



Investigation of phenology and estimation of flower buds chill and heat requirements of some commercial almond cultivars using different models

Jafar Biabani¹ | Abdolrahman Mohammadkhani² | Masoud Fattahi³ 

1. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: dehghansamani@sku.ac.ir
2. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: mkhani7@sku.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Agriculture science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran. E-mail: masoudfattahi@tvu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 15 April 2022
Received in revised form
29 November 2022
Accepted 21 January 2023
Published online
20 September 2023

Keywords:

Blooming
Dormancy
Flower bud
Heat unit
Utah model

ABSTRACT

Objective: Almonds are high in antioxidants, vitamin E, protein, and fiber. This nutrient-rich nut is an excellent addition to any diet since it is a versatile ingredient linked to several health benefits. The development of communications have led to a wider cultivation of temperate fruits, cultivars being selected and grown in different environmental conditions. This situation has increased the risks derived from the incomplete breaking of dormancy, and encouraged studies concerning the chilling and heat requirements of fruit cultivars for breaking dormancy and flowering. Estimating chilling and heat requirements of flower buds in fruit trees is important due to predicting flowering time for appropriate site selection to escape spring frost damage.

Methods: In order to investigate the chill and heat requirements of commercial almond cultivars, a factorial experiment was planned and implemented in a completely randomized design with 3 replications in Shahrekord university lab (in 2017). The first factor included commercial almond cultivars in five levels (Mamaei, Rabi, Sefid, Shahroud 7, and Shahroud 12) and the second factor included chilling in seven levels (100, 200, 300, 400, 500, 600, and 700 hours at 4-7 °C). As soon as dormancy was induced in the buds of each cultivar, 75 branches were prepared and transferred to a refrigerator with a temperature of 4 to 7 °C to determine the chilling requirement. The samples were taken out of the refrigerator and placed in water and sucrose solution in the greenhouse environment, and the flowering status of flower buds was examined.

Results: The results illustrated that the chill and heat requirements of Sefid and Mamaei cultivars were lower than average requirements of all cultivars in this respect. Furthermore, these two cultivars had the lower chill and heat requirements than other cultivars. Also, Sefid cultivar needed 170 hours of chill requirements and 5886 growing degree hours' heat and Mamaei cultivar needed 170 hours of chill and 7707 growing degree hours' heat. Rabi cultivar had lower chill and heat requirements than the average of all cultivars, but in Shahroud 7 cultivar both of chill and heat requirements were high. Shahroud 7 cultivar needed to 220.5 hours of chill and 10958 of heat growth degree hours for blooming. On the other hand, Shahroud 12 cultivar was identified as a cultivar with high chilling requirements and low heat requirements.

Conclusion: The minus effects of the lack of chilling for breaking dormancy in temperate fruits, both in vegetative growth, and fruit-bearing have been proved. Chilling requirements of temperate fruit cultivars have to be fully satisfied, if dormancy breaking is to result in the desired vegetative growth, and if the fruit-bearing capacity is to be fulfilled. On the other hand, in case of low chilling requirements blooming happens too early and cold temperatures produce an important loss of yield by frost.

Cite this article: Biabani, J., Mohammadkhani, A., & Fattahi, M. (2023). Investigation of phenology and estimation of flower buds chill and heat requirements of some commercial almond cultivars using different models. *Journal of Crops Improvement*, 25 (3), 825-838. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.341628.2699>



بررسی فنولوژی و برآورد نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل برخی از ارقام تجاری بادام با استفاده از مدل‌های مختلف

جعفر بیابانی^۱ | عبدالرحمان محمدخانی^۲ | مسعود فتاحی^۳ ✉

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: dehghansamani@sku.ac.ir

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: mkhani7@sku.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه کشاورزی، آموزشکده کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران. رایانامه: masoudfattahi@tvu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۲۹	هدف: به منظور بررسی نیاز سرمایی و گرمایی ارقام تجاری بادام، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برنامه‌ریزی و در آزمایشگاه دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. روش پژوهش: در این آزمایش فاکتور اول، شامل ارقام تجاری بادام در پنج سطح (مامایی، ربیع، سفید، شاه‌رود ۷ و شاه‌رود ۱۲) و فاکتور دوم شامل سرمادهی در هفت سطح (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ ساعت در دما ۴-۷ درجه سانتی‌گراد) بود. به محض القای خواب در جوانه‌ها از هر رقم، تعداد ۷۵ شاخه تهیه و به یخچال با دمای ۴ تا ۷ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از سرمادهی از یخچال خارج و در محیط گلخانه، در محلول آب و ساکارز قرار داده شدند و وضعیت شکوفایی جوانه‌های گل بررسی شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد که نیاز سرمایی و گرمایی در ارقام سفید و مامایی کم‌تر از متوسط نیاز سرمایی و گرمایی کل ارقام بودند. رقم سفید ۱۷۰ ساعت نیاز سرمایی و ۵۸۸۶ درجه ساعت رشد نیاز گرمایی و رقم مامایی ۱۷۰ ساعت نیاز سرمایی و ۷۷۰۷ درجه ساعت رشد نیاز گرمایی داشتند. رقم ربیع نیاز سرمایی کم‌تر و نیاز گرمایی بیش‌تر از متوسط کل ارقام داشت اما در رقم شاه‌رود ۷ هر دو نیاز سرمایی و گرمایی بیش‌تر بود. رقم شاه‌رود ۷ به ۲۲۰/۵ ساعت سرما و ۱۰۹۵۸ درجه ساعت رشد گرما جهت شکوفایی گل نیاز داشت. از طرف دیگر رقم شاه‌رود ۱۲ به‌عنوان رقمی با نیاز سرمایی بالا و نیاز گرمایی پایین شناسایی شد. نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد نیاز سرمایی و گرمایی ارقام مختلف در مدل‌های مختلف متفاوت بود. در بین ارقام این آزمایش رقم شاه‌رود ۱۲ دارای بالاترین نیاز سرمایی و گرمایی بود.

کلیدواژه‌ها:

جوانه گل
خواب زمستانه
شکوفایی گل
مدل بوئا
واحد حرارتی

استناد: بیابانی، جعفر؛ محمدخانی، عبدالرحمان؛ و فتاحی، مسعود (۱۴۰۲). بررسی فنولوژی و برآورد نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل برخی از ارقام تجاری بادام با استفاده از مدل‌های مختلف. *بهره‌رایی کشاورزی*، ۲۵ (۳)، ۸۳۸-۸۲۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.341628.2699>



۱. مقدمه

اطلاع از نیاز سرمایی گیاهان اثرات اقتصادی و کاربردی مهمی بر کنترل، نگهداری و تولید درختان میوه داشته و چنین اطلاعاتی جهت تشخیص نواحی مناسب برای کاشت ضروری است. برای مثال، کشت ارقام با نیاز سرمایی پایین در مناطق دارای زمستان سرد، باعث تأمین سریع نیاز سرمایی جوانه گل شده و گل‌دهی زودهنگام اتفاق می‌افتد و در نتیجه سرمای دیررس بهاره می‌تواند خسارت‌های شدیدی را به این درختان وارد نماید (Scorza & Okie, 1990). بنابراین توجه به نیاز سرمایی و همچنین نیاز گرمایی نقش کلیدی در انتخاب رقم مناسب برای کاشت در یک منطقه جغرافیایی خاص دارد (Bassi et al., 2006).

بادام از درختان معتدله است که به منظور جلوگیری از آسیب سرمای زمستان وارد رکود شده و تا زمانی که میزان مشخصی از سرمای زمستانه را دریافت نکند نیاز سرمایی آن برطرف نمی‌شود (Ruiz et al., 2007) از طرف دیگر پس از رفع نیاز سرمایی، رشد و نمو جوانه گل زمانی امکان‌پذیر است که به اندازه کافی دماهای بالاتر از حد آستانه که در بیش‌تر درختان معتدله ۴/۵ درجه سانتی‌گراد است تأمین شود (Saure, 1985; Anderson et al., 1986). در بیش‌تر مناطق معتدله دیرگلی برای جلوگیری از سرمای دیررس بهاره مدنظر است و هدف بسیاری از برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (Campoy et al., 2011). زمان گلدهی در درختان میوه بستگی به شرایط آب‌وهوایی زمستان جهت شکستن رکود درونی و میزان اختلاف در نیاز سرمایی و گرمایی در بین ژنوتیپ‌ها دارد (Ballester et al., 2001). بنابراین، درختان میوه علاوه بر دریافت سرمای کافی، برای گلدهی کامل، به تعداد ساعت مشخصی گرما نیاز دارند (Campoy et al., 2011).

۲. پیشینه پژوهش

روش‌های مختلفی برای تعیین میزان و مراحل خواب درونی جوانه‌ها برای درختان مختلف پیشنهاد شده است که همگی آن‌ها ترکیبی از مدل‌های دمایی و فتوپریودی هستند. به این منظور پژوهش‌گران خصوصیات مورفولوژیکی جوانه‌های رویشی و زایشی را جهت به‌دست‌آوردن ظرفیت و سرعت رشد سرآغازها اندازه‌گیری می‌کنند و با میزان محتوای نوکلئیک‌اسید و سطوح pH درونی جوانه‌ها می‌سنجند (Egea et al., 2003). مدل‌های دیگری نیز برای هلو (Citadin et al., 2001) و بادام (Alonso et al., 2005; Luedeling et al., 2013) مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعات، پژوهش‌گران برای اندازه‌گیری زمان اتمام دوره استراحت جوانه‌ها، مطالعات مورفولوژیکی جوانه‌ها، کشت سرشاخه و مدل همبستگی بین تاریخ گلدهی بادام و دماهای دوره استراحت را مورد بررسی قرار داده‌اند و در نهایت مدلی را جهت پیش‌بینی زمان اتمام دوره استراحت جوانه‌ها در بادام و هلو ارائه کرده‌اند.

Polito (2009) پژوهش‌هایی گسترده‌ای در ارتباط با نیاز گرمایی ارقام بادام انجام داد و در نهایت بیان نمود که روش اندازه‌گیری نیاز گرمایی برای هر رقم بادام متفاوت می‌باشد. وی عواملی چون نوع رقم، میزان فیتوهورمون‌ها، سن درخت و سطوح دمایی در زمان گل‌انگیزی را مؤثر بر نیاز گرمایی بادام دانست. در پژوهشی Covert (2011)، اثر تجمع سرمایی و گرمایی بر زمان و مدت زمان گلدهی و عملکرد بادام را بررسی کردند و Glozer & Grant (2005)، روی مدل‌های دینامیکی اثرات دما بر خواب جوانه‌های گیلاس مطالعاتی را انجام دادند که در نهایت بیان داشتند بین زمان گلدهی و درجه ساعت رشد و همچنین درجه ساعت رشد و عملکرد نهایی ارتباط وجود دارد. بر این اساس دریافت میزان مختلفی از سرما و گرما می‌تواند زمان گلدهی و عملکرد درخت را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین این پژوهش‌گران مدلی جهت پیش‌بینی زمان و دوره گلدهی ارائه نمودند تا کشاورزان بتوانند با کمک این مدل اقدامات لازم جهت بهینه‌سازی فعالیت زنبور عسل، انجام اعمال باغبانی و تخمین عملکرد را انجام دهند. همچنین Ruiz et al. (2007) نیز نتایج مشابهی را برای

زردآلو گزارش کرده‌اند. مدل‌های مختلفی برای برآورد نیاز سرمایی و گرمایی وجود دارد که ممکن است با توجه به نوع رقم، از سالی به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر نتایج متفاوتی حاصل شود (نکونام و همکاران، ۱۳۹۷).

در بین مدل‌های مختلف، مدل یوتا بیش‌ترین کاربرد را دارد، اما انتقادهایی به آن نیز وارد است که به‌دلیل ناتوانی آن در پیش‌بینی دقیق نیاز سرمایی در زمستان‌های ملایم است. از طرف دیگر مدل دینامیکی می‌تواند یک روش مناسب برای کاهش این اختلافات باشد (Ruiz et al., 2007). در آزمایشی (Maulián et al., 2014)، با بررسی مدل‌های مختلف برآورد نیاز سرمایی و گرمایی روی هلو و شلیل مشخص کردند که نیاز سرمایی اهمیت بالایی دارد و بین زمان گلدهی و انباشت سرمایی ارتباط مستقیمی وجود دارد. هم‌چنین با ارزیابی الگوهای برآورد نیاز سرمای زمستانه با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای فنولوژی درخت سیب در ارومیه، مشخص شد که مدل دینامیکی از عملکرد بالایی در برآورد انباشت سرمایی برخوردار بوده و ارقام زودگل سیب در اواخر زمستان در خطر سرما و یخبندان قرار دارند (Valashdi & Sabziparvar, 2016). گزارش‌ها نشان می‌دهد که در ارقام تجاری زردآلو، نقش نیاز سرمایی در مقایسه با نیاز گرمایی در تغییر تاریخ گلدهی در شرایط آب‌وهوایی کرج بیش‌تر است و همبستگی بالایی بین نیاز سرمایی و تاریخ گلدهی وجود دارد (نکونام و همکاران، ۱۳۹۷). در بررسی و تعیین نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل برخی ارقام و ژنوتیپ‌های بادام توسط (Hadavand et al., 2021)، نتایج نشان داد دو رقم مامایی و ربیع نسبت به ارقام تونو و نانپاریل و ژنوتیپ‌های ۱۶-۱، ۱۳-۴۰ و D11 زودگل‌تر بوده و نیاز سرمایی کم‌تری داشتند از طرفی ژنوتیپ D11 به‌عنوان دیرگل‌ترین ژنوتیپ با نیاز سرمایی بالا معرفی گردید.

ارزیابی نیاز سرمایی ارقام پرکاربرد بادام در استان چهارمحال و بختیاری و تخمین میزان نیاز سرمایی این ارقام می‌تواند راهنمایی برای مقابله بهتر در برابر سرمای بهاره باشد. از طرف دیگر اطلاعات در مورد نیاز سرمایی هر رقم تجاری می‌تواند در انتخاب ارقام برای مناطق مختلف با توجه به شرایط آب‌وهوایی موثر باشد. گاهی ارقام جدید در مناطقی کشت می‌شوند که به‌دلیل عدم سازگاری آب‌وهوایی، نیاز سرمایی آن‌ها تأمین نشده یا به‌دلیل زودگل‌دهی با مشکل یخ زدگی گل در شروع فصل رشد مواجه می‌شوند. اطلاعات در مورد نیاز سرمایی یک رقم تأثیرات اقتصادی و عملی مهمی در کنترل، حفظ و تولید درختان میوه دارد. داشتن این اطلاعات برای ارقام کشت و کار شده در مناطق مختلف ضروری است (Hadavand et al., 2021). بنابراین، این پژوهش به‌منظور بررسی میزان نیاز سرمایی جوانه گل و نیاز گرمایی جوانه‌های گل پنج رقم مهم تجاری بادام برای هر یک از مراحل فنولوژیکی گل با استفاده از مدل‌های مختلف انجام شد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۶، روی پنج رقم محلی و تجاری بادام تهیه‌شده از باغ‌های شرکت باغ‌گستران سامان انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. فاکتور اول، شامل پنج رقم تجاری بادام سفید، مامایی، علی‌اکبر ربیع، شاهرود ۷ و شاهرود ۱۲ و فاکتور دوم طول دوره سرمادهی در دمای ۵-۷ درجه سانتی‌گراد در هفت سطح (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ ساعت) بود.

جهت تعیین زمان دقیق خفتگی جوانه‌ها، از اواسط مردادماه از آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سامان به‌صورت روزانه استفاده شد. به محض القای خواب در جوانه‌ها از هر رقم تجاری بادام سه درخت به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد ۷۵ شاخه به طول ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر دارای بیش‌ترین جوانه گل تهیه شد. پس از انجام برگ‌زنی و حذف شاخه‌های فرعی، شاخه‌ها به دسته‌های پنج‌تایی تقسیم و با قارچ‌کش بنومیل یک درصد ضدعفونی شدند. در ادامه شاخه‌ها با سلفون پوشیده و به‌منظور تأمین نیاز سرمایی به یخچال (دارای دمای ۴-۷ درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند. پس از سپری‌شدن

زمان‌های موردنظر (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ ساعت) شاخه‌ها به‌ترتیب به گلخانه (دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۶ ساعت روشنایی) منتقل شدند. به‌منظور جذب بهتر، انتهای شاخه‌ها به اندازه یک سانتی‌متر بریده و درمحلول قندی ساکارز پنج درصد قرار گرفتند. این محلول، هر چهار روز یک بار تعویض و قاعده شاخه‌ها به اندازه یک سانتی‌متر در هفته برش داده شد. سپس برای محاسبه نیاز سرمایی از مدل‌های یوتا، کارولینای شمالی، مدل ساعات سرمایی، مدل دینامیکی (بخش‌های سرمایی)، مدل نیاز سرمایی کم استفاده شد.

برای تعیین نیاز گرمایی از زمان رفع نیاز سرمایی تا ۵۰ درصد تمام گل استفاده شد. برای تعیین این محدوده زمانی، یک دستگاه کنترل‌کننده دما و رطوبت‌سنج دیجیتال (مدل HD110، کشور فرانسه) در محل گلخانه نصب و به‌طور مرتب (ساعتی یک‌بار) دما و رطوبت کنترل و ثبت شد. همچنین کلیه مراحل فنولوژی جوانه‌های گل به‌ترتیب، شامل مرحله متورم‌شدن جوانه گل، نوک سبز، نوک صورتی، ظهور گلبرگ‌ها، باز شدن اولین گل، تمام گل و ریزش گلبرگ ثبت گردید تا نیاز گرمایی جهت ورود به هرکدام از مراحل فنولوژی جوانه‌های گل در ارقام مختلف تعیین گردد. به‌منظور بررسی نیاز سرمایی و گرمایی و تجزیه و تحلیل داده‌های ارقام مختلف دو شاخص در نظر گرفته شد. شاخص اول شامل زمانی که ۳۰ درصد جوانه‌ها نوک سبز شدند و شاخص دوم زمان شکوفایی اولین گل بود.

برای تعیین نیاز سرمایی درشرایط آزمایشگاهی (یخچال) از آمار دماهای ساعتی ثبت‌شده توسط یک دستگاه دیتالاگر (مدل TES-1365، کشور تایوان) استفاده شد. ورودی تمام مدل‌های برآوردکننده نیاز سرمایی، داده دمای ساعتی بود. از مدل‌های ساعات سرمایی (Luedeling et al., 2013)، یوتا (Richardson et al., 1974)، مدل نیاز سرمایی کم (Gilreath & Buchanan, 1981)، مدل کارولینای شمالی (Cesaraccio et al., 2004; Shaulout & Unrath, 1983) و مدل دینامیکی (Erez et al., 1981) برای محاسبه نیاز سرمایی استفاده شد. برای تعیین نیاز گرمایی در شرایط گلخانه از آمار دماهای ساعتی ثبت‌شده توسط دستگاه دیتالاگر استفاده گردید. ورودی تمام مدل‌های برآوردکننده نیاز گرمایی، داده‌های دماهای ساعتی می‌باشد. از مدل‌های، درجه‌روزهای رشد مؤثر و فعال GDD^۱ (McMaster & Wilhelm, 1997)، مدل درجه ساعت‌های رشد GDH^۲ (Zhang & Taylor, 2011)، مدل Anderson et al. (1985) و مدل Richardson et al. (1974) برای محاسبه نیاز گرمایی استفاده شد. تعداد روز تا ۵۰ درصد شکوفایی جوانه‌ها برای تعیین نیاز گرمایی ثبت شد. 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).

رابطه (۱) $24 \times$ (صفر فیزیولوژیکی بادام - مجموع میانگین دمای روزانه) = درجه ساعت رشد تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳)، ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار صفحه گسترده اکسل و مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)^۳ در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهش

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد در دو مرحله اندازه‌گیری (با فواصل هفت روز) اثر رقم، سرمادهی و برهم‌کنش رقم و سرمادهی بر وقوع مرحله ۳۰ درصد نوک سبز (شاخص اول) تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر رقم، زمان سرمادهی و برهم‌کنش رقم و سرمادهی بر تشکیل اولین گل (شاخص دوم)، در تمام مراحل مورد بررسی، تأثیر معنی‌داری داشت.

1. Growth Degree Days
2. Growth Degree Hours
3. Least Significant Difference

جدول ۱. آنالیز واریانس اثر تیمارها بر وقوع مرحله ۳۰ درصد نوک سبز در جوانه‌های ارقام بادام در دو زمان مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		دو هفته پس از آغاز تیمار سرمادهی	سه هفته پس از آغاز تیمار سرمادهی
رقم	۴	۰/۱۶**	۰/۱**
سرمادهی	۶	۰/۱۷**	۰/۱۵**
رقم × سرمادهی	۲۴	۰/۰۷**	۰/۰۵**
خطا	۳۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۱۳	۸/۳۳

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارها بر وقوع مرحله اولین گل ارقام بادام در زمان‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات زمان پس از آغاز تیمار گرمادهی				
		هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
رقم	۴	۰/۰۵**	۰/۲۱**	۰/۲۹**	۰/۳**	۰/۲۸**
سرمادهی	۶	۰/۰۱**	۰/۰۵**	۰/۰۹**	۰/۱**	۰/۰۹**
رقم × سرمادهی	۲۴	۰/۰۱**	۰/۰۴**	۰/۰۵**	۰/۰۶**	۰/۰۶**
خطا	۳۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۹۴	۹/۹۷	۱۱/۲۷	۱۱/۱۹	۱۱/۳۵

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

۴.۱. ظهور ۳۰ درصد جوانه نوک سبز

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط ۱۰۰ ساعت سرمادهی، در رقم مامایی وقوع مرحله ۳۰ درصد نوک سبز هرگز محقق نشد و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با رقم ربیع وجود نداشت (جدول ۳). اما در سایر ارقام و تیمارهای سرمادهی وقوع مرحله ۳۰ درصد نوک سبز در هفته دوم و سوم به وقوع پیوست. بدین نحو که در زمان دو هفته پس از آغاز تیمار سرمادهی، بیش‌ترین درصد جوانه نوک سبز در رقم شاه‌رود ۱۲ و در ۶۰۰ ساعت سرمادهی وجود داشت. در زمان هفته سوم پس از آغاز تیمار سرمادهی نیز بیش‌ترین درصد جوانه نوک سبز در رقم شاه‌رود ۱۲ در زمان ۶۰۰ و ۷۰۰ ساعت سرمادهی و هم‌چنین در رقم سفید در زمان ۴۰۰ ساعت سرمادهی ثبت گردید (جدول ۳).

۴.۲. درصد ظهور گل

بررسی درصد ظهور گل در زمان‌های مختلف پس از اعمال تیمار گرمادهی نشان داد که ظهور گل، دو هفته پس از آغاز تیمار گرمادهی آغاز شد. به‌نحوی که در هفته دوم رقم مامایی در شرایط ۲۰۰ ساعت سرمادهی، رقم سفید در شرایط ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ساعت سرمادهی به بیش از یک درصد ظهور گل در شاخه رسیدند (جدول ۴). روند تغییرات ظهور گل در هفته ششم اندازه‌گیری به ثبات رسید و تغییراتی نداشت. لازم به ذکر است رقم سفید در شرایط ۱۰۰ و ۷۰۰ ساعت سرمادهی، شاه‌رود ۷ در شرایط ۲۰۰ و ۳۰۰ ساعت سرمادهی و ربیع در شرایط ۷۰۰ ساعت سرمادهی، هرگز به مرحله یک درصد ظهور گل نرسیدند (جدول ۴).

۴.۳. مدل‌های تعیین نیاز سرمایی از زمان تیمار دهی سرمایی تا ۳۰ درصد نوک سبز شدن جوانه گل

نتایج بررسی مدل ساعات سرمایی نشان داد که کم‌ترین نیاز سرمایی برای وقوع مرحله ۳۰ درصد نوک سبز

جوانه‌ها در رقم ربیع با میانگین ۱۱۷/۵ ساعت و بیش‌ترین نیاز سرمایی در رقم شاه‌رود ۱۲ با میانگین ۳۲۰ ساعت وجود داشت (شکل ۱). در بررسی نتایج توسط مدل یوتا بیش‌ترین و کم‌ترین نیاز سرمایی به‌ترتیب در ارقام شاه‌رود ۱۲ (۳۹۸/۷۵ واحد سرمایی) و ربیع (۱۳۸/۲۵ واحد سرمایی) به ثبت رسید. هم‌چنین در مدل نیاز سرمایی کم نیز رقم شاه‌رود ۱۲ (۳۵۳/۵ واحد سرمایی) بیش‌ترین و رقم ربیع (۱۲۲/۷۵ واحد سرمایی) کم‌ترین نیاز سرمایی را داشتند.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر عوامل مورد آزمایش بر وقوع مرحله ۳۰ درصد نوک سبز در جوانه‌ها در زمان‌های مختلف

سرمادهی	رقم	درصد جوانه‌های نوک سبز دو هفته پس از آغاز تیمار سرمادهی	درصد جوانه‌های نوک سبز سه هفته پس از آغاز تیمار سرمادهی
۱۰۰	مامایی	n-p ۱۵/۷۵	k ۲۳/۳۵
	ربیع	l-p ۳۱/۱	h-k ۴۱/۱۲
	سفید	g-l ۴۴/۴۶	g-k ۴۴/۴۶
	شاه‌رود ۱۲	i-m ۴۱/۶۶	f-j ۴۶/۲
	شاه‌رود ۷	l-p ۳۰/۷۴	jk ۳۰/۸۷
۲۰۰	مامایی	g-l ۴۴/۵۳	d-i ۵۵/۳۷
	ربیع	i-m ۳۹/۵۶	f-k ۴۴/۹۶
	سفید	g-l ۴۵/۰۹	f-k ۴۵/۰۹
	شاه‌رود ۱۲	c-h ۶۲/۳۵	ab ۸۳/۸۴
	شاه‌رود ۷	l-p ۳۱/۳۸	f-j ۴۶/۵۵
۳۰۰	مامایی	a-f ۶۹/۲۹	ab ۸۸/۷
	ربیع	c-z ۵۳/۹۵	ab ۸۸/۹
	سفید	a-c ۷۴/۳۴	a-d ۷۶/۰۵
	شاه‌رود ۱۲	d-k ۵۳/۰۶	ab ۸۶/۶۷
	شاه‌رود ۷	f-l ۴۸/۶۸	b-f ۶۷/۶۲
۴۰۰	مامایی	a-e ۶۹/۳۷	a-d ۷۶/۸۷
	ربیع	m-p ۲۳/۳	i-k ۳۵/۲۷
	سفید	ab ۸۵/۴	a ۹۱/۷۴
	شاه‌رود ۱۲	h-m ۴۲/۲۳	a-e ۷۳/۸۸
	شاه‌رود ۷	i-m ۴۰/۰۴	c-h ۶۰/۰۱
۵۰۰	مامایی	e-l ۴۸/۷۴	a-c ۸۰/۲۵
	ربیع	k-o ۳۳/۰۴	h-k ۴۰/۹۵
	سفید	j-n ۳۴/۷۲	h-k ۴۰/۶۲
	شاه‌رود ۱۲	l-p ۳۰/۲۵	f-j ۴۹/۵۶
	شاه‌رود ۷	op ۱۲/۵	h-k ۴۴/۰۸
۶۰۰	مامایی	a-d ۷۳/۴۸	a-c ۸۱/۴۲
	ربیع	j-n ۳۴/۶۹	f-j ۵۰/۳۵
	سفید	i-m ۳۹/۳۴	b-g ۶۶/۹۹
	شاه‌رود ۱۲	a ۸۸/۸۶	a ۹۲/۱۶
	شاه‌رود ۷	c-i ۵۷/۲۸	ab ۸۵/۷۵
۷۰۰	مامایی	c-g ۶۴/۳۷	ab ۸۸/۳۱
	ربیع	p ۱۱/۵۳	f-k ۴۵/۶۹
	سفید	n-p ۱۷/۵۸	f-k ۴۴/۸۸
	شاه‌رود ۱۲	b-f ۶۸/۱۱	a ۹۲/۷۷
	شاه‌رود ۷	j-n ۳۴/۸۳	e-j ۵۲/۷۳

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

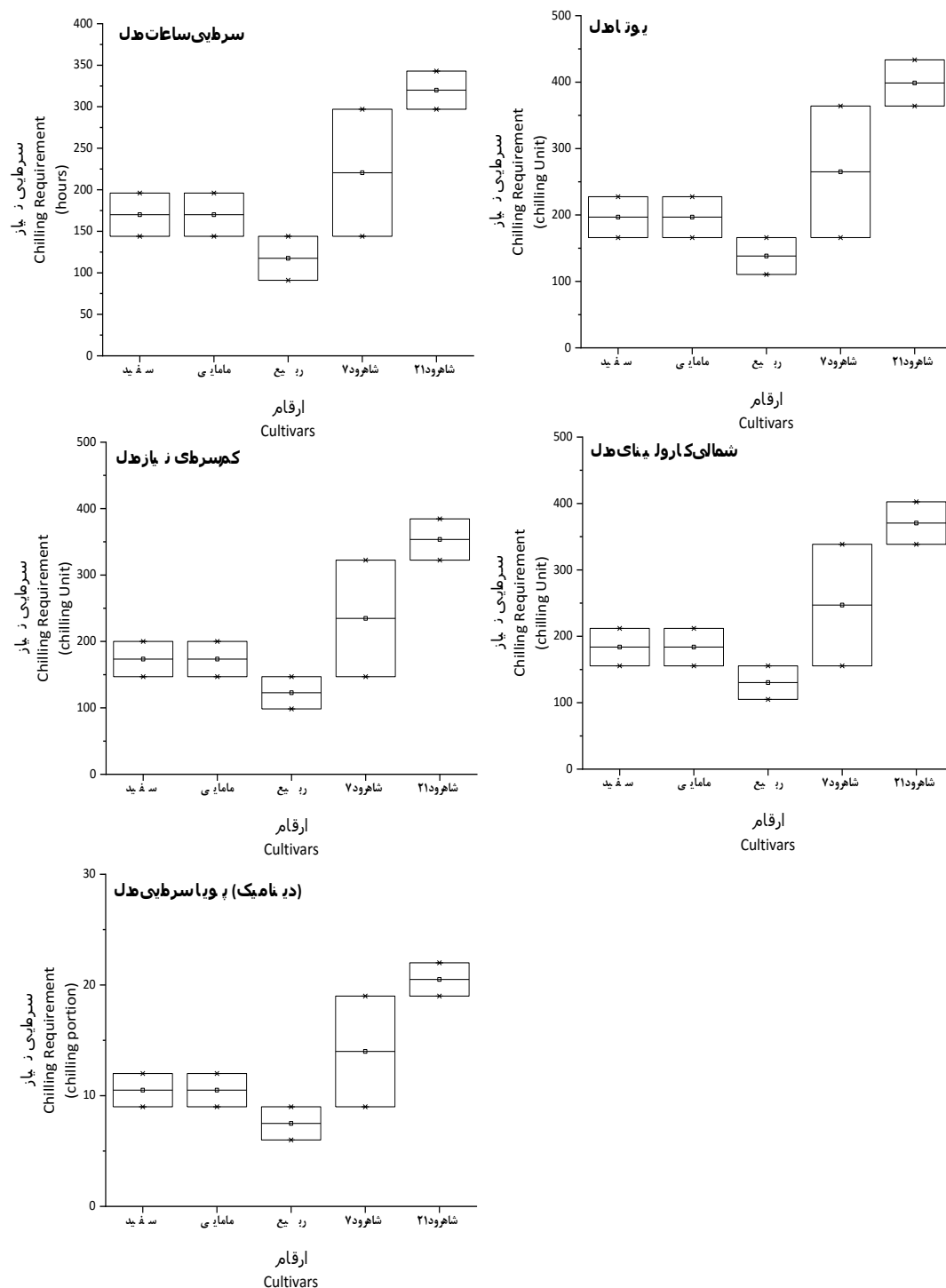
جدول ۴. مقایسه میانگین اثر عوامل مورد آزمایش بر درصد ظهور گل در زمان‌های مختلف

سرمادهی	رقم	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
۱۰۰	مامایی	C ۰	d-f ۲/۹۴	ef ۲/۹۴	g-i ۲/۹۴	g-j ۲/۹۴
	ربیع	C ۰	c-f ۵/۹۸	b-f ۵/۹۸	c-i ۵/۹۸	c-j ۵/۹۸
	سفید	C ۰/۷	f ۰/۷	f ۰/۷	i ۰/۷	ij ۰/۷
	شاهروذ ۱۲	C ۰	a-e ۷/۹۸	b-f ۷/۹۸	c-i ۷/۹۸	c-j ۷/۹۸
	شاهروذ ۷	C ۰	f ۰	f ۰	i ۰	j ۰
۲۰۰	مامایی	ab ۲/۹۲	a ۱۴/۵۴	ab ۱۴/۵۴	a-d ۱۴/۵۴	a-d ۱۴/۵۴
	ربیع	C ۰	f ۰/۵۴	f ۱/۰	i ۰/۹۸	ij ۰/۹۸
	سفید	A ۴	c-f ۴	c-f ۴	e-i ۴	e-j ۴
	شاهروذ ۱۲	C ۰	a-d ۸/۹۲	b-f ۸/۹۲	b-i ۸/۹۲	b-j ۸/۹۲
	شاهروذ ۷	C ۰	f ۰	f ۰/۸	i ۰/۲۵	ij ۰/۸۴
۳۰۰	مامایی	C ۰	ef ۱/۷۷	a-c ۱۳/۵۵	ab ۱۸/۰۴	ab ۱۸/۰۴
	ربیع	C ۰	c-f ۳/۷۱	ab ۱۴/۷۸	a-c ۱۴/۹۴	a-c ۱۵/۳
	سفید	Bc ۱/۳۶	a-d ۹/۰۵	a-c ۱۳/۶۱	a-e ۱۳/۶۱	a-e ۱۳/۶۱
	شاهروذ ۱۲	C ۰	c-f ۴/۹۳	b-f ۸/۴۹	b-i ۹/۵۷	b-j ۹/۰۷
	شاهروذ ۷	C ۰	f ۰	f ۰	i ۰	j ۰
۴۰۰	مامایی	C ۰/۲۴	ef ۲/۲۹	b-f ۹/۰۹	b-i ۹/۰۹	b-j ۹/۰۹
	ربیع	C ۰	f ۰	b-e ۱۱/۰۳	b-h ۱۱/۰۳	b-h ۱۱/۰۳
	سفید	A ۳/۸۲	c-f ۳/۸۲	d-f ۳/۸۲	e-i ۳/۸۲	e-j ۳/۸۲
	شاهروذ ۱۲	C ۰	f ۰	f ۰/۳	i ۰/۳	ij ۰/۳
	شاهروذ ۷	C ۰	f ۰	f ۰	i ۰	j ۰
۵۰۰	مامایی	C ۰	a-c ۹/۷۳	b-e ۱۱/۴۸	b-g ۱۱/۴۸	b-g ۱۱/۴۸
	ربیع	C ۰	f ۰	f ۰	i ۰	j ۰
	سفید	A ۴/۵۳	c-f ۴/۵۳	c-f ۴/۵۳	e-i ۴/۵۳	e-j ۴/۵۳
	شاهروذ ۱۲	C ۰	b-f ۶/۵۳	b-e ۱۱/۴۶	b-g ۱۲/۰۱	b-g ۱۲/۰۱
	شاهروذ ۷	C ۰	f ۰	ef ۲/۴۹	g-i ۲/۴۹	g-j ۲/۴۹
۶۰۰	مامایی	C ۰/۳۷	ab ۱۲/۹۳	b-d ۱۲/۹۳	b-f ۱۲/۹۳	b-f ۱۲/۹۳
	ربیع	C ۰/۳۶	d-f ۲/۵۳	ef ۲/۶۶	g-i ۲/۶۶	g-j ۲/۶۶
	سفید	C ۰	c-f ۳/۲۹	c-f ۴/۷۶	d-i ۴/۷۶	d-j ۴/۷۶
	شاهروذ ۱۲	C ۰	ef ۱/۸۳	ef ۳/۱۲	f-i ۳/۱۲	f-j ۳/۵۲
	شاهروذ ۷	C ۰	f ۰	ef ۳/۱	d-i ۴/۸۹	d-j ۵/۲
۷۰۰	مامایی	C ۰	ab ۱۲/۹	a ۲۲/۶۶	a ۲۲/۴۸	a ۲۳/۲
	ربیع	C ۰	f ۰/۱	f ۰/۱	i ۰/۱	j ۰/۱
	سفید	C ۰	f ۰	f ۰/۳۳	i ۰/۳۳	ij ۰/۳۳
	شاهروذ ۱۲	C ۰	f ۰	c-f ۴/۰۹	b-i ۹/۴۳	b-i ۱۰/۰۵
	شاهروذ ۷	C ۰	f ۰	f ۰	hi ۱/۵	h-j ۱/۵

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

در مدل کارولینای شمالی بیش‌ترین و کم‌ترین نیاز سرمایی برای وقوع مرحله ۳۰ درصد نوک سبز جوانه‌ها به‌ترتیب در ارقام شاهروذ ۱۲ با ۳۷۰/۵ واحد سرمایی و ربیع با ۱۳۰/۲۵ واحد سرمایی به ثبت رسید. همچنین در مدل‌های ساعات سرمایی، یوتاه، نیاز سرمایی کم و کارولینای شمالی بیش‌ترین دامنه واکنش به مدت زمان سرمادهی در رقم شاهروذ ۷ مشاهده شد و روند تجمع نیاز سرمایی آن نسبت به سایر ارقام کندتر انجام شد (شکل ۱). براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل سرمایی دینامیکی، کم‌نیازترین رقم به سرما و کم‌دامنه‌ترین رقم از نظر واکنش به ساعات سرمادهی، رقم ربیع (هشت سهم سرمایی) می‌باشد. درحالی‌که رقم شاهروذ ۱۲ بیش‌ترین نیاز سرمایی (۲۱ سهم سرمایی) و رقم شاهروذ ۷

بیش‌ترین دامنه واکنش به مدت زمان سرمادهی را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). مشاهدات در مدل‌های مختلف نشان داد که ارقام مامایی و سفید از نظر نیاز سرمایی مشابهند و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (شکل ۱).

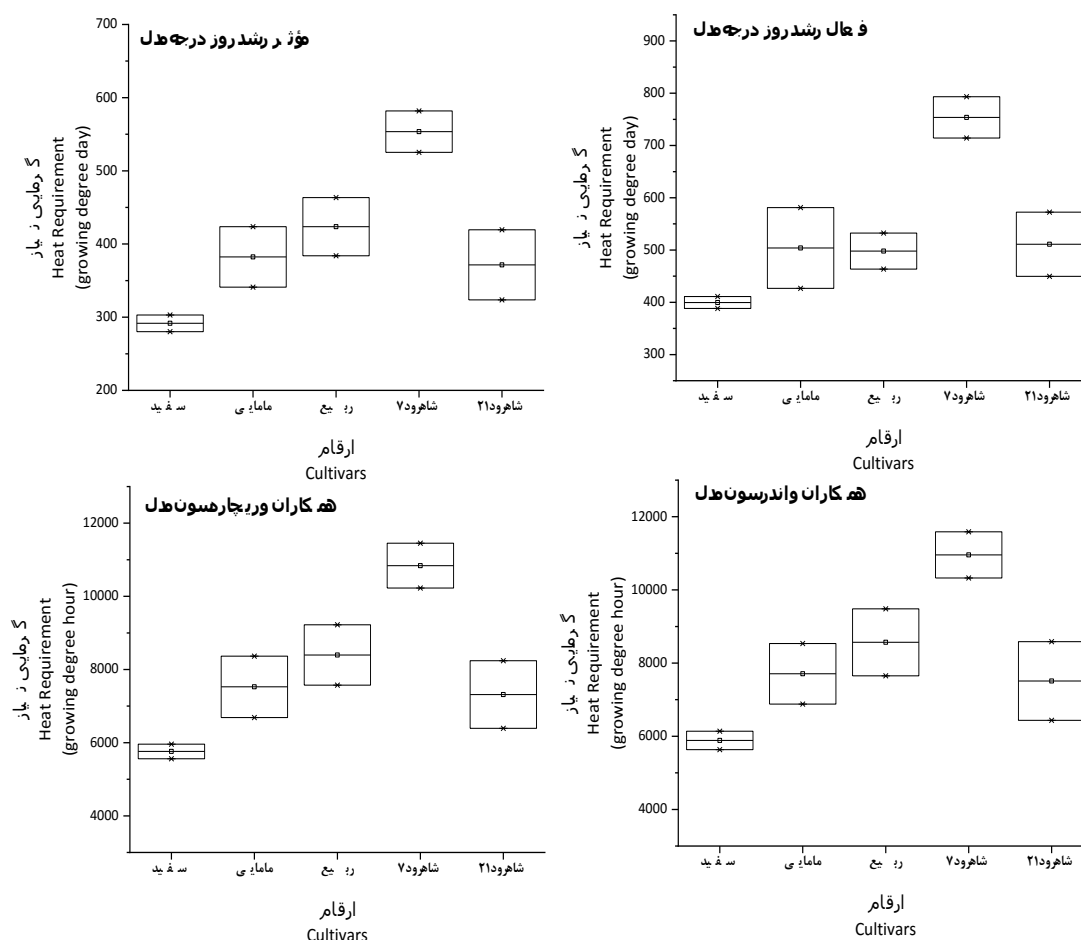


شکل ۱. نیاز سرمایی ارقام بادام مورد بررسی با استفاده از مدل ساعات سرمایی، مدل یوتا، مدل نیاز سرمای کم، مدل کارولینای شمالی و مدل سرمایی پویا

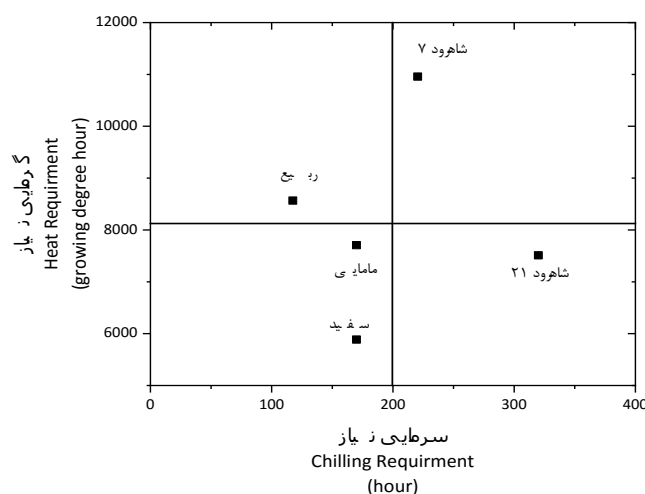
۴.۴. مدل‌های تعیین نیاز گرمایی از ۳۰ درصد نوک سبز شدن تا ظهور اولین گل

بررسی مدل درجه روز رشد مؤثر در تعیین نیاز گرمایی ارقام نشان داد که بیش‌ترین نیاز گرمایی برای ظهور گل در رقم شاه‌رود ۷ (۵۵۴ درجه روز رشد) و کم‌ترین نیاز گرمایی در رقم سفید (۲۹۲ درجه روز رشد) ثبت شد و کم‌ترین دامنه واکنش به ساعات گرمایی در رقم سفید مشاهده شد (شکل ۲). نتایج حاصل از بررسی نیاز گرمایی ارقام با استفاده از مدل درجه روز رشد فعال نشان داد که از نظر متوسط مقدار نیاز گرمایی برای ظهور گل، ارقام مامایی، ربیع و شاه‌رود ۱۲ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین نیاز گرمایی به‌ترتیب در ارقام شاه‌رود ۷ (۷۵۴ درجه روز رشد) و سفید (۴۰۰ درجه روز رشد) مشاهده شد. در این مدل بیش‌ترین دامنه نیاز گرمایی در رقم مامایی وجود داشت و سایر ارقام نیز از این نظر با یکدیگر متفاوت بودند (شکل ۲).

در مدل اندرسون و همکاران و مدل ریچاردسون نیز رقم سفید به‌ترتیب با ۵۸۸۶ و ۵۷۶۱ درجه ساعت رشد، کم‌ترین و رقم شاه‌رود ۷ به‌ترتیب با ۱۰۹۵۸ و ۱۰۸۳۹ درجه ساعت رشد، بیش‌ترین نیاز گرمایی برای ظهور گل را داشتند. هم‌چنین نتایج بررسی مدل‌های مختلف نشان داد که رقم سفید درمقایسه با سایر ارقام کم‌ترین دامنه نیاز گرمایی را داشت (شکل ۲).



شکل ۲. نیاز گرمایی ارقام بادام مورد بررسی با استفاده از مدل درجه روز رشد مؤثر، مدل درجه روز رشد فعال، مدل اندرسون و همکاران و مدل ریچاردسون و همکاران



شکل ۳. نمایش بای پلات نیاز سرمایی (با استفاده از مدل ساعات سرمایی) و نیاز گرمایی (با استفاده از مدل اندرسون و همکاران) ارقام مختلف بادام. خط افقی نشان دهنده میانگین نیاز گرمایی ارقام و خط عمودی نشان دهنده میانگین نیاز سرمایی ارقام است.

نتایج مربوط به بررسی بای پلات نیاز سرمایی و گرمایی ارقام بادام سفید، مامایی، ربیع، شاهرود ۷ و شاهرود ۱۲ با استفاده از مدل‌های ساعات سرمایی و اندرسون و همکاران نشان داد رقم شاهرود ۱۲ بیشترین نیاز سرمایی و رقم شاهرود ۷ بیشترین نیاز گرمایی را داشتند (شکل ۳). رقم ربیع دارای کمترین نیاز سرمایی (۱۱۷ ساعت) بود اما نسبت به ارقام سفید، مامایی و شاهرود ۱۲ نیاز گرمایی بیشتری داشت. همچنین نتایج نشان داد ارقام سفید و مامایی دارای نیاز سرمایی یکسان بودند، درحالی‌که نیاز گرمایی رقم مامایی (۷۷۰۷ درجه ساعت رشد) نسبت به رقم سفید (۵۸۸۶ درجه ساعت رشد) بیش‌تر بود.

۵. بحث

یکی از جنبه‌های فیزیولوژیک درختان میوه مناطق معتدله که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارند، انباشت کافی سرما در زمستان است (Luedeling *et al.*, 2013). در پژوهش حاضر ارقام بادام مورد بررسی دامنه نیاز سرمایی و گرمایی متفاوتی را نشان دادند و تعداد ساعات متفاوتی دمای ۵-۷ درجه سانتی‌گراد برای شکستن خفتگی جوانه‌ها وجود داشت. بررسی مدل‌های مختلف نشان داد که رقم مامایی نسبت به سایر ارقام نیاز سرمایی کمتری داشت که با نتایج Hadavand *et al.* (2021) مطابقت دارد. نتایج این آزمایش نشان داد در بررسی نیاز سرمایی در همه مدل‌های استفاده شده الگوی یکسانی وجود داشت که می‌تواند به علت توانایی نسبی نزدیک مدل‌ها برای تخمین نیاز سرمایی باشد (نکونام و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات گذشته نشان دادند که کمترین خطا و درصد تغییرات جهت بررسی نیاز سرمایی در مدل دینامیکی وجود دارد و مدل‌های ساعات‌های سرمایی و یوتا در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند (نکونام و همکاران، ۱۳۹۷). به‌تازگی، مدل دینامیکی به‌علت کارایی بالا در سطح وسیعی گسترش یافته است (Cesaraccio *et al.*, 2004). این مدل میزان تجمع سرما را در بخش‌های سرمایی با استفاده از دامنه دمایی از ۱/۵ تا ۱۲/۵ محاسبه می‌کند. در این مدل از بین رفتن نیاز سرمایی در نوسانات دمایی گرم رخ می‌دهد (Cesaraccio *et al.*, 2004).

در پژوهشی Egea *et al.* (2003) با بررسی نیاز سرمایی و گرمایی ارقام بادام براساس آمار دمای ساعتی مشخص نمودند که ارقام بادام بین ۵۵۰۰ تا ۷۸۰۰ درجه ساعت رشد نیاز دارند. رقم مامایی دارای نیاز سرمایی کم و نیاز گرمایی

بالا و رقم شاه‌رود ۱۲ دارای نیاز سرمایی بالا و نیاز گرمایی پایین بود. مطالعات قبلی نشان دادند بین نیاز سرمایی برای شکستن خواب و نیاز گرمایی موردنیاز برای گلدهی همبستگی معکوس وجود دارد (Hadavand *et al.*, 2016). زمانی که 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). در این رابطه Citadin *et al.* (2001) گزارش کردند که هنگامی یک رقم سرما بیش‌تری دریافت می‌کند نیاز گرمایی گلدهی کاهش می‌یابد با این وجود ممکن است استثنائاتی وجود داشته باشد. همچنین مطالعات گزارش شده که تداوم وجود سرما پس از شکستن رکود در درختان میوه باعث کاهش نیاز گرمایی برای شکوفایی جوانه‌ها خواهد شد (Compoy *et al.*, 2011b).

در شرایط آب‌وهوای سرد اسپانیا در ارقام بادام، نقش نیاز گرمایی در تنظیم زمان گلدهی با اهمیت‌تر از نیاز سرمایی عنوان شده (Alonso *et al.*, 2005) اما در جنوب‌شرقی اسپانیا زمان گلدهی در برخی ارقام بادام بیش‌تر توسط نیاز سرمایی تعیین شده است (Egea *et al.*, 2003). همچنین Rattigan & Hill (1988) زمان گلدهی بادام را با استفاده از میزان نیاز سرمایی و نیاز گرمایی پیش‌بینی کردند و بیان کردند که می‌توان زمان گلدهی ارقام بادام در یک محل را با نیاز سرمایی و گرمایی به‌دست‌آمده در مکان‌های دیگر با شرایط آب‌وهوایی متفاوت محاسبه کرد. بنابراین زمان گلدهی به شرایط آب‌وهوایی زمستان جهت شکستن رکود درونی و میزان اختلاف در نیاز سرمایی و گرمایی ارقام بستگی دارد. با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده، برای تعیین نیاز سرمایی و گرمایی در شرایط آزمایشگاهی و انطباق آن با شرایط آب‌وهوایی منطقه سامان، به‌ترتیب مدل‌های ساعات سرمایی و اندرسون و همکاران به‌عنوان مناسب‌ترین مدل‌های نتیجه‌گیری انتخاب شدند. مهم‌ترین دلیل در انتخاب مدل ساعات سرمایی، این است که نیاز سرمایی بادام نیز مانند سایر درختان میوه مناطق معتدله، بیش‌تر در مواجهه با دماهای بین صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد تأمین می‌گردد. مهم‌ترین دلایل در انتخاب مدل اندرسون و همکاران در این بخش جهت تعیین میزان نیاز گرمایی این است که اولاً در این مدل مقدار عددی به‌عنوان فاکتور تنش در نظر گرفته می‌شود که با توجه به شرایط جوی منطقه احتمال وقوع تنش‌هایی نظیر سرما و یخبندان بهاره وجود دارد که می‌توان در فرمول مذکور لحاظ نمود، همچنین در این روش بیش‌ترین تجمع نیاز گرمایی در دماهای بین چهار تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد (صفر فیزیولوژیکی بادام ۴ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد) تأمین می‌گردد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی اثر متقابل نیاز سرمایی و درصد شکوفایی جوانه‌ها در این مطالعه نشان داد رقم مامایی و سفید دارای کم‌ترین نیاز سرمایی و ارقام شاه‌رود ۱۲ و ۷ دارای بیش‌ترین نیاز سرمایی بودند. در بررسی مدل‌ها به‌منظور بررسی نیاز سرمایی ارقام مختلف، نتایج نشان داد که تمامی مدل‌ها به‌طور تقریباً یکسانی می‌توانند نیاز سرمایی ارقام مختلف در این آزمایش را برآورد کنند، اما در بررسی مدل‌های مختلف برای محاسبه نیاز گرمایی، نتایج متفاوتی وجود داشت. برای تعیین نیاز سرمایی و گرمایی مدل‌های ساعات سرمایی و اندرسون و همکاران به‌عنوان مناسب‌ترین مدل‌ها انتخاب شدند. بر این اساس شاه‌رود ۱۲ بیش‌ترین نیاز سرمایی و شاه‌رود ۷ بیش‌ترین نیاز گرمایی را داشتند و در رقم ربیع کم‌ترین نیاز سرمایی و در رقم سفید کم‌ترین نیاز گرمایی مشاهده شد.

۷. تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از گروه باغبانی دانشگاه شهرکرد به‌دلیل فراهم کردن شرایط لازم جهت اجرای این آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

نکونام، فاطمه؛ فتاحی‌مقدم، محمدرضا و زمانی، ذبیح‌اله (۱۳۹۷). ارزیابی نیاز سرمایی و حرارتی جوانه‌های گل در سه رقم تجاری زردآلو با استفاده از مدل‌های مختلف. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۴۹ (۱)، ۳۶-۲۵.

References

- Alonso, J., Anson, J., Espiau, M., & Sociasi, C. R. (2005). Determination of endodormancy break in almond flower buds by a correlation model using the average temperature of different day intervals and its application to the estimation of chill and heat requirements and blooming date. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130, 308-318.
- Anderson, J. L., Richardson, E. A., & Kesner, C. D. (1985). Validation of chill unit and flower bud phenology models for 'Montmorency' sour cherry. *Acta Horticulturae*, 184, 71-78.
- Ballester, J., Socias, I., Company, R., Arus, P., & Devicente M. C. (2001). Genetic mapping of a major gene delaying blooming time in almond. *Plant Breeding*, 120, 268-270.
- Bassi, D., Barrolini, S., & Viti, R. (2006). Recent advances on environmental and physiological challenges in apricot growing. *Acta Horticulturae*, 717, 23-31.
- Cesaraccio, C., Spano, D., Snyder, R. L., & Duce, P. (2004). Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 126, 1-113.
- Citadin, I., Raseira, M. C. B., Herter, F. G., & Silva, J. B. (2001). Heat requirement for blooming and leafing in peach. *HortScience*, 36, 305-307.
- Covert, M. M. (2011). *The influence of chilling and heat accumulation on bloom timing, bloom length and crop yield in almonds (Prunus dulcis Mill)*. Master dissertation. under the supervision of Mary Pedersen. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, Department of Horticulture and Crop Science. <https://doi.org/10.15368/theses.2011.222>.
- Campoy, J. A., Ruiz, D., Cook, N. G., Allderman, L., & Egea, J. (2011). 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.
- Egea, J., Ortega, E., Martinez-Gomez, P., & Dicenta, F. (2003). Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany*, 50, 79-85.
- Erez, A., Fishman, S., Linsley-Noakes, G. C., & Allan, P. (1989, September). *The dynamic model for rest completion in peach buds*. In Second International Symposium on Computer Modeling in Fruit Research and Orchard Management, 165-174. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1990.276.18>.
- Gilreath, P. R., & Buchanan, D. W. (1981). Rest prediction model for low-chilling "Sungold" nectarine. *American Society for Horticultural Sciences*, 106, 426-429.
- Glozer, K., & Grant, J. A. (2005). Use of the Dynamic Model and Chill Portions to time chemical rest-breaking treatments. In *"Bing" sweet cherry*. edited by Board, C. C. A. Novato: University of California Cooperative Extension.
- Hadavand, N., Asna-Ashari, M., Imani, A., & Ershadi, A. (2021). Investigation and estimation of chill and heat requirements of flower buds of some promising almond genotypes and cultivars. *Journal of Plant Process and Function*, 45(10), 329-315.
- Luedeling, E., Kunz, A., & Blanke, M. M. (2013). Identification of chilling and heat requirements of cherry trees- a statistical approach. *International Journal of Biometeorology*, 57(5), 679-689.

- Mauli n, E., Valentini, G. H., Kovalevski, L., Prunello, M., Monti, L. L., Daorden, M. E., Quaglino, M., & Cervign, G. D. L. C. (2014). Comparison of methods for estimation of chilling and heat requirements of nectarine and peach genotypes for flowering. *Scientia Horticulturae*, 177, 112-117.
- Nekoonam, F., Fattahi Moghaddam, M., & Zamani, Z. (2018). Evaluation of chilling and heat requirements of flower buds in three commercial apricot cultivars by using different models. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(1), 25-36. (In Persian).
- Polito, V. S. (2009). *Dormancy and flowering in tree-crop species*. Davis: UC Davis Plant Sciences.
- Rattigan, K., & Hill, S. J. (1988). Relationship between temperature and flowering in almond: effect of location. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 27, 905-908.
- Richardson, E. A., Seeley, S. D., & Walker, D. R. (1974). A model for estimating the completion of rest for "Red haven" and "Alberta" Peach Trees. *Horticultural Science*, 9, 331-332.
- Ruiz, D., Campoy, J. A., & 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. In *Horticultural Reviews*. edited by Janick, J. New Jersey: John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118060735.ch6>.
- Scorza, R., & Okie, W. R. (1990). Peaches (*Prunus persica* L. Batsch). *Acta Horticulturae*, 290, 177-231.
- Shaultout, A. D., & Unrath, C. R. (1983). Rest completion prediction model for Starkrimson Delicious apples. *American Society for Horticultural Sciences*, 108, 957-963.
- Zhang, J., & Taylor, C. (2011). The dynamic model provides the best description of the chill process on "Sirora" pistachio trees in Australia. *Horticultural Science*, 46(3), 420-425.