) که خصوصیات کمی و کیفی میوه در ۱۰۰ ژنوتیپ بادام را مورد بررسی قرار داد، گزارش کرد که در بین صفات مربوط به خشک میوه و مغز، طول خشک میوه با نسبت طول به عرض خشک میوه ($r=+0/184$)، وزن مغز با وزن خشک مغز ($r=+0/825$) و همچنین وزن خشک میوه با وزن مغز ($r=+0/325$) همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. سپهوند و همکاران (۱۳۹۲) همبستگی صفات رویشی و زایشی تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام را بررسی کردند و گزارش کردند که اندازه و وزن میوه دارای پوست سبز، اندازه و وزن خشک میوه، اندازه و وزن مغز به صورت دو طرفه با یکدیگر در سطح ۱ درصد همبستگی مثبت معنی‌دار داشتند. در پژوهشی دیگر کاوند و همکاران (۱۳۸۸) تنوع مورفولوژیک تعدادی از ژنوتیپ‌های بذری بادام را در منطقه بروجرد مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بین وزن مغز با طول، عرض و ضخامت میوه (ابعاد) و طول، عرض و ضخامت مغز وجود داشت. این نتایج با یافته‌های آزمایش حاضر دارای انطباق زیادی بود. لانسری^۱ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که خصوصیات خشک میوه و مغز کمتر تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد و در مقایسه با ویژگی‌های برگ و شاخه در ارزیابی تنوع ژنتیکی بین ارقام و ژنوتیپ‌های بادام اهمیت بیشتری دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تلاقی شاهرود ۱۲ و شاهرود ۱۴ با ۱۴/۳۹ درصد تشکیل میوه و پس از آن تلاقی شاهرود ۱۲ با ژنوتیپ بذری MSK81 با ۹/۸۰ درصد تشکیل میوه، بالاترین درصد تشکیل میوه و بیشترین سازگاری در تلاقی‌های به کار رفته در گروه‌های مختلف را داشتند. نتایج حاصل نشان داد که رقم شاهرود ۱۲ خودناسازگاری باشد. همچنین نتایج حاصل از بررسی صفات کمی نتایج حاصل از تلاقی نشان داد که نوع منبع گرفته دهنده بر روی صفات خشک میوه و مغز تأثیرگذار است و در اثر تعویض پایه‌های گرفته‌ده صفات خشک میوه و

مغز، اندازه، رنگ، شکل، دوقلوئی و پوکی مغز غیرمعنی‌دار بود. بررسی‌های انجام شده توسط سایر محققان نیز تأثیر کمتر دانه گرده را بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه تأیید کرده است به طوری که دی‌ستنا و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی اثر خود و دگرگرفته‌افشانی شش رقم خودسازگار بادام بر خصوصیات میوه و مغز ثابت کردند که خود گرده‌افشانی با دانه گرده ارقام مختلف اثر معنی‌داری بر خصوصیات تشکیل میوه، درصد تشکیل میوه، وزن و اندازه مغز و درصد مغز نشان می‌دهد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که دانه گرده روی وزن مغز تأثیر مثبت داشت ولی این تأثیر معنی‌دار نبود. همچنین استفاده از ارقام گرده دهنده مناسب می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش عملکرد در بادام شود (درستکار و همکاران، ۱۳۹۰).

نتایج حاصل از پژوهش حاضر به طور واضح نشان می‌دهد که در اثر تعویض منبع گرده خصوصیات مورفولوژیک مربوط به خشک میوه و مغز تفاوت پیدا کرده است. این نتایج با پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثر منبع دانه گرده بر خصوصیات میوه و مغز بادام تا حدودی در برخی از موارد دارای تطابق است.

ضرایب همبستگی ساده صفات

در جدول ۷ ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه درج شده است، بررسی نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین صفات مربوط به خشک میوه و مغز وجود دارد. به طور مثال بین وزن خشک میوه با طول خشک میوه ($r=0/85$)، عرض خشک میوه ($r=0/82$)، وزن مغز ($r=0/97$)، طول مغز ($r=0/88$) و عرض مغز ($r=0/80$) رابطه مثبت و معنی‌دار وجود داشت. با افزایش وزن خشک میوه این صفات نیز افزایش یافته است. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش وزن خشک میوه، وزن مغز نیز به طور بسیار معنی‌دار افزایش می‌یابد. وزن مغز نیز با طول خشک میوه ($r=0/86$)، عرض خشک میوه ($r=0/80$)، قطر خشک میوه ($r=0/65$)، طول مغز ($r=0/89$)، عرض مغز ($r=0/77$) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت که نشان دهنده این مطلب است که با افزایش وزن مغز، ابعاد خشک میوه و مغز به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد.

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر نوع دانه‌گرده بر خصوصیات مورفولوژیکی نتاج والد مادری شاهرود ۱۲

| منابع تغییر | درجه آزادی | طول مغز | عرض مغز | نسبت طول به عرض مغز | قطر مغز | درصد وزن مغز | وزن خشک میوه | طول خشک میوه | عرض خشک میوه | نسبت طول به عرض خشک میوه | قطر خشک میوه | وزن مغز پسته چوبی | وزن پسته چوبی |
|-----------------|------------|---------|---------|---------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------|-------------------|---------------|
| تیمار | ۱۰ | ۳۴/۸۹** | ۳/۶۳** | ۰/۱۰** | ۱/۹۸** | ۱۰/۳۳** | ۵/۸۶** | ۵۱/۲۱** | ۳۶/۱۴** | ۰/۰۶۳** | ۵/۰۹** | ۳/۷۷** | ۰/۵۳** |
| اشتیاه | ۲۲ | ۰/۰۰۱۷ | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۰۲۶ | ۵/۹۰ | ۰/۰۰۲۸ | ۰/۰۰۱۳ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۸ |
| آزمایشی | | | | | | | | | | | | | |
| ضریب تغییرات(%) | | ۰/۱۵ | ۰/۱۴ | ۰/۸۸ | ۰/۱۹ | ۰/۱۸ | ۰/۴۲ | ۰/۴۵ | ۱۰/۰۸ | ۳/۴۹ | ۰/۲۲ | ۱/۴۷ | ۰/۶۳ |

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر نوع دانه‌گرده بر خصوصیات مورفولوژیکی نتاج والد مادری شاهرود ۱۲

| نتاج و والدین پدری | طول مغز | عرض مغز | نسبت طول به عرض مغز | قطر مغز | درصد وزن مغز | وزن خشک میوه | طول خشک میوه | عرض خشک میوه | نسبت طول به عرض خشک میوه | قطر خشک میوه | وزن مغز پسته چوبی | وزن پسته چوبی |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| MSK ₈₁ × شاهرود ۱۲ | ۲۴/۴۹ ⁱ | ۱۳/۶۳ ⁱ | ۱/۸۲ ^f | ۹/۴۶ ^h | ۱۱/۴۱ ^g | ۵/۶۳ ⁱ | ۳۴/۴۳ ^g | ۲۲/۲۹ ^{bc} | ۱/۵۳ ^{bc} | ۱۵/۳۴ ⁱ | ۱/۶۵ ^f | ۳/۷۲ ^f |
| MSK ₈₂ × شاهرود ۱۲ | ۲۶/۰۳ ^f | ۱۶/۰۴ ^a | ۱/۶۳ ⁱ | ۱۱/۰۱ ^a | ۱۰/۲۷ ^j | ۷/۶۷ ^d | ۳۵/۶۶ ^e | ۲۵/۴۵ ^b | ۱/۳۸ ^d | ۱۷/۵۳ ^d | ۲/۱۱ ^c | ۳/۰۸ ⁱ |
| MSK ₈₃ × شاهرود ۱۲ | ۲۵/۶۰ ^h | ۱۴/۸۲ ^f | ۱/۷۴ ^h | ۱۰/۴۱ ^d | ۱۱/۲۸ ^h | ۶/۸۰ ^g | ۳۲/۰۲ ^h | ۲۴/۱۱ ^{bc} | ۱/۳۴ ^e | ۱۶/۵۳ ^g | ۲/۰۵ ^d | ۴/۵۹ ^d |
| MSK ₈₄ × شاهرود ۱۲ | ۲۷/۴۱ ^e | ۱۵/۸۰ ^b | ۱/۷۵ ^{gh} | ۱۰/۸۰ ^b | ۱۰/۰۴ ^k | ۷/۲۲ ^e | ۳۷/۶۹ ^d | ۳۳ ^a | ۱/۵۹ ^b | ۱۶/۵۱ ^g | ۲/۰۲ ^d | ۲/۹۳ ^j |
| شاهرود ۱۴ × شاهرود ۱۲ | ۲۵/۸۹ ^g | ۱۳/۴۸ ^j | ۱/۹۴ ^c | ۱۰/۰۱ ^f | ۱۱/۴۶ ^f | ۶/۳۱ ^h | ۳۵/۰۷ ^f | ۲۲/۴۳ ^{bc} | ۱/۵۸ ^b | ۱۵/۸۱ ^h | ۱/۷۸ ^e | ۴/۲۲ ^e |
| گرده‌افشانی آزاد | ۲۹/۵۳ ^c | ۱۵/۴۵ ^c | ۱/۸۹ ^d | ۱۰/۷۶ ^c | ۱۰/۴۹ ⁱ | ۸/۶۲ ^b | ۳۸/۷۶ ^c | ۲۶/۲۰ ^b | ۱/۴۷ ^{dc} | ۱۷/۷۴ ^b | ۲/۴۲ ^b | ۵/۸۴ ^a |
| MSK ₈₁ | ۲۸/۲۱ ^d | ۱۵/۱۹ ^d | ۱/۸۵ ^e | ۱۰/۰۹ ^e | ۱۳/۰۷ ^d | ۸/۰۴ ^c | ۳۷/۵۳ ^d | ۲۳/۶۱ ^{bc} | ۱/۵۴ ^{bc} | ۱۹/۰۵ ^a | ۲/۰۷ ^{cd} | ۵/۷۷ ^b |
| MSK ₈₂ | ۲۲/۱۸ ^j | ۱۲/۲۹ ^k | ۱/۷۷ ^g | ۸/۱۲ ^j | ۱۴/۲۳ ^b | ۴/۵۲ ^k | ۳۹/۵۹ ^j | ۱۹/۴۲ ^c | ۱/۵۰ ^{bc} | ۱۴/۳۳ ^j | ۱/۱۷ ^h | ۳/۳۴ ^h |
| MSK ₈₃ | ۲۰/۱۸ ^k | ۱۴/۱۰ ^h | ۱/۴۳ ^j | ۹/۸۳ ^g | ۱۵/۷۱ ^a | ۵/۰۳ ^j | ۲۹/۸۷ ⁱ | ۲۱/۵۳ ^{bc} | ۱/۳۷ ^e | ۱۷/۴۳ ^e | ۱/۳۷ ^g | ۳/۴۴ ^g |
| MSK ₈₄ | ۳۰/۰۱ ^b | ۱۴/۴۸ ^g | ۲/۰۵ ^b | ۹/۴۲ ⁱ | ۱۴/۱۲ ^c | ۷/۱۱ ^f | ۴۰/۹۳ ^b | ۲۲/۶۶ ^{bc} | ۱/۷۸ ^a | ۱۶/۶۷ ^f | ۲/۰۴ ^d | ۴/۹۱ ^c |
| شاهرود ۱۴ | ۳۱/۸۵ ^a | ۱۴/۹۵ ^e | ۲/۱۱ ^a | ۹/۸۴ ^g | ۱۱/۷۲ ^e | ۸/۷۴ ^a | ۴۲/۵۴ ^a | ۲۳/۴۴ ^{bc} | ۱/۷۷ ^a | ۱۷/۶۴ ^c | ۲/۶۱ ^a | ۵/۸۱ ^{ab} |

اعداد هر ستون با حروف غیر مشابه در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری دارد.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در والدین پدری و نتاج حاصل از تلاقی‌های کنترل شده

| صفت | وزن خشک میوه | طول خشک میوه | عرض خشک میوه | نسبت طول به عرض خشک میوه | قطر خشک میوه | وزن مغز پسته چوبی | وزن مغز | طول مغز | عرض مغز | نسبت طول به عرض مغز | قطر مغز | درصد وزن مغز |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------|-------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|--------------|
| وزن خشک میوه | ۱/۰۰۰ | | | | | | | | | | | |
| طول خشک میوه | ۰/۸۵۳** | ۱/۰۰۰ | | | | | | | | | | |
| عرض خشک میوه | ۰/۸۲۱** | ۰/۵۵۵ | ۱/۰۰۰ | | | | | | | | | |
| طول به عرض خشک میوه | ۰/۳۷۰ | ۰/۷۵۵* | -۰/۱۲۶ | ۱/۰۰۰ | | | | | | | | |
| قطر خشک میوه | ۰/۷۳۲* | ۰/۴۸۴ | ۰/۶۲۰* | ۰/۰۷۹ | ۱/۰۰۰ | | | | | | | |
| وزن مغز | ۰/۹۷۶** | ۰/۸۶۹** | ۰/۸۰۶** | ۰/۳۹۷ | ۰/۶۵۹* | ۱/۰۰۰ | | | | | | |
| وزن پسته چوبی | ۰/۶۷۰* | ۰/۶۱۵* | ۰/۳۷۶ | ۰/۴۳۸ | ۰/۵۶۱ | ۰/۶۶۹* | ۱/۰۰۰ | | | | | |
| طول مغز | ۰/۸۸۶** | ۰/۹۷۰** | ۰/۵۸۹ | ۰/۶۹۷* | ۰/۴۴۹ | ۰/۸۹۹** | ۰/۷۰۴* | ۱/۰۰۰ | | | | |
| عرض مغز | ۰/۸۰۴** | ۰/۵۷۵ | ۰/۸۳۵** | ۰/۰۲۲ | ۰/۷۵۱** | ۰/۷۷۰** | ۰/۲۱۰ | ۰/۵۴۴ | ۱/۰۰۰ | | | |
| طول به عرض مغز | ۰/۴۹۸ | ۰/۷۶۱** | ۰/۱۳۴ | ۰/۸۱۱** | -۰/۰۰۱ | ۰/۵۳۶ | ۰/۶۶۹* | ۰/۸۱۸** | -۰/۰۳۷ | ۱/۰۰۰ | | |
| قطر مغز | ۰/۶۵۱* | ۰/۳۵۹ | ۰/۸۹۹** | -۰/۲۹۱ | ۰/۶۱۹* | ۰/۶۴۲* | ۰/۰۸۲ | ۰/۳۴۰ | -۰/۱۹۷ | ۱/۰۰۰ | | |
| درصد وزن مغز | -۰/۵۵۷ | -۰/۳۹۴ | -۰/۷۲۷* | ۰/۱۰۳ | -۰/۰۷۱ | -۰/۵۷۴ | -۰/۱۰۰ | -۰/۴۵۹ | -۰/۱۸۲ | -۰/۱۶۷۹* | ۱/۰۰۰ | |

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

مغز تغییر می‌یابد. بررسی همبستگی ساده بین صفات مشخص کرد که بین صفات خشک میوه و مغز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وجود دارد. با توجه به نتایج حاصل

از این پژوهش، رقم شاهرود ۱۴ و ژنوتیپ بذری MSK81 می‌تواند به عنوان گرده‌زای مناسب برای رقم شاهرود ۱۲ در شرایط آب و هوایی غرب کشور مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- احمدی، س. ۱۳۹۱. بررسی امکان تلاقی ارقام انتخابی بادام و شلیل به‌منظور تولید بذر هیبرید. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۸۰ص.
- امانی، ق.، ایمانی، ع. و زین‌العابدینی، م. ۱۳۹۶. سازگاری گرده‌افشانی برخی ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی بادام با رقم تجاری و دیر گل A200. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۳۲(۲): ۴۷-۶۰.
- بهمنی، ع.، گریگوریان، و.، وزوایی، ع. و ولیزاده، م. ۱۳۸۱. تأثیر نوع و طبیعت گرده روی ابعاد میوه و برخی صفات چشایی مغز بادام. مجله علوم کشاورزی، ۲: ۲۹۶-۲۹۸.
- حسین‌آوا، س. ۱۳۹۴. ارزیابی سازگاری گرده‌افشانی و انتخاب گرده‌زای مناسب برای ارقام تجاری بادام. مجله به‌زادگی نهال و بذر، ۱ (۳۱): ۷۷-۹۴.
- حسین‌زاده، م.، دوراندیش، آ. و نیکوکار، ا. ۱۳۹۰. تحلیل ساختار بازار بین‌المللی بادام و چالش‌های فراوری توسعه صادرات ایران. دومین همایش ملی بادام با محوریت صادرات، ۱۷ و ۱۸ مهر ماه. شهرکرد.
- خدیبوی‌خوب، ع. و اوسطی، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی خودسازگاری، زمان گل‌دهی و خصوصیات مورفولوژیکی برخی از ژنوتیپ‌های بادام برای دستیابی به انتخاب‌های برتر. فن‌آوری تولیدات گیاهی، ۱۶(۱): ۱۰۳-۱۲۴.
- درستکار، م.، مصطفوی، م.، صانعی‌شریعت‌پناهی، م.، حسنی، د.، خلیقی، ا. و نیک‌زاد، ا. ۱۳۹۰. خودسازگاری و ترکیب مناسب کاشت ارقام تجاری بادام. مجله به‌زادگی نهال و بذر، ۴(۲۷): ۴۴۹-۴۵۷.
- رسولی، م. ۱۳۹۰. بررسی وراثت‌پذیری برخی صفات، کنترل ژنتیکی زمان گلدهی و گرده‌افشانی تکمیلی در بادام. رساله دکتری. دانشگاه تهران، ۱۸۸ ص.
- رسولی، م.، ارزانی، ک.، ایمانی، ع. و فتاحی‌مقدم، م. ۱۳۸۹. بررسی سازگاری گرده‌افشانی برخی ارقام گیلان با رقم زرد دانشکده. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۱ (۲): ۱۴۳-۱۵۲.
- رسولی، م.، فتاحی‌مقدم، م.، زمانی، ذ.، ایمانی، ع. و عبادی، ع. ۱۳۸۸. بررسی سازگاری و تأثیر گرده‌افشانی تکمیلی رقم سوپرنووا با گرده ارقام مختلف بادام. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۰(۴): ۶۱-۷۰.
- سپهوند، ع.، مؤمن‌پور، ع.، ایمانی، ع. و قاسم‌نژاد، م. ۱۳۹۲. ارزیابی برخی از ژنوتیپ‌های بادام در شرایط اقلیمی کرج. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۵(۳): ۷۷-۱۰۱.
- شرفی، ی. ۱۳۸۹. تعیین روابط سازگاری گرده با مادگی در چند ژنوتیپ امیدبخش بادام با روش‌های کلاسیک و مولکولی. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تبریز، ۱۴۰ص.
- علی‌زاده‌سالطه، س.، ارزانی، ک. و ایمانی، ع. ۱۳۸۸. تعیین دوره گرده‌افشانی موثر در بادام (*Prunus dulcis* Mill) دیرگل رقم شاهرود ۱۲ در شرایط آب و هوایی کرج. مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۰(۲): ۱-۷.
- فلاح، م.، رسولی، م.، ایمانی، ع.، شرفی، ی. و منصور، آ. ۱۳۹۴. ارزیابی دوره گرده‌افشانی موثر در برخی رقم‌ها و نژادگان‌های بادام. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۷(۳): ۲۶۱-۲۷۲.
- فلاح، م.، رسولی، م.، شرفی، ی. و ایمانی، ع. ۱۳۹۵. بررسی سازگاری گرده برخی از رقم‌ها و ژنوتیپ‌های امیدبخش انتخابی بادام. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۷(۳): ۴۵۷-۴۶۷.
- کلوند، م.، ارزانی، ک. و ایمانی، ع. ۱۳۸۸. گزینش ژنوتیپ‌های برتر بادام (*Prunus dulcis* Mill.) در منطقه بروجرد. مجله به‌زادگی نهال و بذر، ۱-۲۵(۳): ۳۸۵-۳۹۹.

- محمدپور، ن. ۱۳۹۷. بررسی تنوع ژنتیکی برخی از ژنوتیپ‌های بذری بادام (*Prunus dulcis* L.) با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی و گرده‌افشانی والد مادری شاهرود ۱۲ با ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی در شرایط آب و هوایی کرمانشاه. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه ملایر، ۱۱۰ ص.
- مولائی، س. ۱۳۹۲. ارزیابی خصوصیات پومولوژیکی و خودناسازگاری برخی از ژنوتیپ‌های زردآلو: مطالعه موردی شهرستان زنجان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه زنجان، ۱۳۴ ص.
- Acar, I., Yilmaz, A. and Ak, B.E. 2016. Paternal effects on fruit characteristics of some almond cultivars. *Options Méditerranéennes A*, 119: 29-32.
- Alizadeh, S. and Arzani, K. 2014. Xenia in almonds: pollen source effect on characteristics of some Iranian late-blooming almonds and their Self incompatibility. *Journal of Nuts*, 5(1): 33-38.
- Dicenta, F., Ortega, E., Canovas, J.A. and Egea, J. 2002. Self-pollination vs. cross-pollination in almond: pollen tube growth, fruit set and fruit characteristics. *Plant Breeding*, 121(2): 163-167.
- FAO, 2017. FAO statistical database. Available at: <http://apps.fao.org>.
- Franklin-Tong, N.V. and Franklin, F.C.H. 2003. Gametophytic self-incompatibility inhibits pollen tube growth using different mechanisms. *Trends in plant science*, 8(12): 598-605.
- Franklin-Tong, V.E. 2008. *Self-Incompatibility in Flowering Plants: Evolution, Diversity, and Mechanisms*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, 309 p.
- Kester, D.E., Gradziel, M. and Grassely, C.H. 1991. Almonds (*Prunus*). *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops*, 290: 701-760.
- Kester, D.E., Hansche, P.E., Beres, V. and Asay, R.N. 1977. Variance components and heritability of nut and kernel traits in almond. *Journal-American Society for Horticultural Science*, 102: 264-266.
- Lansari, A., Iezzoni, A.F. and Kester, D.E. 1994. Morphological variation within collections of Moroccan almond clones and Mediterranean and North American cultivars. *Euphytica*, 78(1-2): 27-41.
- Martín, I. and Rovira, M. 2011. Self or cross-pollination in 'Francoli' and 'Guara' almond cultivars in commercial orchards. *Acta Horticulture*, 912: 33-39.
- Martin, I., Miarnau, X. and Rovira, M. 2011. Fruit characteristics in bagged and open branches of 'Francoli' and 'Guara' self-compatible almond cultivars. *Acta Horticulture*, 912: 71-76.
- Martínez-García, P.J., Ortega, E. and Dicenta, F. 2011. Self-pollination of self-incompatible almond cultivars. *Acta Horticulture*, 912: 107-111.
- Ortega, E. and Dicenta, F. 2003. Inheritance of self-compatibility in almond: breeding strategies to assure self-compatibility in the progeny. *Theoretical and Applied Genetics*, 106(5): 904-911.
- Ortega, E. and Dicenta, F. 2006. Self-fertilization in homozygous and heterozygous self-compatible almonds. *Scientia horticulturae*, 109(3): 288-292.
- Ortega, E., Egea, J. and Dicenta, F. 2004. Effective pollination period in almond cultivars. *HortScience*, 39(1): 19-22.
- Rasouli, M. and Imani, A. 2016. Effect of supplementary pollination by different pollinizers on fruit set and nut physicochemical traits of 'Supernova', a self-compatible almond. *Fruits*, 71(5): 299-306.
- Socias i Company, R. 1990. Breeding self-compatible almonds. *Plant Breeding Review*, 8: 313-338.
- Socias i Company, R. and Alonso, J.M. 2004. Fruit set as an evaluation criterion in almond breeding. *Acta Horticulturae*, 2: 763-768.
- Socias i Company, R., Alonso, J.M. and Gomez Aparisi, J. 2004. Fruit set and productivity in almond as related to self-compatibility, flower morphology and bud density. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79: 754-758.
- Socias i company, R., Gomez, J., Aparisi, J. and Alonso, M. 2005. Year and enclosure effects on fruitset in an autogamous almond. *Scientia Horticulture*, 104: 369-377.