مقاله پژوهشی

بررسی و تعیین نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل برخی ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش بادام

نبی هداوند[۱]، محمود اثنی‌عشری*[۱]، علی ایمانی[۲]، احمد ارشادی[۱]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

[۲] پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی ایران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل هشت رقم تجاری خارجی و داخلی و ژنوتیپ‌های امیدبخش داخلی بادام طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو فاکتور شامل نوع رقم (پنج رقم تونو، نان‌پاریل، مامایی، شاهرود ۱۲، ربیع و سه ژنوتیپ ۱۶-۱، ۴۰-۱۳، و D11) و تعداد ساعات سرمادهی صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۰۰ ساعت) در ایستگاه تحقیقاتی یکصد هکتاری مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی انجام شد. براساس نتایج بدست آمده، ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی دامنه نیاز سرمایی و نیاز گرمایی متفاوت و وسیعی را نشان دادند. تعداد روزهای موردنظر برای شکستن خفتگی تحت دمای صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد بین ۱۷ روز در رقم مامایی تا ۵۸ روز در ژنوتیپ D11 متغیر بود. رقم مامایی به‌عنوان زودگل‌ترین رقم در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی شناخته شد که پس از گذشت ۱۷ روز از شروع تجمع نیاز سرمایی و با ۵۰ ساعت سرمای بین صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد به ۵۰ درصد شکوفایی رسید. رقم مامایی با ۷۱۲۸ ساعت درجه رشد (GDH) و ژنوتیپ D11 با ۱۱۰۸۸ ساعت درجه رشد، بیشترین نیاز گرمایی را دارا بودند. نتایج آزمایشات نشان داد که با افزایش تعداد ساعات تأمین نیاز سرمایی، تعداد روز مورد نیاز برای شکوفایی جوانه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طورکلی، دو رقم مامایی و ربیع به‌عنوان ارقام زودگل با کمترین نیاز سرمایی و ژنوتیپ D11 به‌عنوان دیرگل‌ترین رقم با نیاز سرمایی بالا شناسایی شدند.

کلمات کلیدی: رکود، زودگل، دیرگل، شکوفایی جوانه، گل‌دهی

مقدمه

گیاهان چندساله مناطق با آب‌وهوای سرد زمستانی به‌منظور محافظت از بافت‌های حساس در حال رشد از آسیب یخ‌زدگی و حفظ مواد مغذی جذب‌شده در فصل قبل، در زمستان وارد مرحله رکود می‌شوند (Razavi *et al*., 2011; Falavigna *et al*., 2019) و برای ادامه رشد و شروع گل‌دهی در بهار نیاز به سرمای زمستان دارند (Faust, 1997; Erez, 2000; Campoy *et al*., 2011a; Falavigna *et al*., 2019). جوانه‌های گل درختان میوه هنگامی که در حال رکود هستند به دمای پایین مقاوم هستند اما اواخر دوره رکود زمانی‌که گیاه شروع به رشد می‌کند مقاومت به سرما در آن‌ها به‌تدریج کاسته می‌شود (Iezzoni, 1984). زمان گل‌دهی به‌ترتیب از مجموع اثرات دو صفت نیاز سرمایی و گرمایی منتج می‌شود (Sanchez-Perez *et al*., 2012). عملکرد اصلی و عمده این دو صفت جلوگیری از

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: m.esnaashari@basu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

شکستن رکود زمستانه در طی فصل سرما است (Luedeling, *et al.*, 2013). میزان نیاز سرمایی و گرمایی نقش کلیدی در انتخاب رقم برای یک منطقهٔ جغرافیایی خاص دارند (Bassi *et al.*, 2006) و سازگاری یک محصول به یک مکان خاص به‌منظور تکمیل این دو نیاز زراعی– اقلیمی (agro–climatic) که خاص هر رقم می‌باشد، طبیعی است (Campoy *et al.*, 2011b).

رشد مناسب و بازشدن جوانه گل به انباشته‌شدن سرما و گرما مرتبط است. اگر نیاز سرمایی جوانه تأمین نشده باشد، بازشدن جوانه به‌صورت نامنظم و با تأخیر صورت می‌گیرد که منجر به گل‌دهی ناجور و غیریکنواخت گردیده و می‌تواند تولید میوه را به مخاطره بیاندازد (Erez, 2000). با وجود این برخی ازمحققین پیشنهاد کرده‌اند که در برخی از گونه‌ها، درصورتی‌که سرمای موردنیاز گیاه در طی مدت تأمین نیاز سرمایی تأمین نشود، دمای بالا در طی مدت دوره تأمین نیاز گرمایی، می‌تواند عدم تأمین نیاز سرمایی کافی را جبران نماید (Harrington *et al.*, 2010; Dantec *et al.*, 2014; Kovaleski *et al.*, 2018). از طرف دیگر در مناطق معتدل نیاز سرمایی می‌تواند تا حد زیادی قبل از پایان فصل سرما برآورده شود (Razavi *et al.*, 2011) و اگر نیاز گرمایی هم برآورده شود، گل‌دهی خیلی زود رخ می‌دهد که این موضوع خطر از بین رفتن محصول توسط سرمای دیررس بهاره را افزایش می‌دهد (Faust *et al.*, 1997). حداقل میزان سرمای موردنیاز برای خروج از رکود به‌عنوان نیاز سرمایی شناخته می‌شود. چندین مدل جهت تعیین میزان نیاز سرمایی پیشنهاد شده است. ساعات سرمایی (Weinberger, 1950)، مدل یوتا (Richardson *et al.*, 1974)، کارولینای شمالی (Shaltout and Unrath, 1983)، مدل سرمایی کم (Gilreath *et al.*, 1981)، مدل سرمایی مثبت (Linsley-Noakes and Allan, 1994) و مدل دینامیکی (Fishman *et al.*, 1987a,b; Erez *et al.*, 1987). تمام این مدل‌ها تحت شرایط اقلیمی مختلف و گونه‌های درختان میوه توسعه پیدا کرده‌اند (Ramirez *et al.*, 2007). حداقل گرمای موردنیاز برای رشد مجدد (نظیر باز شدن جوانه‌ها و گل‌دهی) به‌عنوان نیاز گرمایی شناخته می‌شود. نیاز گرمایی معمولاً به‌صورت درجه ساعت رشد (Growth Degree Hour) بیان می‌شود (Richardson *et al.*, 1974; Anderson *et al.*, 1985). به‌منظور برآورد نیاز سرمایی و نیاز گرمایی به سه تاریخ دمایی نیاز است: تاریخ شروع انباشت واحدهای سرمایی (Growth Degree Hour) (SD)، تاریخ شکستن خفتگی درونی (Breaking dormancy)، و تاریخ گل‌دهی کامل، با ۵۰٪ گل‌های بازشده (Couvillon and Erez, 1985a; Funes *et al.*, 2016).

بادام با نام علمی *Prunus amygdalus* Batsch syn. *P. dulcis* (Mill) D. A. مهم‌ترین محصول خشکباری مناطق معتدله است که به‌دلیل افزایش تقاضا تولید این محصول در سراسر جهان در حال گسترش است (de Los Cobos *et al.*, 2021). سازگاری به اقلیم‌های سخت و توانایی رشدونمو وسیع سیستم ریشه در بادام باعث شده است که درختان اهلی و وحشی آن در دامنه وسیعی از شرایط اکولوژیکی رشد نمایند (Kester *et al.*, 2004). همچنین این گیاه به زمستان ملایم و تابستان گرم و خشک سازگار شده است. محصول بادام به‌دلیل داشتن ارزش غذایی بالا و نیز ویتامین‌ها و املاح معدنی دارای ارزش ویژه‌ای است. عدم فسادپذیری و حمل‌ونقل آسان مغز آن نیز به اهمیت تولید این محصول افزوده است (خدیوی خوب و اوسطی، ۱۳۹۵).

درختان بادام همانند سایر درختان خزان‌دار ماه‌های زمستان را به‌منظور غلبه بر شرایط نامساعد محیطی در رکود به سر می‌برند (Benmoussa *et al.*, 2017). پس از در معرض قرار گرفتن دماهای پایین و بالا، جوانه‌ها قادر به خروج از رکود و تولید گل یا شاخه می‌شوند (Prudencio *et al.*, 2018a). اگرچه درختان بادام در مقایسه با سایر درختان میوه مناطق معتدله دارای نیاز سرمایی کمتری هستند (Segura *et al.*, 2017). گل‌دهی در بادام پس از تأمین نیازهای سرمایی و گرمایی رخ می‌دهد و نیازهای سرمایی بالا در مناطق سرد به عنوان یک صفت مطلوب برای فرار از سرمازدگی و یخ‌زدگی مورد توجه است (Prudencio *et al.*, 2018b). در ارزیابی نیاز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

سرمایی و نیاز گرمایی ۲۵ رقم و ژنوتیپ بادام و ۱۲ رقم سیب اختلاف اصلی بین تاریخ گل‌دهی ژنوتیپ‌های زودگل و دیرگل نیاز سرمایی بیان گردید، ولی با توجه به این‌که نیاز سرمایی ارقام بادام مورد مطالعه به‌راحتی تأمین می‌شد تنوع سالانه در تاریخ گل‌دهی ارقام بادام تحت‌تأثیر میانگین دمای تأمین نیاز گرمایی قرارگرفت (Diez-Palet *et al.*, 2019). تمایل به کشت گیاهان خزان‌دار در مناطق گرم‌تر، پژوهش‌های باغبانی بیشتری را در زمینهٔ نیاز سرمای زمستانه می‌طلبد. باغداران ارقام مناسب درختان میوه برای محل موردنظر را بر پایهٔ نیاز سرمایی آن‌ها انتخاب می‌کنند. این فرآیند انتخاب، نیاز به ارزیابی سرمای زمستانه در منطقه، سنجش نیاز سرمایی گونه‌ها و کاربرد مدل‌های مختلف برای برآورد نیاز سرمایی برای رسیدن به این هدف دارد (Erez *et al.*, 2000). در صورت کاشت ارقام با نیاز سرمایی پایین در مناطق با زمستان‌های سرد، به‌دلیل تأمین نیاز سرمایی گل‌دهی زود هنگام اتفاق افتاده و سرمای دیررس بهاره می‌تواند خسارت شدید را به این درختان وارد نماید (Fennell, 1999). تخمین نیاز سرمایی می‌تواند راهنمایی برای پرورش دهندگان باشد تا در هر سال بهترین زمان برای محافظت در برابر سرمای بهاره را آغاز کنند. به‌طور مشابه، ارزیابی نیاز سرمایی به‌خصوص در مورد هر رقم یا ژنوتیپ می‌تواند برای حل مشکلات سازگاری آب‌وهوایی برای اصلاح‌گران مفید باشد. اطلاعات در مورد نیاز سرمایی یک رقم تأثیرات اقتصادی و عملی مهمی در کنترل، حفظ و تولید گیاهان چوبی دارد و داشتن این اطلاعات برای ارقام کشت‌وکار شده در اکثر مناطق ضروری است (Fennell, 1999). لذا با توجه به موارد ذکرشده و اهمیت محصول بادام، این پژوهش با هدف بررسی نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل برخی ارقام و ژنوتیپ‌های بادام انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و محل انجام آزمایش: این مطالعه در ایستگاه تحقیقات یکصد هکتاری مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی در ارتفاع ۱۲۵۲ متری از سطح دریا با مختصات ″۰۷′۵۷°۵۰ طول جغرافیایی و ″۱۵′۴۵°۳۵ عرض جغرافیایی به‌منظور بررسی نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل هشت رقم تجاری خارجی و داخلی و ژنتیپ‌های امیدبخش داخلی بادام شامل ارقام تونو، نان‌پاریل، مامایی، شاهرود ۱۲، ربیع و ژنوتیپ‌های ۱۶-۱، ۴۰-۱۳ و D11 طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو فاکتور انجام گرفت. فاکتور اول، هشت رقم تجاری و ژنوتیپ‌های امیدبخش بادام و فاکتور دوم میزان ساعات سرمادهی صفر تا ۷/۲ در سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۰۰ ساعت بود. در این آزمایش درختان هشت ساله بودند که از نظر عملیات به‌باغی نظیر آبیاری، تغذیه، هرس، مدیریت مبارزه با آفات و بیماری‌ها، مدیریت کف باغ و ... همه درختان در وضعیت یکسان و مشابهی قرار داشتند.

برای تعیین نیاز سرمایی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از دماهای ساعتی ایستگاه هواشناسی (همجوار با کلکسیون ایستگاه تحقیقاتی) استفاده گردید. اولین نمونه‌برداری (قبل شروع تجمع ساعات سرمایی) وقتی صورت گرفت که دماهای بالا با اثر منفی در تجمع ساعات سرمایی و رفع نیاز سرمایی به ندرت اتفاق افتاد و متوسط دمای هوا پایین‌تر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. نمونه‌برداری‌های بعدی پس از دریافت ساعات سرمایی تعیین‌شده انجام گرفت، به این منظور ۱۵ شاخه یکساله به طول حدود ۳۰ سانتی‌متر حاوی جوانه‌های گل از هر رقم و ژنوتیپ جمع‌آوری گردید و سریعاً درون پلاستیک قرار داده شده و به گلخانه با دمای ۲۵-۱۷ درجه سانتی‌گراد در شبانه‌روز منتقل گردیدند. شاخه‌ها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل ۰/۰۱ درصد در بسته‌های پنج تایی در سه تکرار درون ظروف پلاستیکی یکبار مصرف محتوی محلول ۵٪ ساکارز قرار داده شدند. این محلول دو بار در هفته تعویض و ته شاخه‌ها به‌منظور جذب بهتر آب حدود نیم سانتی‌متر قطع می‌شد. ارزیابی به‌منظور تعیین درصد شکوفایی جوانه‌ها هر ۳-۲ روز یکبار انجام و نسبت به ثبت داده‌ها اقدام گردید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

صفات مورد مطالعه: تعداد روز تا ۵۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها (مرحله B-C فلیکینگر) برای تعیین نیاز گرمایی ثبت شد (Richardson *et al*., 1974). در این فاصله تجمع دماهای بالاتر از صفر گیاهی (۴٫۵ درجه سانتی‌گراد) به‌صورت درجه ساعت رشد (GDH) به‌عنوان نیاز گرمایی ارقام مورد مطالعه منظور گردید (Egea *et al*., 2003).

پیش از آنالیز داده‌ها، نرمال‌بودن آنها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و روش Kolmograph-Smirnov و Shapiro-Wilk مورد ارزیابی قرار گرفت. در مواردی که داده‌ها نرمال نبودند، نرمال‌سازی داده‌ها انجام گرفت. داده‌های نرمال با استفاده از نرم‌افزار.SAS تجزیه و توسط همین نرم‌افزار و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، مقایسه میانگین‌ها داده‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر دما و رقم به تنهایی و نیز اثر متقابل دما × رقم بر تمامی صفات مورد مطالعه (درصد شکوفایی، روز تا شکوفایی (۱۰ و ۵۰ درصد) و ساعت–درجه–رشد) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲).

ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی دامنه نیاز سرمایی و نیاز گرمایی متفاوت و وسیعی را نشان دادند. مامایی (زودگل) اولین رقمی بود که پس از گذشت ۱۷ روز از شروع تجمع نیاز سرمایی با ۵۰ ساعت سرمای بین صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد ۵۰ درصد شکفتن جوانه‌ها (مرحله B-C فلیکینگر) را نشان داد. براساس نتایج بدست آمده، در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تعداد روزهای موردنظر برای شکستن خفتگی (تجمع ساعات سرمایی موردنیاز) تحت دمای صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد بین ۱۷ تا ۵۸ روز متغیر بود. در این تحقیق حداقل و حداکثر روز تا شکوفایی به‌ترتیب در رقم مامایی (۱۷ روز) و ژنوتیپ D11 (۵۸ روز) بدست آمد.

تعداد ساعت سرمایی موردنیاز برای ۵۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها از ۵۰ ساعت در رقم مامایی تا ۷۰۰ ساعت در ژنوتیپ D11 متغیر بود. کمترین و بیشترین تعداد روز موردنیاز برای ۵۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها به‌ترتیب در رقم مامایی (۱۸ روز) و ژنوتیپ D11 (۲۸ روز) مشاهده گردید. نیاز گرمایی مورد نیاز در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از ۷۱۲۸ ساعت درجه رشد در رقم مامایی تا ۱۱۰۸۸ ساعت درجه رشد در ژنوتیپ D11 متغیر بود (جدول ۳).

براساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون در تمام ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام بین ساعات نیاز سرمایی (محور x) و نیاز گرمایی (y) برای شکوفایی ۵۰ درصد از جوانه‌ها همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده گردید. به‌طوری‌که با افزایش تعداد ساعات سرمایی، تعداد ساعات نیاز گرمایی کاهش یافت. رقم مامایی به‌عنوان زودگل‌ترین رقم در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی، با ۵۰ ساعت نیاز سرمایی و تأمین ۷۱۲۸ ساعت نیاز گرمایی به ۵۰ درصد شکوفایی رسید. درحالی‌که با افزایش ساعات تأمین نیاز سرمایی، میزان ساعات گرمایی موردنیاز برای ۵۰ درصد شکوفایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و به ۵۵۴۴ ساعت رسید، همچنین در ۷۰۰ ساعت تأمین نیاز سرمایی، میزان ساعات گرمایی موردنیاز در این رقم به ۲۳۷۶ ساعت رسید. روند مشابهی در سایر ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه مشاهده شد.

نمودار مربوط به D11 به‌عنوان دیرگل‌ترین ژنوتیپ نشان می‌دهد، این ژنوتیپ فقط با تأمین ۷۰۰ ساعت نیاز سرمایی و در مقابل، ۱۱۰۸۸ نیاز گرمایی به ۵۰ درصد شکوفایی رسید و با یک همبستگی منفی معنی‌داری بین نیاز سرمایی و گرمایی با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز گرمایی، میزان ساعات گرمایی موردنیاز برای ۵۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها در این ژنوتیپ، به ۹۵۰۴ ساعت رسید (شکل ۱).

نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون خطی بین ساعات نیاز سرمایی (محور x) و تعداد روز موردنیاز تا شکوفایی ۱۰ درصد از جوانه‌ها در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام نشان داد که همبستگی منفی معنی‌داری بین دو فاکتور ذکرشده وجود داشت و در تمامی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، با افزایش تعداد ساعات تأمین نیاز سرمایی، تعداد روز موردنیاز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دما و رقم بر صفات درصد شکوفایی، روز تا ۵۰ درصد شکوفایی، ساعت درجه رشد

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد شکوفایی	روز تا شکوفایی	ساعت-درجه-رشد
ساعت سرمایی (صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد)	۹	۸۵۳۱/۹۹**	۱۹۵۵/۹۰**	۳۰۶۷۱۶۴۱۴**
رقم	۷	۳۹۸۰/۹۵**	۹۳۷/۶۹**	۱۴۷۰۴۵۲۴۳**
دما× رقم	۶۳	۵۶۵/۷۷**	۵۱/۲۵**	۸۰۳۷۱۹۳**
خطای آزمایش	۱۶۰	۹۶/۸۷	۰	۰
ضریب تغییرات (CV٪)		۳۸/۶۹	۱۲/۹۷	۶/۰۹

****، * و ns به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار**

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر دما و رقم بر صفات درصد شکوفایی، روز تا ۱۰ درصد شکوفایی، ساعت درجه رشد

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد شکوفایی	روز تا شکوفایی	ساعت-درجه-رشد
ساعت سرمایی (صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد)	۹	۲۹۷/۴۰ **	۲۳۵۳/۷۶ **	۳۶۷۷۴۹۸۵۵ **
رقم	۷	۱۸۸/۸۲ **	۱۴۰۵/۴۵ **	۲۲۰۷۴۶۸۰۳ **
دما× رقم	۶۳	۲۵/۹۷ **	۹۳/۹۵ **	۱۴۷۰۹۲۴۷ **
خطای آزمایش	۱۶۰	۵	۰	۰
ضریب تغییرات (CV٪)		۲۳/۹۹	۱۷/۹۶	۸/۸۴

****، * و ns به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار**

جدول ۳- ارتباط بین ساعات سرمایی، درجه رشد ساعت و زمان ۵۰ درصد شکفتن جوانه‌ها در هشت رقم و ژنوتیپ مورد مطالعه بادام

رقم	نیاز سرمایی			نیاز گرمایی	
	تعداد روز تا تأمین نیاز سرمایی[1]	ساعات سرمایی (صفر تا ۷/۲ درجه سانتیگراد)	مدل یوتا (واحد سرمایی)	تعداد روز تا ۵۰ درصد شکفتن جوانه‌ها[2]	نیاز گرمایی (درجه ساعت رشد)
مامایی	۱۷	۵۰	۱۵۰	۱۸	۷۱۲۸
ربیع	۲۲	۱۰۰	۲۱۰	۲۳	۹۱۰۸
نان‌پاریل	۴۲	۴۰۰	۵۰۰	۲۰	۷۹۲۰
D۱۱	۵۸	۷۰۰	۷۹۰	۲۸	۱۱۰۸۸
۱۶-۱	۴۲	۴۰۰	۵۰۰	۲۲	۸۷۱۲
۴۰-۱۳	۴۲	۴۰۰	۵۰۰	۲۶	۱۰۲۹۶
تونو	۴۲	۴۰۰	۵۰۰	۲۰	۷۹۲۰
شاهرود۱۲	۳۲	۳۰۰	۳۲۰	۲۱	۸۳۱۶

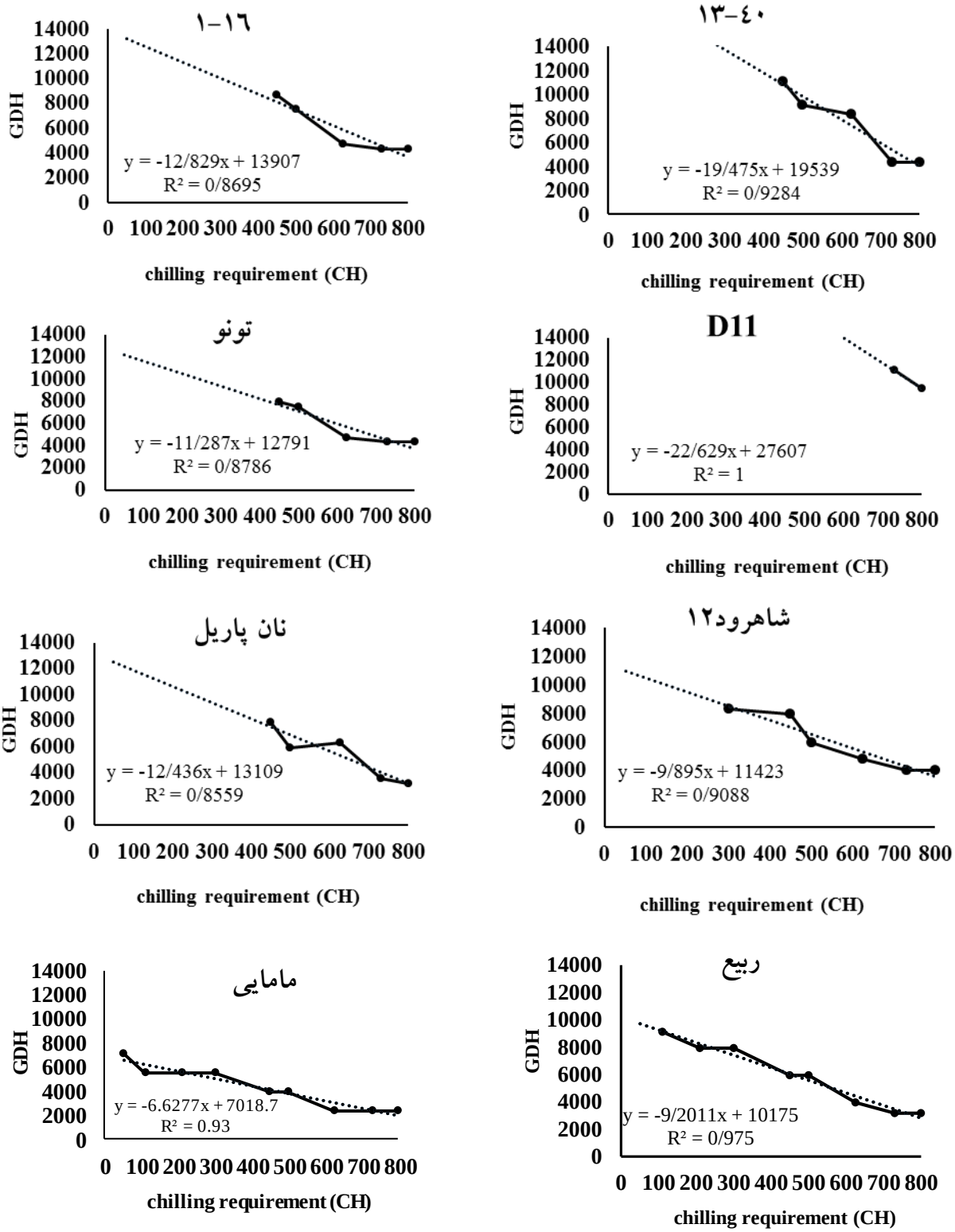
۱- تعداد روز بعد از شروع تجمع ساعات سرمایی تا خروج از رکود (تأمین نیاز سرمایی)

۲-تعداد روز بعد از خروج از رکود (تأمین نیاز سرمایی) تا ۵۰ درصد شکفتن جوانه‌ها

برای شکوفایی ۱۰ درصد از جوانه‌ها کاهش یافت. به‌طوری‌که ژنوتیپ D11 به‌عنوان دیرگل‌ترین ژنوتیپ، با تأمین ۷۰۰ ساعت نیاز سرمایی پس از ۱۱ روز به ۱۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها رسید. ساعت نیاز سرمایی پس از ۲۲ روز و با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

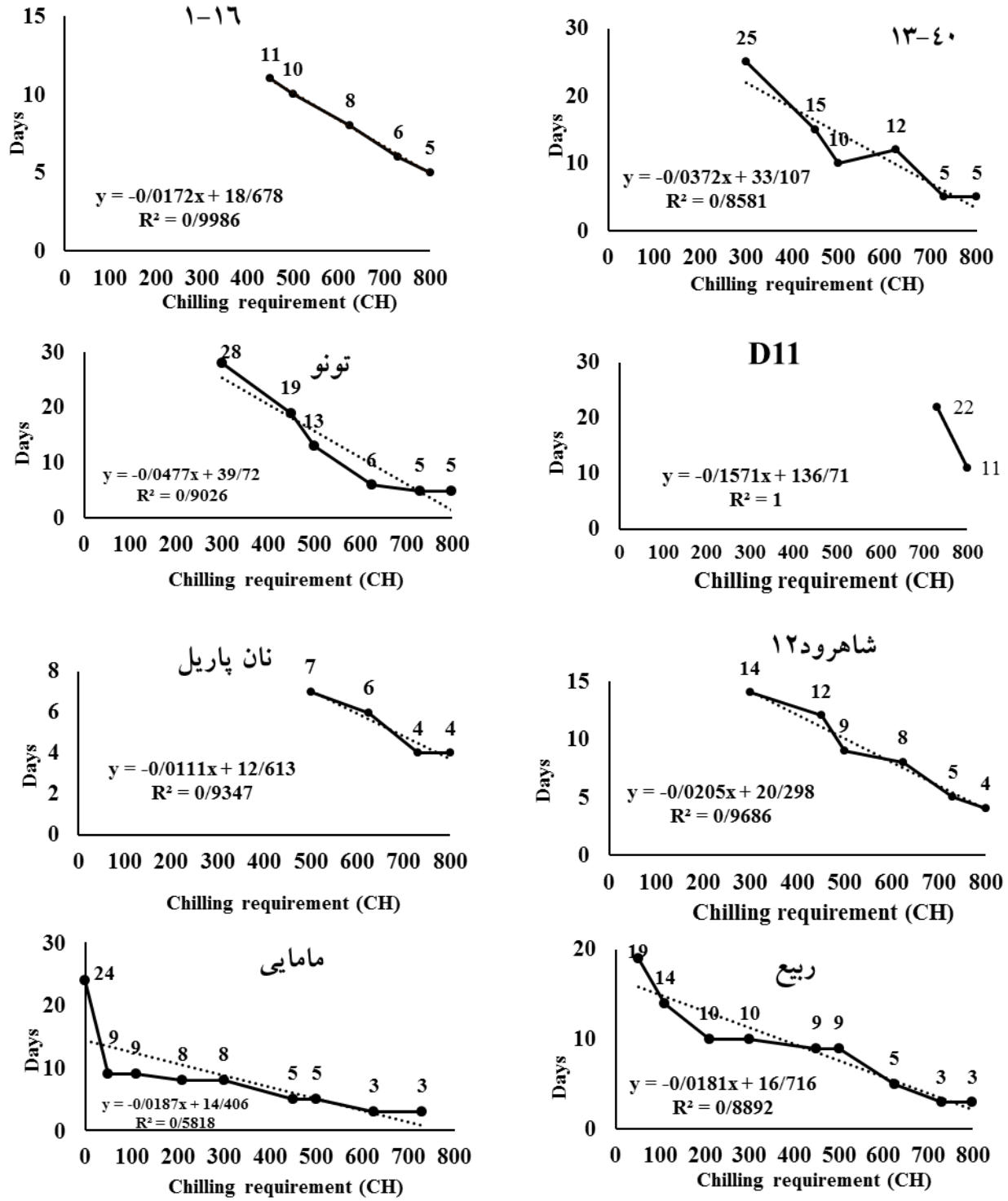


شکل ۱- آنالیز رگرسیون خطی بین ساعات نیاز سرمایی (محور x) و نیاز گرمایی (y) برای شکوفایی ۵۰ درصد از جوانه‌ها در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام

پس از D11، ژنوتیپ ۱۶-۱ با تأمین ۴۵۰ ساعت نیاز سرمایی پس از ۱۱ روز و با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی پس از ۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]



شکل ۲- آنالیز رگرسیون خطی بین ساعات نیاز سرمایی (محور x) و تعداد روز تا شکوفایی ۱۰ درصد از جوانه‌ها در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام

روز به ۱۰ درصد شکوفایی رسید و به‌عنوان دیرگل‌ترین رقم با نیاز سرمایی بالا (برای ۱۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها) پس از D11 شناسایی شد. در مقابل بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی، رقم مامایی به‌عنوان زودگل‌ترین رقم، حتی بدون تأمین نیاز سرمایی (ساعات سرمایی صفر) پس از ۲۴ روز، با تعداد ساعات سرمایی کمتر از ۱۰۰ ساعت، پس از ۹ روز و با تأمین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی پس از سه روز به ۱۰ درصد شکوفایی رسید. همان‌طور که بیان شد، با افزایش تعداد ساعات نیاز سرمایی، تعداد روز تا ۱۰ درصد شکوفایی نیز کاهش یافت. براساس نتایج حاصل، رقم ربیع با کمتر از ۱۰۰ ساعت تأمین نیاز سرمایی، پس از ۱۹ روز و با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی پس از سه روز به ۱۰ درصد شکوفایی رسید. به‌طورکلی، در تمامی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، حداقل تعداد روز مورد نیاز تا شکوفایی ۱۰ درصد جوانه‌ها، با تأمین تعداد ساعات سرمایی بیشتر حاصل شد. به‌طوری‌که با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی، تعداد روز مورد نیاز تا ۱۰ درصد شکوفایی از سه روز در ارقام مامایی و ربیع تا ۱۱ روز در ژنوتیپ D11 متغیر بود (شکل ۲).

براساس نتایج حاصل از بررسی ارتباط بین نیاز سرمایی و درصد شکوفایی جوانه‌ها، در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام، دو رقم مامایی و ربیع به‌عنوان ارقام با کمترین نیاز سرمایی شناسایی شدند. رقم مامایی با ۵۰ ساعت و رقم ربیع با ۱۰۰ ساعت تأمین نیاز سرمایی، به صد درصد شکوفایی رسیدند. همچنین پس از دو رقم مذکور، ژنوتیپ Sh12 با ۳۰۰ ساعت، ارقام تونو، نان‌پاریل و ژنوتیپ ۱۶-۱ با ۴۰۰ ساعت و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ با ۶۰۰ ساعت به صد درصد شکوفایی رسیدند. درنهایت ژنوتیپ D11 به‌عنوان ژنوتیپ با بیشترین نیاز سرمایی شناسایی شد، به‌طوری‌که جوانه‌های این ژنوتیپ با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی، به ۷۹ درصد شکوفایی رسیدند و برای ۱۰۰ درصد شکوفایی نیازمند تأمین بیش از ۸۰۰ ساعت دمای صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد هستند (شکل ۳).

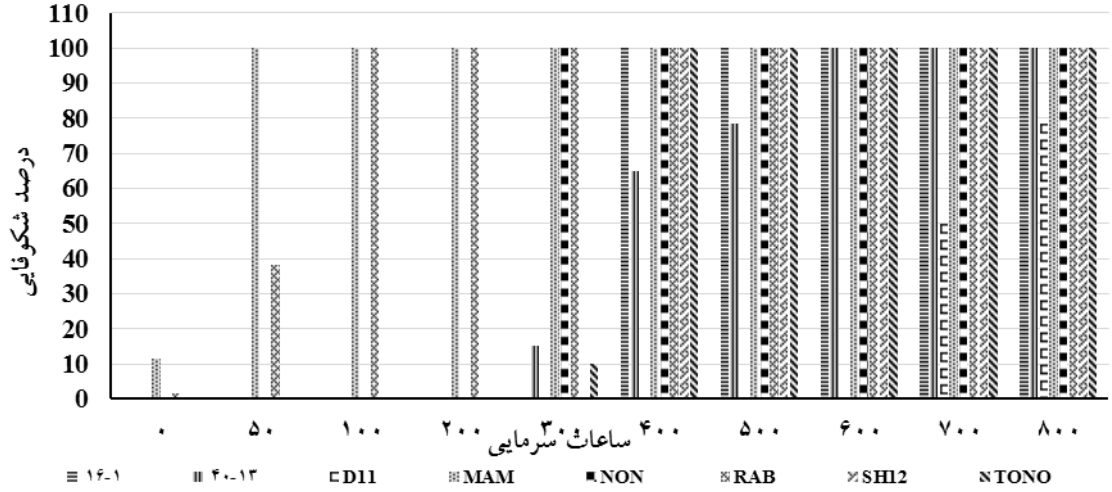
نتایج حاصل از بررسی ارتباط بین نیاز سرمایی و تعداد روز مورد نیاز برای درصدهای مختلف شکوفایی جوانه در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی بادام نشان داد که با تأمین کمتر نیاز سرمایی، تعداد روز تا ۱۰۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها افزایش یافت. در این تحقیق رقم نان‌پاریل با تأمین ۴۰۰ ساعت نیاز سرمایی، پس از ۳۰ روز و با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی پس از ۱۳ روز به ۱۰۰ درصد شکوفایی رسید. نتایج تقریباً مشابهی در ارتباط با رقم تونو بدست آمد. دو رقم مامایی و ربیع با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی به‌ترتیب پس از ۱۰ و ۱۵ روز به ۱۰۰ درصد شکوفایی رسیدند. درحالی‌که رقم مامایی با ۵۰ ساعت تیمار سرمایی، پس از ۲۸ روز و رقم ربیع با ۱۰۰ ساعت تیمار سرمایی، پس از ۳۲ روز به شکوفایی کامل ۱۰۰ درصد رسید. ژنوتیپ D11 تنها با تأمین ۷۰۰ و ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی و پس از ۳۰ روز، به‌ترتیب به ۵۴ درصد و ۷۹ درصد شکوفایی رسید که نشان‌دهنده نیاز سرمایی بالای ژنوتیپ مذکور است (شکل ۴).

بحث

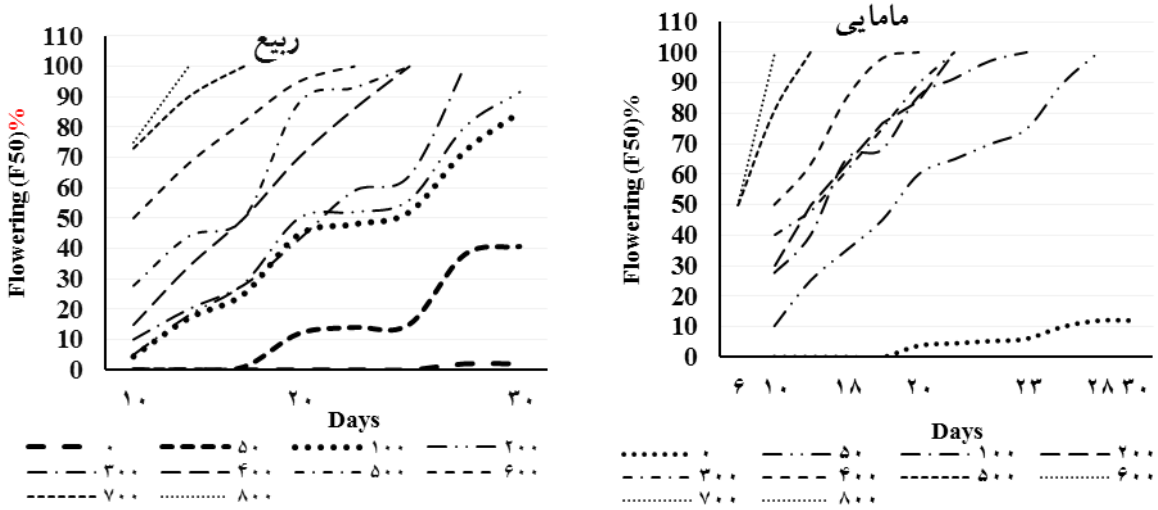
درختان میوه خزان‌دار مناطق معتدله یک منبع مهم اقتصادی و غذایی هستند. حفظ و گسترش تولید میوه‌های مناطق معتدله تحت تغییرات اقلیمی، بحثی چالش برانگیز است. یکی از جنبه‌های فیزیولوژیک درختان میوه که تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است، انباشت کافی سرما در زمستان است (Luedeling *et al.*, 2013). در درختان میوه مناطق معتدله، زمان بازشدن جوانه‌ها و گل‌دهی با خروج به موقع از رکود درونی (اندودورمانسی) یا استراحت، که توسط قرارگرفتن در معرض دمای سرد در زمستان کنترل می‌شود، ارتباط زیادی دارد (Saure ۱۹۸۵). تبعات و اثرات تجمع ناکافی سرما به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است و شامل تأخیر در باز شدن جوانه‌ها، گل‌دهی کم و نامنظم، طولانی‌شدن زمان باز شدن گل‌ها (Erez, 2000) و همچنین آسیب به رشد جوانه‌ها با تغییر شکل جوانه‌ها است (Viti *et al.*, 2010). در پژوهش حاضر، ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی دامنه نیاز سرمایی و نیاز گرمایی متفاوت و وسیعی را نشان دادند. تعداد روزهای مورد نیاز برای شکستن خفتگی تحت دمای صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد بین ۱۷ روز در رقم مامایی تا ۵۸ روز در ژنوتیپ D11 متغیر بود. همچنین تعداد ساعت سرمایی مورد نیاز برای شکوفایی ۵۰ درصد از جوانه‌ها از ۵۰ ساعت در رقم مامایی تا ۷۰۰ ساعت در ژنوتیپ D11 متغیر بود. به‌طوری‌که رقم مامایی به‌عنوان زود گل‌ترین رقم در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی شناخته شد که پس از گذشت ۱۷ روز از شروع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]



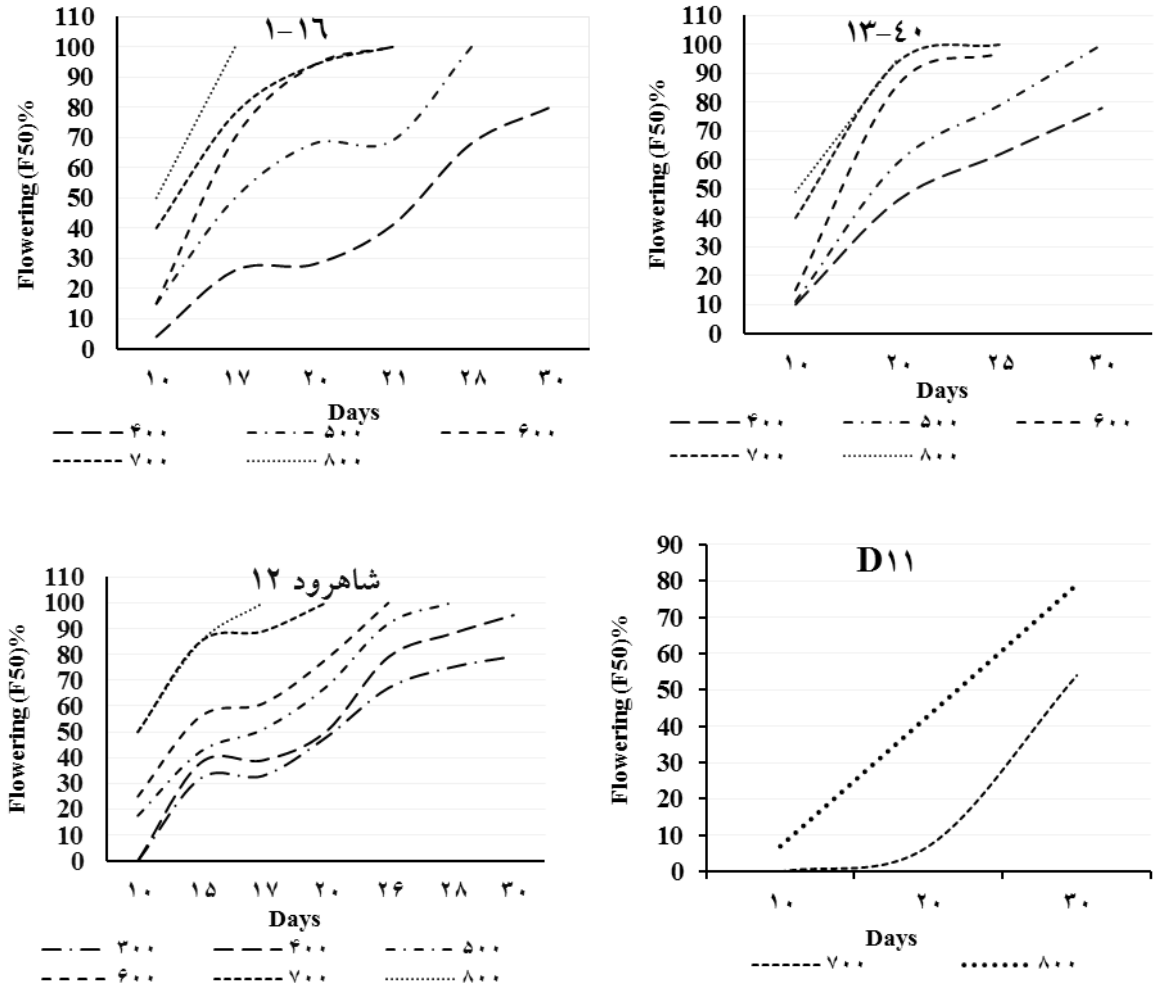
شکل ۳- ارتباط بین ساعات سرمایی و درصد شکوفایی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام



شکل ۴- ارتباط بین تعداد ساعات نیاز سرمایی و تعداد روز مورد نیاز برای شکوفایی ۵۰ درصد جوانه‌ها در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام

تجمع نیاز سرمایی و با ۵۰ ساعت سرمای بین ۷/۲- صفر درجه سانتی‌گراد به ۵۰ درصد شکوفایی رسید. براساس نتایج بدست آمده از آزمایشات، نیاز گرمایی ارقام و زنوتیپ‌های مورد بررسی نیز دامنه وسیعی را نشان داد، به‌طوری‌که رقم مامایی کمترین نیاز گرمایی (۷۱۲۸ ساعت درجه رشد) و ژنوتیپ D11 بیشترین نیاز گرمایی (۱۱۰۸۸ ساعت درجه رشد) را دارا بودند. نتایج آزمایشات Rattigan و Hill (۱۹۸۸) در ۱۲ رقم بادام طی دوره هفت ساله نشان داد که نیـاز سرمایی و گرمایی واریته‌های مختلف به‌ترتیـب حـدود ۲۲۰ تـا ۳۲۰ واحد سرمایی و ۵۳۰۰ تا ۸۹۰۰ ساعت درجه رشد (دماهای بالاتر از ۴ الی ۵ درجه سانتی‌گراد) است. در تعیین نیاز سرمایی و گرمایی برای شکستن خواب و تاریخ گل‌دهی برخی ارقام بادام Egea و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که زمان گل‌دهی ژنوتیپ‌های مختلف بیشتر تحت‌تأثیر نیاز سرمایی است و نیاز گرمایی در تعیین این زمان اثر کمتری دارد. آنها نیاز گرمایی برخی از ارقام بادام بین ۵۹۴۲ تا ۷۵۷۷ ساعت درجه رشد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]



ادامه شکل ۴- ارتباط بین تعداد ساعات نیاز سرمایی و تعداد روز مورد نیاز برای شکوفایی ۵۰ درصد جوانه‌ها در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادام

برآورد کردند.

بین نیاز سرمایی مورد نیاز برای شکستن خواب و نیاز گرمایی مورد نیاز برای گل‌دهی همبستگی معکوسی وجود دارد. زمانی‌که نیاز سرمایی به اندازه کافی تأمین شده باشد، میزان نیاز گرمایی کمتر می‌شود و معمولاً درختانی که در معرض ساعات سرمایی کمتری قرار می‌گیرند، دارای نیاز گرمایی بالاتری هستند (Ruiz *et al.*, 2007). نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که در تمام ارقام و ژنوتیپ‌ها همبستگی منفی معنی‌داری بین نیاز سرمایی و نیاز گرمایی وجود دارد. به‌طوری‌که در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی، رقم مامایی به‌عنوان زودگل‌ترین رقم با ۵۰ ساعت نیاز سرمایی، نیازمند ۷۱۲۸ ساعت نیاز گرمایی برای شکوفایی ۵۰ درصد از جوانه‌ها بود، درحالی‌که افزایش ساعات تأمین نیاز سرمایی سبب کاهش نیاز گرمایی برای شکوفایی ۵۰ درصد از جوانه‌ها گردید و تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی، سبب کاهش تعداد ساعات گرمایی مورد نیاز به ۲۳۷۶ ساعت گردید. همچنین D11 به‌عنوان دیرگل‌ترین ژنوتیپ، با تأمین ۷۰۰ ساعت نیاز سرمایی و ۱۱۰۸۸ ساعت درجه رشد نیاز گرمایی به ۵۰ درصد شکوفایی رسید، درحالی‌که با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی، میزان ساعات گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها در این ژنوتیپ، به ۹۵۰۴ ساعت درجه رشد کاهش یافت. این نتایج با گزارشات سایر محققین در این زمینه مطابقت داشت. در مطالعات Diez-Palet و همکاران (۲۰۱۹) تفاوت زیادی بین پایان زمان تأمین نیاز سرمایی بین گروه‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

مختلف بادام مشاهده گردید و گزارش کردند که تاریخ گل‌دهی دیرتر با زمان تکمیل نیاز سرمایی مرتبط است. همچنین Benmoussa و همکاران (۲۰۱۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. در آزمایشات Couvillon و Erez (۱۹۸۵b) و Citadin و همکاران (۲۰۰۱) گزارش گردید که هنگامی‌که یک رقم سرمای بیشتری (زیادتر از نیاز سرمایی) دریافت می‌کند، نیاز گرمایی گل‌دهی کاهش می‌یابد. با این وجود، استثناهایی در ارقام هلو با نیاز گرمایی بالا، علیرغم دریافت دوره‌های سرمایی طولانی مشاهده شد (Citadin *et al*., 2001). برخی از محققان نیازهای گرمایی مشابهی برای ارقام بادام با نیازهای سرمایی متفاوت گزارش نمودند (Linsley-Noakes and Allan, 1994; Egea *et al*., 2003). در مطالعات انجام‌شده توسط Couvillon و Erez (۱۹۸۵b)، Pawasut و همکاران (۲۰۰۴) و Campoy و همکاران (۲۰۱۱b) بیان کردند که تداوم سرما پس از شکستن رکود در درختان میوه سبب کاهش نیاز گرمایی لازم برای شکوفایی جوانه‌ها خواهد شد. در رابطه با نقش نیاز سرمایی و نیاز گرمایی، در جنوب شرقی اسپانیا زمان گل‌دهی در برخی ارقام بادام بیشتر توسط نیاز سرمایی تعیین شد (Egea *et al*., 2003). همچنین Rattigan و Hill (۱۹۸۸) زمان گل‌دهی بادام را با استفاده از میزان نیاز سرمایی و گرمایی پیش‌بینی کرده و عنوان داشتند که می‌توان زمان گلدهی ارقام بادام در یک محل را با نیاز سرمایی و گرمایی بدست آمده در مکان‌های دیگر با شرایط آب‌وهوایی متفاوت بدست آورد. در مناطقی که نیاز سرمایی به‌طور مناسب تأمین نمی‌شود روی رشد و باردهی ارقام اثر منفی می‌گذارد و ارقام با نیاز سرمایی کم ولی با نیاز حرارتی بالا می‌توانند در مناطق سردسیر کشت شوند (هوشیار و همکاران، ۱۳۹۵).

زمان گل‌دهی در بیشتر درختان میوه صفت مهمی است. این صفت به شرایط آب‌وهوایی زمستان جهت شکستن رکود درونی و میزان اختلاف در نیاز سرمایی و گرمایی ژنوتیپ‌ها و ارقام بستگی دارد. در میوه‌های معتدله دیر گل‌دهی باعث جلوگیری از سرمازدگی می‌شود و یکی از اهداف برنامه‌های اصلاحی شناسایی ارقام دیرگل است (Spiegel Roy and Alston, 1979). نتایج آزمایشات این پژوهش نشان داد که همبستگی منفی معنی‌داری بین نیاز سرمایی و تعداد روز مورد نیاز تا شکوفایی ۱۰ درصد جوانه‌ها در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود داشت و با افزایش تعداد ساعات تأمین نیاز سرمایی، تعداد روز مورد نیاز برای شکوفایی جوانه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. جوانه‌های ژنوتیپ D11 به‌عنوان دیرگل‌ترین ژنوتیپ، با تأمین ۷۰۰ و ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی به‌ترتیب پس از ۲۲ و ۱۱ روز و ژنوتیپ ۱۶-۱ با تأمین ۴۵۰ و ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی به‌ترتیب پس از ۱۱۴ روز به ۱۰ درصد شکوفایی رسید و به‌عنوان دیرگل‌ترین ارقام با نیاز سرمایی بالا شناسایی شدند. در مقابل، رقم مامایی حتی بدون تأمین نیاز سرمایی و یا با تأمین نیاز سرمایی ۵۰ ساعت، به‌ترتیب پس از ۲۴ روز و ۹ روز و با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی پس از ۳ روز به ۱۰ درصد شکوفایی رسید و به‌عنوان زودگل‌ترین رقم در بین ارقام مورد بررسی شناسایی گردید. به‌طورکلی، در تمامی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بسته به نوع ژنوتیپ یا رقم و تعداد ساعات تأمین نیاز سرمایی، تعداد روز تا شکوفایی متغیر بود. به‌طوری‌که با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی، تعداد روز موردنیاز تا ۱۰ درصد شکوفایی از سه روز در ارقام مامایی و ربیع تا ۱۱ روز در ژنوتیپ D11 متغیر بود. Ruiz و همکاران (۲۰۰۷) یک رابطه قوی مثبت بین نیاز سرمایی و تاریخ گل‌دهی و همین طور یک رابطه منفی بین نیاز سرمایی برای شکستن خواب جوانه و نیاز گرمایی برای تاریخ گل‌دهی را در ارقام مختلف زردآلو گزارش کردند. جوانه گل علیرغم تأمین نیاز سرمایی تا رسیدن به دمای مطلوب به حالت خفته باقی می‌ماند و تفاوت در زمان شکوفایی ارقام مختلف در مکان‌هایی با نیاز سرمایی کافی، معمولاً کم است (Janick and Paull, 2008). نتایج آزمایشات مربوط به اثر متقابل نیاز سرمایی و تعداد روز موردنیاز برای شکوفایی جوانه‌ها در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که با تأمین کمتر نیاز سرمایی، تعداد روز تا شکوفایی جوانه‌ها افزایش یافت. به‌طوری‌که رقم نان‌پاریل با تأمین ۴۵۰ ساعت نیاز سرمایی، پس از ۳۰ روز و با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

سرمایی پس از ۱۳ روز به ۱۰۰ درصد شکوفایی رسید. نتایج تقریباً مشابهی در ارتباط با رقم تونو بدست آمد. دو رقم مامایی و ربیع با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی به‌ترتیب پس از ۱۰ و ۱۵ روز به ۱۰۰ درصد شکوفایی رسیدند. درحالی‌که با ۵۰ ساعت تیمار سرمایی، رقم مامایی پس از ۲۸ روز و رقم ربیع پس از ۳۰ روز به شکوفایی کامل ۱۰۰ درصد رسیدند. ژنوتیپ D11 تنها با تأمین ۷۰۰ و ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی و پس از ۳۰ روز، به‌ترتیب به ۵۴ درصد و ۷۹ درصد شکوفایی رسید که نشان‌دهنده نیاز سرمایی بالای ژنوتیپ مذکور است.

بررسی اثر متقابل نیاز سرمایی و درصد شکوفایی جوانه‌ها در پژوهش حاضر نشان داد که دو رقم مامایی و ربیع به‌عنوان ارقام با کمترین نیاز سرمایی شناسایی شدند که به‌ترتیب با ۵۰ ساعت و ۱۰۰ ساعت تأمین نیاز سرمایی، به صد درصد شکوفایی رسیدند. همچنین پس از دو ژنوتیپ مذکور، ژنوتیپ Sh12 با ۳۰۰ ساعت، ارقام تونو، نان‌پاریل و ژنوتیپ ۱۶-۱ با ۴۵۰ ساعت و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ با ۶۰۰ ساعت به صد درصد شکوفایی رسیدند. در مقابل ژنوتیپ D11 به‌عنوان ژنوتیپ با بیشترین نیاز سرمایی، برای شکوفایی ۱۰۰ درصد جوانه‌ها نیازمند تأمین بیش از ۸۰۰ ساعت دمای صفر تا ۷ درجه سانتی‌گراد بود و حتی با تأمین ۸۰۰ ساعت نیاز سرمایی، میزان شکوفایی جوانه‌ها در این ژنوتیپ، به ۷۸/۳۳ رسید.

منابع

خدیوی خوب، ع. و اوسطی، ع. (۱۳۹۵) ارزیابی خودسازگاری، زمان گل‌دهی و خصوصیات مورفولوژیکی برخی از ژنوتیپ‌های بادام برای دستیابی به انتخاب‌های برتر. فناوری تولیدات گیاهی ۱۶: ۱۲۴-۱۰۳.

هوشیار، ز.، گنجی مقدم، ا. و عابدی، ب. (۱۳۹۵) تعیین نیاز سرمایی و گرمایی چهار رقم زردآلو در استان خراسان. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۳۰: ۴۳۸-۴۳۱.

Anderson, J. L., Richardson, E. A. and Kesner, C. D. (1985) Validation of chill unit and flower bud phenology models for 'Montmorency' sourcherry. International Symposium on Computer Modelling in Fruit Research and Orchard Management 184: 71-78.

Bassi, D., Barrolini, S. and Viti, R. (2006) Recent advances on environmental and physiological challenges in apricot growing. Acta Horticulturae 717: 23-31.

Benmoussa, H., Ghrab, M., Mimoun, M. B. and Luedeling, E. (2017) Chilling and heat requirements for local and foreign almond (*Prunus dulcis* Mill.) cultivars in a warm Mediterranean location based on 30 years of phenology records. Agricultural and Forest Meteorology 239: 34-46.

Campoy, J. A., Ruiz, D., Cook, N. G., Allderman, L. and Egea, J. (2011a) High temperatures and time to budbreak in low chill apricot 'Palsteyn'. Towards a better understanding of chill and heat requirements fulfillment. Scientia Horticulturae 129: 649-655.

Campoy, J. A., Ruiz, D. and Egea, J. (2011b) Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. Scientia Horticulturae 130: 357-372.

Citadin, I., Raseira, M. B., Herter, F. G. and Da Silva, J. B. (2001) Heat requirement for blooming and leafing in peach. HortScience 36: 305-307.

Couvillon, G. A. and Erez, A. (1985a) Effect of level and duration of high temperatures on rest completion in peach. Journal of the American Society for Horticultural Science 110: 579-581.

Couvillon, G. A. and Erez, A. (1985b) Influence of prolonged exposure to chilling temperatures on bud break and heat requirement for bloom of several fruit species. Journal of the American Society for Horticultural Science 110: 47-50.

Dantec, C. F., Vitasse, Y., Bonhomme, M., Louvet, J. M., Kremer, A. and Delzon, S. (2014) Chilling and heat requirements for leaf unfolding in European beech and sessile oak populations at the southern limit of their distribution range. International Journal of Biometeorology 58: 1853-1864.

de Los Cobos, F. P., Martinez-Garcia, P. J., Romero, A., Miarnau, X., Eduardo, I., Howad, W. and Batlle, I. (2021) Pedigree analysis of 220 almond genotypes reveals two world mainstream breeding lines based on only three different cultivars. Horticulture Research 8: 1-11.

Diez-Palet, I., Funes, I., Save, R., Biel, C., Herralde, F., Miarnau, X., Varga, F., Avila, F., Carbo, J. and Aranda, X. (2019) Blooming under Mediterranean climate: Estimating cultivar-specific chill and heat requirements of almond and apple trees using a statistical approach. Agronomy 9: 2-21.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

Egea, J., Ortega, E., Martinez-Gomez, P. and Dicenta, F. (2003) Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. Environmental and Experimental Botany 50: 79-85.
Erez, A. (2000) Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: Temperate Fruit Crops in Warm Climates (ed. Erez, A.) Pp: 17-48. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
Erez, A., Fishman, S., Gat, Z. and Couvillon, G. A. (1987) Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model. International Workshop on Apple Culture in the Tropics and Subtropics 232: 76-89.
Falavigna, V. D. S., Guitton, B., Costes, E. and Andres, F. (2019) I want to (Bud) break free: The potential role of DAM and SVP-like genes in regulating dormancy cycle in temperate fruit trees. Frontiers in Plant Science 9: 1990.
Faust, M., Erez, A., Rowland, L. J., Wang, S. Y. and Norman, H. A. (1997) Bud dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. HortScience 32: 623-629.
Fennell, A. (1999) Systems and approaches to studying dormancy: Introduction to the workshop. HortScience 34: 1172-1173.
Fishman, S., Erez, A. and Couvillon, G. A. (1987) The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Computer simulation of processes studied under controlled temperatures. Journal of Theoretical Biology 126: 309-321.
Funes, I., Aranda, X., Biel, C., Carbo, J., Camps, F., Molina, A. J. and Save, R. (2016) Future climate change impacts on apple flowering date in a Mediterranean subbasin. Agricultural Water Management 164: 19-27.
Gilreath, P. R., PR, G. and DW, B. (1981) Rest prediction model for low-chilling" Sungold" nectarine. Journal of American Society of Horticultural Science 106: 426-429.
Harrington, C. A., Gould, P. J. and Clair, J. B. S. (2010) Modeling the effects of winter environment on dormancy release of Douglas-fir. Forest Ecology and Management 259: 798-808.
Iezzoni, A. F. (1984) Genetic differences for spring floral bud development among sour cherry cultivars. International Workshop on Improvement of Sweet and Sour Cherry Varieties and Rootstocks 169: 123-126.
Janick, J. and Paull, E. R. (2008) The Encyclopedia Fruits and Nuts. CABI.
Kester, D. E., Shackel, K. A., Micke, W. C., Viveros, M. and Gradziel, T. M. (2004) Noninfectious bud failure in Carmel almond: I. Pattern of development in vegetative progeny trees. Journal of American Society of Horticultural Science 127: 244-249.
Kovaleski, A. P., Reisch, B. I. and Londo, J. P. (2018) Deacclimation kinetics as a quantitative phenotype for delineating the dormancy transition and thermal efficiency for budbreak in Vitis species. AoB Plants 10: ply066.
Linsley-Noakes, G. C. and Allan, P. (1994) Comparison of two models for the prediction of rest completion in peaches. Scientia Horticulturae 59: 107-113.
Luedeling, E., Kunz, A. and Blanke, M. M. (2013) Identification of chilling and heat requirements of cherry trees—a statistical approach. International Journal of Biometeorology 57: 679-689.
Pawasut, A., Fujishige, N., Yamane, K., Yamaki, Y. and Honjo, H. (2004) Relationships between chilling and heat requirement for flowering in ornamental peaches. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 73: 519-523.
Prudencio, A. S., Martinez-Gomez, P. and Dicenta, F. (2018a) Evaluation of breaking dormancy, flowering and productivity of extra-late and ultra-late flowering almond cultivars during cold and warm seasons in South-East of Spain. Scientia Horticulturae 235: 39-46.
Prudencio, A. S., Martinez-Gomez, P. and Dicenta, F. (2018b) Estimation of chilling and heat requirements of early, extra-late and ultra-late almond cultivars during cold and warm seasons. Acta Horticultureae 1229: 115-120.
Ramirez, L., Sagredo, K. X. and Reginato, G. H. (2007) Prediction models for chilling and heat requirements to estimate full bloom of almond cultivars in the Central Valley of Chile. VIII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics 872: 107-112.
Rattigan, K. and Hill, S. J. (1988) Relationship between temperature and flowering in almond: Effect of location. Australian Journal of Experimental Agriculture 27: 905-908.
Razavi, F., Hajilou, J., Tabatabaei, S. J. and Dadpour, M. R. (2011) Comparison of chilling and heat requirement in some peach and apricot cultivars. Research in Plant Biology 1: 13-25.
Richardson, E. A., EA, R., SD, S. and DR, W. (1974) A model for estimating the completion of rest for" Redhaven" and" Elberta" peach trees.
Ruiz, D., Campoy, J. A. and Egea, J. (2007) Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. Environmental and Experimental Botany 61: 254-263.
Saure, M. C. (1985) Dormancy Release in Deciduous Fruit Trees. Horticultural Reviews. JohnWiley and Sons, Inc.
Segura, J. M. A., Company, R. S. and Kodad, O. (2017) Late-blooming in almond: A controversial objective. Scientia Horticulturae 224: 61-67.
Shaltout, A. D. and Unrath, C. R. (1983) Rest completion prediction model for Starkrimson Delicious apples. Journal of the American Society for Horticultural Science 108: 957-961.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

Spiegel Roy, P. and Alston, F. H. (1979) Chilling and post-dormant heat requirement as selection criteria for late flowering pears. Hortscience 54: 115-120.

Viti, R., Bartolini, S. and Andreini, L. (2010) Flower bud frost tolerance of several Italian apricot genotypes. European Journal of Horticultural Science 75: 185.

Weinberger, J. H. (1950) Chilling requirements of peach varieties. Proceedings American Society for Horticultural Science 56: 122-8.

Sanchez-Perez, R., Dicenta, F. and Martinez-Gomez, P. (2012) Inheritance of chilling and heat requirements for flowering in almond and QTL analysis. Tree Genetics and Genomes 8: 379-389.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]

Investigation and estimation of chill and heat requirements of flower buds of some promising almond genotypes and cultivars

Nabi Hadavand [1], Mahmood Esna-Ashari*[1], Ali Imani [2], Ahmad Ershadi [1]
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran
[2]Temperate Fruits Research Center, Iran Horticultural Research Institute, Karaj, Iran
(Received: 17/02/2021, Accepted: 20/07/2021)

Abstract

The aim of this study was to investigate the chill and heat requirements of flower buds of 8 foreign and domestic commercial cultivars and promising domestic almond genotypes during 2019 and 2020 as a factorial experiment based on a completely randomized design with 3 replications and two factors including five cultivar types (Tuono, Nanpariel, Mamaie, Shahroud 12, Rabi) as well as three genotypes (1-16, 13-40, and D11) and the number of child and heat requirement hours 0-7.2 ° C (zero, 50, 100, 200, 300, 400 , 500, 600, 700 and 800 hours) was performed at the one hundred hectare research station of Horticultural Research Institute. Based on the results, the studied genotypes and cultivars showed a wide range of chill and heat requirements. The number of days to break dormancy at 0 to 7.2 ° C varied between 17 days in the Mamaie cultivar and up to 58 days in the D11 genotype. Mamaie cultivar was recognized as the earliest cultivar among the cultivars and genotypes studied which after 17 days from the beginning of the accumulation of chill requirements and with 50 hours of chill between 0-7.2 ° C reached 50% of flowering. Mamaie cultivar with 7128 Growth Degree Hour (GDH) and genotype D11 with 11088 Growth Degree Hour had the highest heat requirement. The results showed that with increasing the number of hours of chilling requirement, the number of days required for buds to bloom significantly decreased. In general, Mamaie and Rabi cultivars were identified as early flowering cultivars with the lowest chill requirement and D11 genotype as the late flowering cultivars with high cold requirement.

Keywords: Dormancy, Early- Flowering, late- Flowering, Blooming, Flowering.

Corresponding author, Email: m.esnaashari@basu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.14.2]