

## تأثیر دماهای مختلف بر جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده چند رقم بادام با زمان‌های گل‌دهی متفاوت

صفیه موسوی نژاد<sup>۱</sup>، جعفر حاجی‌لو<sup>۲\*</sup> و حمید رهنمون<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد میوه کاری، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تبریز

۲- نویسنده مسوول: دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز (J\_Hajilou@tabrizu.ac.ir)

۳- استادیار علوم باغبانی، مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی

تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۹

### چکیده

در این پژوهش تأثیر دماهای مختلف (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) بر دینامیک رشد لوله‌گرده در شرایط درون شیشه‌ای و گرده‌افشانی کنترل شده در ارقام تک‌پلوس‌اولترا، سهند، فرانیس و ژنوتیپ K<sub>100</sub> بادام مورد بررسی قرار گرفت. پس از جمع‌آوری، دانه‌های گرده در محیط مناسب کشت شدند. در مرحله بعد، گرده-افشانی کنترل شده در اتاقک رشد در دماهای مختلف انجام شد. روند جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده در دماهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه در دماهای مختلف از نظر درصد جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بالاترین درصد جوانه‌زنی دانه‌گرده در شرایط درون شیشه‌ای و گرده‌افشانی کنترل شده در رقم سهند و بیشترین درصد رشد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه در رقم تک‌پلوس‌اولترا مشاهده شد.

### کلید واژه‌ها: بادام، دما، جوانه‌زنی دانه‌گرده، رشد لوله‌گرده

#### مقدمه

لقاح موفق در گیاهان نتیجه فرآیندهایی است که در فاز زایشی رخ می‌دهد. جوانه‌زنی دانه‌گرده، رشد لوله‌گرده و هم‌چنین نمو مادگی همواره تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. در بین شرایط محیطی، دما یکی از مهم‌ترین عوامل برای میوه‌بندی و تشکیل بذر است (هررو و هورمز، ۱۹۹۶). اثر دماهای خیلی بالا یا پایین بر جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده کاملاً آشکار شده است. با این حال، گزارش‌های متفاوتی در مورد تأثیر دماهای مختلف بر جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده در ارقام و گونه‌های مختلف وجود دارد (پیرلاک<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲).

هدلی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) اثر دما را در جوانه‌زنی دانه‌گرده هلو معنی‌دار گزارش کردند ولی، این اثر به طور مشخص وابسته به ژنوتیپ بود. برخلاف جوانه‌زنی دانه‌گرده رابطه بین رشد لوله‌گرده و درجه حرارت خطی نیست (طلایی، ۱۳۷۷). در بادام نون‌پاریل مشاهده شده است که میزان جوانه‌زنی دانه‌گرده با افزایش دما رابطه مثبت دارد که ناشی از ژنوتیپ می‌باشد (وزوایی<sup>۴</sup>، ۱۹۹۷). جوانه‌زنی دانه‌گرده در سطح کلاله و رشد لوله‌گرده در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر از مقدار جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط مزرعه‌ای بود. در بررسی اثر دما در میزان جوانه‌زنی دانه‌گرده زردآلو

درجه سانتی گراد) با سه تکرار (سه تکرار سه تایی) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. برای تهیه دانه گرده از شاخه‌های بالغ دارای تعداد کافی جوانه‌های گل از درختان ارقام مورد نظر در مرحله C فنولوژیک<sup>۵</sup> استفاده شد. شاخه‌ها در شرایط معمولی اتاق به طور جداگانه در داخل آب قرار داده شدند. پس از تورم جوانه‌ها و قبل از باز شدن گل‌ها با استفاده از پنس، بساک‌ها جمع‌آوری شدند. گرده‌ها پس از آزاد شدن در دمای ۵ درجه سانتی گراد تا زمان استفاده در یخچال نگه‌داری شدند (حاجی‌لو و همکاران، ۱۳۷۹؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۳؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کوداد و سوسیاس ای،<sup>۶</sup> ۲۰۰۸؛ اورنگا و دیستا،<sup>۷</sup> ۲۰۰۶).

کشت گرده‌ها در پتری‌دیش‌های دارای ۱۵ درصد ساکاروز و ۱/۲ درصد آگار (کوداد و کمپانی سوسیاس ای، ۲۰۰۸؛ اورنگا و دیستا، ۲۰۰۶) در تیمارهای دمایی مختلف جهت جوانه‌زنی در داخل ژرminatور قرار گرفتند. بعد از ۴۸ ساعت رشد لوله‌های گرده با استفاده از کلروفرم متوقف گردید (حاجی‌لو و همکاران، ۱۳۷۹) و درصد جوانه‌زنی و طول لوله گرده توسط میکروسکوپ نوری مجهز به اکولر تعیین گردید. به این صورت که ابتدا، تعداد کل دانه‌های گرده طبیعی موجود و بعد دانه‌های گرده جوانه زده در هر میدان دید شمارش شده و نهایتاً، درصد جوانه زنی آن میدان دید محاسبه شد. این کار به طور جداگانه در ۷ میدان دید که به طور تصادفی در هر پتری‌دیش انتخاب می‌شد، صورت گرفت. برای جلوگیری از اثر توده‌ای<sup>۸</sup>، شمارش تعداد دانه گرده در میدان‌هایی که توزیع دانه گرده در آنها یکنواخت بود، انجام گردید. طول لوله گرده هم در

در شرایط درون شیشه‌ای، کمترین درصد جوانه‌زنی دانه گرده در دمای ۵ درجه سانتی گراد گزارش شده است (حاجی‌لو و همکاران، ۱۳۷۹؛ اخه و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۲).

جفری و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۸۴) یکی از دلایل باردهی نامنظم در آلوهای انگلیسی را محدودیت رشد لوله گرده در دمای پایین اعلام کردند. اونتورا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۶) در بررسی انواع تیمارهای گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های آلو در طی ۶ سال گزارش کردند که در شرایط آزاد گرده‌افشانی، روند رشد لوله گرده در دمای ۲۱ - ۲۰ درجه سانتی گراد سریع‌تر از ۱۱ - ۱۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. بادام زودگل‌ترین درخت در بین درختان میوه خزان‌دار است، به طوری که غالباً شرایط آب و هوایی در زمان شکوفایی گل در بادام نامساعد می‌باشد که باعث کاهش جوانه‌زنی یا رشد لوله گرده می‌شود. تاثیرپذیری دانه گرده نسبت به دامنه وسیعی از دما جهت جوانه‌زنی در سازگاری ارقام در مناطق مختلف می‌تواند نقش مهمی داشته باشد (حاجی‌لو و همکاران، ۱۳۷۹). ظرفیت بالای دانه گرده بادام برای رشد و جوانه‌زنی در دمای پایین می‌تواند تاثیر مهمی در کشت بادام در شرایط نامطلوب داشته باشد (ویگوانگ<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳).

هدف از این پژوهش، تعیین عکس‌العمل دمایی هر یک از ارقام و ژنوتیپ مورد بررسی از نظر جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده به دما بوده است.

### مواد و روش‌ها

مواد گیاهی شامل ژنوتیپ زودگل K<sub>100</sub>، رقم متوسط گل نک‌پلوس اولترا و دو رقم دیر گل سهند و فرانسس بودند. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور رقم (۴ سطح) و دما (۴ سطح شامل: ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰

۵ - مرحله‌ای از نمو جوانه گل که نوک گلبرگ‌ها دیده می‌شود

6 - Kodad & Socias

7 - Ortega & Dicenta

۸- تحریک جوانه‌زنی و رشد لوله گرده، زمانی که تعداد دانه گرده در

در واحد سطح زیاد باشد

1 - Egea *et al.*

2 - Gefferies *et al.*

3 - Ontivera *et al.*

4 - Weiguang

درصد جوانه‌زنی دانه گرده در سطح کلاله و درصد لوله‌های گرده تعیین شد. اطلاعات جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها هم توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

### نتایج و بحث

#### ۱- درصد جوانه‌زنی و رشد لوله گرده در

##### شرایط درون شیشه‌ای

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس بین ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه در دماهای مختلف از نظر درصد جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده در شرایط درون شیشه‌ای اثر ساده رقم، دما و اثر متقابل آنها معنی‌دار گردید. معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم و دما بیانگر واکنش متفاوت ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه به دما می‌باشد.

واکنش‌های متفاوت به دما در ارقام سایر گونه‌ها از جمله در زردآلو (حاجی‌لو و همکاران، ۱۳۷۹؛ اخه و همکاران، ۱۹۹۲)، هلو (هدلی و همکاران، ۲۰۰۸) و گیلاس (هدلی و همکاران، ۲۰۰۷) هم مشاهده شده است.

همان طوری که در شکل‌های (۱ و ۲) دیده می‌شود، در بین ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه بالاترین درصد جوانه‌زنی متعلق به ارقام نک پلوس اولترا و سهند بود که تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ K100 نشان ندادند. از نظر رشد لوله گرده نیز طویل‌ترین لوله‌های گرده در ژنوتیپ K100 مشاهده شد که با رقم فرانیس تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین درصد جوانه‌زنی و نیز کوتاه‌ترین لوله‌های گرده در رقم فرانیس مشاهده شد. محدوده تغییرات درصد جوانه‌زنی دانه گرده در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بین ۵۷/۷۱ درصد تا ۷۰/۱۸ درصد بود. درصد جوانه‌زنی دانه گرده ارقام بادام در کشت‌های درون شیشه‌ای در محدوده ۱۲ تا ۹۵

میدان‌هایی که درصد جوانه زنی محاسبه شده بود، با استفاده از اکولر اندازه‌گیری شد.

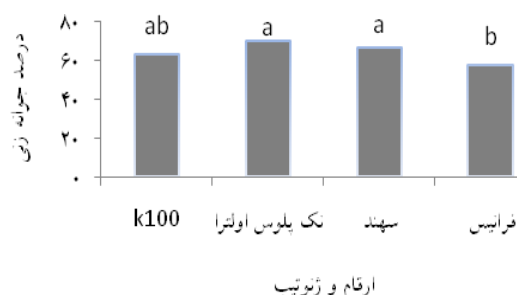
برای انجام گرده‌افشانی کنترل شده، تعدادی شاخه دارای جوانه گل در مرحله D فنولوژیک<sup>۱</sup> از درختان بالغ ارقام مورد مطالعه تهیه شد. گل‌های باز شده و گل‌هایی که عقب‌تر از مرحله D فنولوژیک بودند، حذف گردیدند. در آزمایشگاه شاخه‌ها در محلول ساکاروز ۵ درصد قرار داده شدند و بعد از آن گل‌ها به دقت اخته شدند (هررو و هورمز، ۱۹۹۶؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۸). ۲۴ ساعت بعد، گرده‌افشانی با گرده غیر خودی انجام و شاخه‌های مورد نظر در دماهای مختلف درون اتاقک رشد قرار داده شدند. ۴۸ ساعت بعد از گرده‌افشانی، مادگی گل‌ها در محلول فیکساتیو اف ای ای (حاوی ۹۰ درصد اتانول ۷۰ درصد، ۵ درصد فرمالدئید ۴ درصد و ۵ درصد اسید استیک) تثبیت شده و تا زمان انجام مطالعات میکروسکوپی در داخل یخچال نگهداری شدند (هررو و هورمز، ۱۹۹۶؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۳؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۵؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۸؛ کوداد و کمپانی سوسیاس ای، ۲۰۰۸؛ اورتگا و دیستا، ۲۰۰۶).

برای انجام مطالعات میکروسکوپی، ابتدا نمونه‌ها در آب مقطر شسته شده و سپس در محلول سولفیت سدیم ۵ درصد در شیشه‌های کوچک اتوکلاو شدند تا نمونه‌ها نرم شوند. برای رنگ‌آمیزی از محلول آبی آنیلین بلو ۰/۱ درصد و فسفات پتاسیم ۰/۱ استفاده شد. نهایتاً نمونه‌ها زیر لوپ کرک‌زدایی شده و برای مطالعه زیر میکروسکوپ فلورسنت میکروس آماده گردیدند (هدلی و همکاران، ۲۰۰۳؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۸؛ اورتگا و دیستا، ۲۰۰۶).

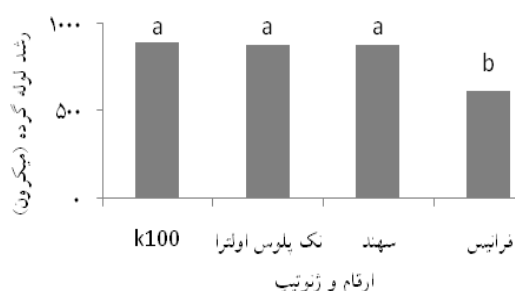
در هر تیمار تعداد دانه گرده جوانه زده در سطح کلاله، تعداد دانه گرده جوانه نزده و تعداد لوله گرده در بخش تحتانی شمارش گردید. بعد از شمارش

۱ - مرحله‌ای از نمو جوانه گل کاملاً متورم است (مرحله بادکنکی)

موسوی نژاد و همکاران: تاثیر دماهای مختلف بر جوانه زنی و رشد لوله...



شکل ۱- مقایسه میانگین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ درصد جوانه زنی دانه گرده در شرایط درون شیشه‌ای (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار نمی‌باشند)



شکل ۲- مقایسه میانگین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ طول لوله گرده در شرایط درون شیشه‌ای (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار نمی‌باشند)

نتایج مشابهی توسط حاجی‌لو و همکاران (۱۳۷۹)، اخه و همکاران (۱۹۹۲) در زردآلو، پیرلاک (۲۰۰۶) در زردآلو و گیلاس و سرویک و روزیک<sup>۴</sup> (۱۹۹۶) در آلبالو گزارش شده است. در مطالعه اثر دما در رشد لوله گرده و میوه-بندی درختان آلو که توسط کولمانس<sup>۵</sup> (۱۹۸۴) انجام شد، مشخص گردید که در دمای پایین‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی دانه گرده متوقف می‌شود. پیرلاک (۲۰۰۶) نیز در زردآلو و گیلاس دمای ۵ درجه سانتی-گراد را برای رشد لوله گرده ناکافی اعلام کرد. در این مطالعه بالاترین درصد جوانه‌زنی (۵۹/۶۹) و بیشترین رشد لوله گرده (۶۱۶/۲ میکرون) در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد متعلق به ژنوتیپ K100 بود. ویناوم و همکاران (۱۹۸۴) میزان جوانه‌زنی دانه گرده بادام در دمای ۱/۵ درجه سانتی‌گراد را حدود ۷/۸ درصد گزارش کردند که در شرایط یکسان میزان جوانه‌زنی دانه گرده هلو ۳۰

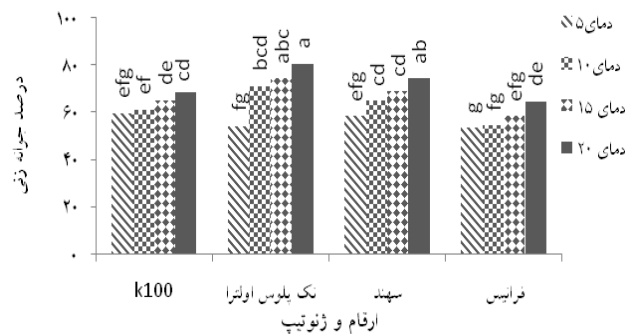
درصد گزارش شده است که این درصد نسبت به زردآلو، هلو و گیلاس بالاتر است (بولات و پیرلاک<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹). ویناوم و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۸۴) در بررسی درصد جوانه‌زنی دانه گرده در ۶ رقم بادام، درصد جوانه‌زنی دانه گرده را برای رقم نک‌پلوس اولترا (۸۶/۸٪) گزارش کردند. در بین دماهای مورد بررسی با افزایش دما میزان جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده افزایش می‌یابد. اثر مستقیم دما بر جوانه‌زنی و رشد لوله گرده قبلاً نیز در بادام (ویناوم و همکاران، ۱۹۸۴)، هلو (هدلی و همکاران، ۲۰۰۸)، زردآلو و گیلاس (پیرلاک، ۲۰۰۲) و زردآلوی ژاپنی (ولوکو و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴) گزارش شده است. در بین ارقام و ژنوتیپ مورد بررسی پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی دانه گرده و کمترین رشد لوله گرده در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد.

4 - Cerovic & Ruzic  
5 - Keulemans

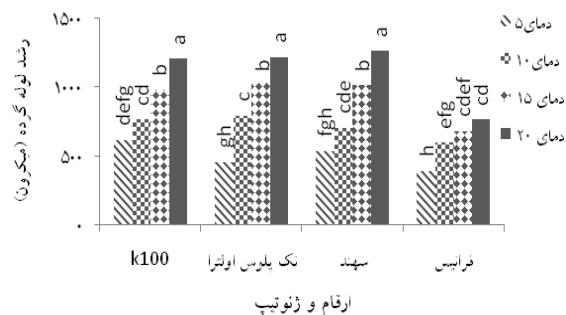
1 - Bolat & Pirlak  
2 - Weinbaum *et al.*  
3 - Wolukau *et al.*

گردد معنی دار بود. این مطلب نشانگر سازگاری با دامنه وسیعی از دماست که برای مقاومت در برابر نوسانات دما در اوایل بهار در زمان گرده افشانی و لقاح بسیار حائز اهمیت می باشد. در بررسی اثر دما در جوانه زنی دانه گرده در سه رقم زردآلو اختلاف درصد جوانه زنی در دمای ۵ درجه سانتی گراد با دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد معنی دار اعلام شده است (حاجی لو و همکاران، ۱۳۷۹). اختلاف رشد لوله گرده در دمای ۵ درجه سانتی گراد در ارقام نک پلوس اولترا، فرانیس و سهند با دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد و در ژنوتیپ K100 با دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد معنی دار بود (شکل ۴) که می توان گفت ژنوتیپ K100 در نوسانات دمایی عکس العمل بهتری را نسبت به سایر ارقام می تواند داشته باشد.

برابر کمتر از بادام و در حدود ۰/۳ درصد بود. همچنین در دمای ۱ درجه سانتی گراد رشد لوله گرده صورت نگرفت اما در دمای ۴ درجه سانتی گراد در لوله های گرده بادام مقداری رشد مشاهده شد. حاجی لو و همکاران (۱۳۷۹) و اخه و همکاران (۱۹۹۲) ناکافی بودن دمای ۵ درجه سانتی گراد را برای جوانه زنی دانه گرده زردآلو مورد تایید قرار دادند. ارقامی که در دمای ۵ درجه سانتی گراد بالاترین درصد جوانه زنی را دارند، می توانند نسبت به دماهای پایین عکس العمل خوبی نشان دهند. اختلاف درصد جوانه زنی در ارقام سهند و نک پلوس - اولترا در دمای ۵ درجه سانتی گراد با دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد معنی دار بود (شکل ۳). اما در رقم فرانیس و ژنوتیپ K100 اختلاف درصد جوانه زنی در دمای ۵ درجه سانتی گراد تنها با دمای ۲۰ درجه سانتی -



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × دما بر درصد جوانه زنی دانه گرده در شرایط درون شیشه ای (ستون هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار نمی باشند)



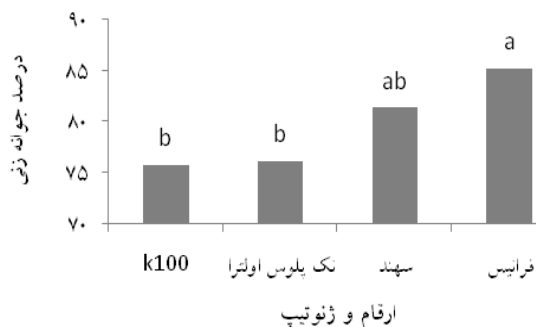
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × دما بر طول لوله گرده در شرایط درون شیشه ای (ستون هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار نمی باشند)

(پیرلاک، ۲۰۰۲) و آلو (کولمانس، ۱۹۸۴) در همین دما بالاتر است که نشانگر مقاومت بیشتر دانه گرده بادام نسبت به سایر گونه‌های هسته‌دار به دماهای پایین‌تر است.

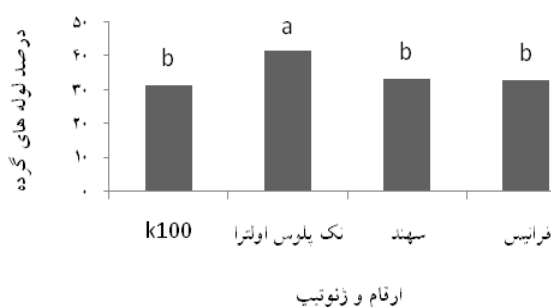
## ۲- درصد جوانه‌زنی دانه گرده در سطح کلاله و درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس در بین ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه از لحاظ درصد جوانه‌زنی دانه گرده در سطح کلاله و درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه اثر ساده رقم، دما و اثر متقابل رقم و دما معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر رقم و دما و نیز اثر متقابل این دو توسط هدلی و همکاران (۲۰۰۵) در گیلاس گزارش شده است. در مطالعه روی ارقام خودسازگار بادام گزارش شده که تعداد دانه‌های گرده جوانه‌زده در سطح کلاله در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری دارد (کوداد و کمپانی سوسپاس ای، ۲۰۰۸). وزوایی (۱۹۹۷) نیز معنی‌دار بودن تفاوت جوانه‌زنی دانه گرده و تعداد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه بر اساس ژنوتیپ را در بادام تایید کرده است. بر اساس شکل (۵) در بین ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه از لحاظ درصد جوانه‌زنی دانه گرده در سطح کلاله رقم فرانس بیشترین و ژنوتیپ K100 و رقم نک‌پلوس اولترا کمترین درصد جوانه‌زنی را دارا بودند. در بین ارقام نک پلوس اولترا، سهند و ژنوتیپ K100 از لحاظ درصد جوانه‌زنی دانه گرده در سطح کلاله اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط درون شیشه‌ای هم نتیجه مشابهی مشاهده گردید. از نظر درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه، بیشترین درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه در رقم نک‌پلوس اولترا مشاهده شد. اختلاف بین ارقام سهند و فرانس و ژنوتیپ K100 معنی‌دار نبود (شکل ۶). تفاوت تعداد لوله گرده در بخش تحتانی خامه، بر اساس ژنوتیپ قبلا در بادام (وزوایی، ۱۹۹۷) و گیلاس (هدلی و همکاران، ۲۰۰۵) گزارش شده است.

مقایسه پتانسیل جوانه‌زنی دانه گرده در ارقام مختلف، به صورت درصد جوانه‌زنی دانه گرده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بعد از ۴۸ ساعت بیان می‌گردد (حاجی‌لو و همکاران، ۱۳۷۹؛ اخه و همکاران، ۱۹۹۲). بین پتانسیل جوانه‌زنی دانه گرده ژنوتیپ K100 با رقم سهند همچنین، این ژنوتیپ با رقم فرانس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. طول لوله گرده نیز در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در ارقام نک‌پلوس اولترا، سهند و ژنوتیپ K100 اختلاف معنی‌داری نشان نداد. میانگین درصد جوانه‌زنی دانه گرده در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد فقط در رقم سهند اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. دمای مناسب برای جوانه‌زنی دانه گرده بر حسب گونه گیاهی متفاوت است. طوری که ونبانوم و همکاران (۱۹۸۴) بالاترین درصد جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده بادام را به ترتیب در دمای ۱۶ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد اعلام کردند. در هلو نیز بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و بیشترین رشد لوله گرده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (اخه و همکاران، ۱۹۹۲). در زردآلو و گیلاس بالاترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (پیرلاک، ۲۰۰۲). همچنین اخه و همکاران (۱۹۹۲) در مطالعه خود روی زردآلو با تایید این مطلب محدوده بهینه برای جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده زردآلو را ۱۰ - ۲۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. هدلی و همکاران (۲۰۰۸) در هلو نشان دادند که اثر دما در محدوده ۲۰ - ۱۰ درجه سانتی‌گراد بهتر و مشخص‌تر از محدوده دمایی ۳۰ - ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دمای بهینه برای جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده در زردآلوی ژاپنی در شرایط درون‌شیشه‌ای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (ولوکو و همکاران، ۲۰۰۴). محدوده درصد جوانه‌زنی دانه گرده ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بین ۵۳/۴ تا ۵۹/۶۹ درصد بود که نسبت به درصد جوانه‌زنی دانه گرده زردآلو (حاجی‌لو و همکاران، ۱۳۷۹؛ اخه و همکاران، ۱۹۹۲؛ پیرلاک، ۲۰۰۲)، گیلاس



شکل ۵- مقایسه میانگین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ درصد جوانه زنی دانه گرده در سطح کلانه (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار نمی‌باشند)



شکل ۶- مقایسه میانگین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار نمی‌باشند)

کردند که افزایش دما باعث افزایش تعداد لوله گرده رسیده به انتهای خامه می‌شود که این اثر در روز اول و دوم بعد از گرده‌افشانی معنی دار بود. بر اساس شکل‌های (۷ و ۸) در بین ارقام و ژنوتیپ مورد بررسی رقم فرانیس بالاترین درصد جوانه‌زنی دانه گرده در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و رقم نک‌پلوس اولترا بیشترین درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه را نشان دادند. در ژنوتیپ K100 و ارقام مورد بررسی اختلاف درصد جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد با دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد معنی دار بود. در ژنوتیپ K100 و ارقام سهند و فرانیس اختلاف دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد معنی دار نبود. اوستین و همکاران (۱۹۹۸) در زردآلوی سان‌دراب با بررسی اثر دما و ناسازگاری در رشد لوله گرده نشان دادند که در دمای ۵ درجه سانتی-گراد جوانه‌زنی دانه گرده کاهش نیافت و درصد جوانه-

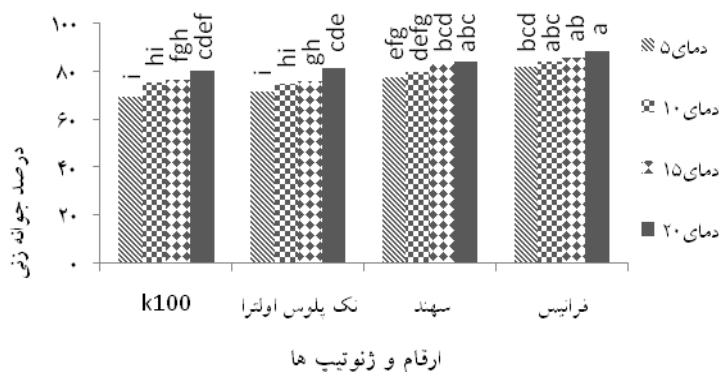
زنی دانه گرده و بیشترین درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که اختلاف معنی داری با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نداشت. افزایش جوانه‌زنی دانه گرده در سطح کلانه با افزایش دما توسط سایر محققان در بادام (وزوایی، ۱۹۹۷)، زردآلو (اوستین و همکاران، ۱۹۹۸) و گیلاس (هدلی و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش شده است. کولمانس (۱۹۸۴) در بررسی اثر دما در رشد لوله گرده در درختان آلو نشان داد که در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد رشد لوله گرده ۱۰ برابر سریع‌تر از دمای ۴ درجه سانتی‌گراد است. (هدلی و همکاران، ۲۰۰۳؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۴) در گیلاس گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی دانه گرده در دماهای بسیار بالا کاهش می‌یابد. همچنین آنها مشاهده

موسوی نژاد و همکاران: تاثیر دماهای مختلف بر جوانه زنی و رشد لوله...

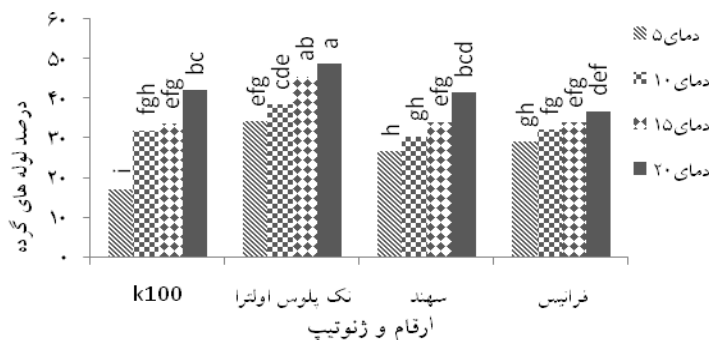
از گرده افشانی بین تعداد لوله‌های گرده در انتهای خامه در دماهای ۱۵، ۲۰ درجه سانتی‌گراد و شرایط مزرعه‌ای اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اورتگا و دیستا (۲۰۰۶) در بررسی خودلقاحی در ارقام خودسازگار هموزیگوس و هتروزیگوس بادام، محدوده بهینه دمایی برای رشد لوله‌های گرده در شرایط کنترل شده را ۱۵ - ۲۵ درجه سانتی‌گراد اعلام کردند. در آلبالو نیز بیشترین تعداد لوله گرده در انتهای خامه در دمای ۲۰ - ۱۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین تعداد لوله گرده در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و پایین‌تر از ۱۰ - ۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است (سرویک و روزیک، ۱۹۹۲). هدلی و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی اثر دما در دینامیک لوله گرده در گیلان مشاهده کردند که، در دمای ۲۰ درجه سانتی-گراد از لحاظ درصد لوله‌های گرده در انتهای خامه در

زنی دانه گرده در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشابه است. آنها دمای بهینه برای جوانه‌زنی دانه گرده زردآلو را ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند.

از نظر درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه در ژنوتیپ K100 اختلاف بین دمای ۵ و دماهای ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار بود. اما اختلاف این دما در ارقام سهند و فرانیس با دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در رقم فرانیس تنها با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار بود. در ژنوتیپ K100 و رقم سهند اختلاف بین دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار بود. براساس مطالعه وزوایی (۱۹۹۷) در بادام تعداد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه بر اساس ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری نشان داد. در روزهای ۲، ۳، ۴، ۶ بعد



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × دما بر درصد جوانه زنی دانه گرده در سطح کالاه (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار نمی‌باشند)



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × دما از لحاظ درصد لوله‌های گرده در بخش تحتانی خامه (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار نمی‌باشند)



بین ارقام تفاوتی وجود ندارد اما، دمای ۱۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در درصد لوله‌های گرده در انتهای خامه اثر داشت که این اثر وابسته به ژنوتیپ بود. به طور کلی در نتایج حاصل از شرایط درون شیشه-ای و گرده‌افشانی کنترل شده مقداری تفاوت مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه در گرده‌افشانی کنترل شده مراحل جوانه‌زنی و رشد لوله گرده در سطح کلاله و درون خامه رخ می‌دهد. برای جوانه‌زنی در سطح کلاله و رشد لوله گرده درون خامه مرحله نموی، وضعیت تغذیه-ای گل (بولات و پیرلاک، ۱۹۹۹؛ ولوکو و همکاران، ۲۰۰۴) و ژنوتیپ دانه گرده و مادگی (کوداد و کمپانی سوسیاس ای، ۲۰۰۸؛ اورتگا و دیستنا، ۲۰۰۶؛ وزوایی، ۱۹۹۷) تاثیر دارند که منجر به ظهور مقداری اختلاف بین نتایج حاصل از شرایط درون شیشه‌ای و گرده‌افشانی کنترل شده می‌شود. می‌توان گفت شرایط مطلوب مادگی به همراه دمای مطلوب لازمه جوانه‌زنی و رشد لوله گرده در خامه هستند و نبود هر یک باعث افت عملکرد خواهد شد.

### منابع

۱. حاجی‌لو، ج.، گریگوریان و.، ناظمیه ع. و ولیزاده م. ۱۳۷۹. اثر دماهای مختلف بر جوانه زنی دانه گرده در سه رقم زردآلو. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱ (۱ و ۲): ۸۳ - ۹۰.
۲. طلایی، علیرضا. ۱۳۷۷. فیزیولوژی درختان میوه مناطق معتدله (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران
3. Austin, P.T., Hewett, E.W., Noiton, D., and Plume, J.A. 1998. Self incompatibility and temperature affect pollen tube growth in 'sun drop' apricot (*Prunus armeniaca*). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 73: 373-386.
4. Bolat, I., and Pirlak, L. 1999. An investigation of pollen viability, germination and tube growth in some stone fruit. Turkey Journal of Agriculture and Forstry, 23: 383-388.
5. Cerovic, R., and Ruzic, D. 1992. Pollen tube growth in sour cherry (*Prunus cerasus*) at different temperature. Journal of Horticulture Science, 67:333-340.
6. Cerovic, R., and Ruzic, D. 1992. Senescence of ovules at different temperatures and their effect on the behavior of pollen tube in sour cherry. Scientia Horticulture, 51: 321-327.
7. Egea, J., and Burgos, L., Zoroa, N., and Egea, L. 1992. Influence of temperature on the in vitro germination of pollen of apricot (*Prunus armeniaca*). Journal of Horticultural Science, 67: 247-250.
8. Herrero, M., and Hormaza, J.I. 1996. Pistil strategies controlling pollen tube growth. Sex Plant Reprod, 9: 343-347.
9. Hedhly, A., Hormaza, J.I., and Herrero, M. 2003. The effect of temperature on stigma receptivity in sweet cherry (*Prunus avium*). Plant, Cell and Environment, 26: 1673-1680.

10. Hedhly, A., Hormaza, J.I., and Herrero, M. 2004. Effect of temperature on pollen tube kinetics and dynamics in sweet cherry (*Prunus avium*). American Journal of Botany, 91: 558-564.
11. Hedhly, A., Hormaza, J.I., and Herrero, M. 2005. The effect of genotype-temperature interaction on pollen performance. Journal of Evolutionary Biology, 18: 1494-1502.
12. Hedhly, A., Hormaza, J.I., and Herrero, M. 2007. Warm temperature at bloom reduce fruit set in sweet cherry. Journal of Applied Botany and Food Quality, 81: 158-164.
13. Hedhly, A., Hormaza, J.I., and Herrero, M. 2008. The effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth, and stigma receptivity in peach. Plant Biology, 7: 476-483.
14. Jefferies, C.J., Brain, P., Stott, K. G., and Belcher, A.R. 1982. Experimental systems and a mathematical model for studying temperature effect on pollen tube growth and fertilization in plum. Plant, Cell and Environment, 5: 231-236.
15. Keulemans, J. 1984. The effect of temperature on pollen tube growth and fruit set on plum tree. Acta Horticulture, 149: 95-101.
16. Kodad, O., and Socias, I. 2008. Fruit set evaluation for self-compatibility selection in almond. Scientia Horticulture, 118:260-265.
17. Ortega, E., and Dicenta, F. 2006. Self-fertilization in homozygous and heterogoyous self-compatible almond. Scientia Horticulture, 109: 288-292.
18. Ontivero, M., Radic, S., Giordani, E., and Bellini, E. 2006. Effect of different pollination treatment in genotype of *Prunus salicina* Lindl. International Journal of Horticultural Science, 12: 141-146.
19. Pirlak, L. 2002. The effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth of apricot and sweet cherry. Gartenbauwissenschaft, 67: 61-64.
20. Vezvaei, A. 1997. Pollen tube growth in Nonpareil almond in relation to pollen genotype, temperature and competition among mixed pollen. Acta Horticulture, 470: 123-128.
21. Weiguang, Y., Law, S.E., and Wezstein, H.Y. 2003. Fungicide spray can injure the stigma surface during receptivity in almond flower. Annuals of Botany, 91:335-341.
22. Weinbaum, S.A., Parfitt, D.E., and Polite, V.S. 1984. Differential cold sensivity of pollen grain germination in two *Prunus* species. Euphytica, 33: 419-426 (abstract).
23. Wolukau, J., Zhang, N.S., Xu, G.H., and Chen, D. 2004. The effect of temperature, polyamine and synthesis inhibitor on in vitro pollen germination and pollen tube growth of *Prunus mume*. Scientia Horticulture, 99: 289-299.