پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹
ص ۲۶۹- ۲۵۳

ارزیابی روند پارامترهای اقلیمی مؤثر بر تولید بادام در استان آذربایجان غربی

الهه عسگری- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکدهٔ جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
غلام‌عباس فلاح قالهری*- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشکدهٔ جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
جواد جمال‌آبادی- دکتری ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰

چکیده

عناصر آب‌وهوایی نقشی بسیار اساسی در رشد و توسعهٔ گیاهان دارند و از جمله پارامترهای کنترل‌ناپذیر بر کشاورزی محسوب می‌شوند. هدف از این مطالعه بررسی ساختار و روند پارامترهای اقلیمی مؤثر بر تولید بادام در استان آذربایجان غربی است. برای اجرای این پژوهش از داده‌های آب‌وهوایی شش ایستگاه سینوپتیک طی دورهٔ ۱۹۸۶–۲۰۱۵ استفاده شده است. نخست، براساس درجهٔ روز- رشد، فصل رشد بادام برای هریک از ایستگاه‌ها محاسبه شد و سپس شاخص‌های دما و بارش و روند هریک از آن‌ها با استفاده از آزمون من- کندال و شیب سنس استخراج شد. درنهایت، میزان نیاز آبی برای هریک از مراحل فنولوژی محصول برآورد شد. نتایج بیانگر این بود که میانگین دمای فصل رشد در محدودهٔ ۰/۵ تا ۱ درجهٔ سانتی‌گراد در سال دارای روند افزایشی است. خروجی شاخص‌های دمایی نیز نشان داد که پیرانشهر، مهاباد، و خوی مناطق مساعد برای کشت بادام‌اند. از طرف دیگر، کاهش قابل ملاحظهٔ شاخص‌های بارشی در همهٔ ایستگاه‌ها در طول مراحل دوم و سوم رشد مشاهده شد. به‌طور کلی، با توجه به نتایج مطالعه، با افزایش دمای فصل رشد و کاهش بارش، نیاز آبی محصول (ETC) در مرحلهٔ دوم و سوم رشد افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: آذربایجان غربی، تحلیل روند، شاخص‌های اقلیم کشاورزی، نیاز آبی بادام.

مقدمه

بادام با نام علمی Prunus Amygdalus متعلق به خانوادهٔ رزاسه، بومی آسیای غربی، و به‌ویژه ایران بوده و به‌عنوان یک محصول مهم خشک‌باری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کشور ایران از زمان‌های گذشته یکی از تولیدکنندگان عمدهٔ این محصول در جهان بوده و طبق گزارش فائو در سال ۲۰۱۲ ایران رتبهٔ چهارم تولید بادام را پس از کشورهای امریکا، اسپانیا، و استرالیا به خود اختصاص داده است. براساس آمارنامهٔ کشاورزی ایران (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۵)، سطح زیر کشت کل باغ‌های آبی و دیم بادام کشور ۱۸۱۸۹۵۷ هکتار است که میزان تولید آن ۱۴۷۵۱۱۱ تن است. این محصول با داشتن ترکیبات مؤثر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و حاوی حدود ۵۰درصد چربی به‌طور عمده از نوع غیراشباع، ۲۰درصد پروتئین، و همچنین عناصر معدنی و بعضی از ویتامین‌هاست (جهانبان اصفهلان و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۵۱). گل‌های آن در بهار از سایر میوه‌ها به‌جز فندق زودتر باز می‌شود. بنابراین، نسبت به سرمای دیررس بهاره بسیار حساس است. این گیاه برای رساندن میوهٔ خود به ۶–۸ ماه فصل رشد نیاز دارد. رقم انتخاب‌شده برای اجرای این پژوهش رقم مامایی است که منشأ آن ایران است. از نظر گل‌دهی، به‌طور متوسط دیرگل محسوب می‌شود. نوع پوست چوبی میوه بسیار سخت و طعم مغز آن شیرین و میزان مغز

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۲۶۳۹۸۸۱ Email: g.fallah@hsu.ac.ir

نسبت به حجم میوه ۲۶درصد است (موسوی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱۹). میزان تولید محصولات کشاورزی همبستگی بسیار زیادی با نزولات جوی و مناسب‌بودن شرایط آب‌وهوایی دارد و شناخت عواملی که بر روی مراحل رشد و نمو گیاه تأثیرگذارند و گیاه نسبت به نوسانات این عوامل حساسیت نشان می‌دهد امکان اتخاذ تصمیم مناسب برای اجرای زراعت را فراهم می‌کند (علیزاده، ۱۳۸۳: ۸۱۵). آستانهٔ تحمل گیاهان در رابطه با هر یک از پارامترهای هواشناسی محدود است و هر گونه ناهنجاری در این پارامترها می‌تواند مستقیم و غیرمستقیم بر تولیدات کشاورزی اثرهای قابل ملاحظه‌ای بگذارد. مثلاً، در تیرماه ۱۳۸۲ موج گرمایی خسارت‌های زیادی به غلات بهاره و گیاهان باغی وارد کرد و افزون بر تنش حرارتی، تنش رطوبتی را نیز به همراه داشت (کریمی و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۰۹).

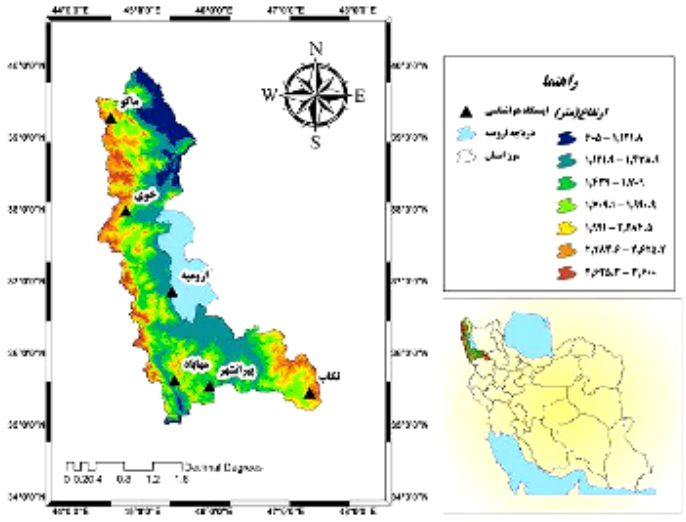
یکی از راه‌های افزایش تولید محصولات کشاورزی سازگاری محصول با پارامترهای اقلیمی در نواحی کشت است. دانستن وضع هوا و اقلیم و تغییرات دوره‌ای سالانه و چندسالهٔ پدیده‌های هواشناسی و انحراف آن‌ها از مقدار معمول از جمله نیازهای عمده در کشاورزی مدرن است. در سال‌های اخیر، دانشمندان و متخصصان علوم کشاورزی و اقلیم‌شناسی تحقیقات گسترده‌ای در زمینهٔ اقلیم کشاورزی انجام داده و با ارائهٔ روش‌های مختلف سعی بر شناسایی و تبیین ارتباط عناصر و عوامل اقلیمی با کشت و مراحل رشد و نمو محصولات داشته‌اند. جیرونا و همکاران (۱۹۹۳: ۳۸۹) پس از بررسی اثر رژیم‌های آبیاری بر بادام گزارش کردند تنش‌هایی مثل کم‌آبیاری لزوماً سبب ریزش میوه نمی‌شود، ولی سبب چروکیدگی و کاهش وزن و مادهٔ خشک مغز می‌شود. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گیاهان چندساله از جمله انگور، بادام، پرتقال، گردو، و آوکادو در کالیفرنیا نشان داد که اثر منفی تغییر اقلیم در عملکرد این محصولات حتمی و کاهش محصول تا بیش از ۴۰درصد پیش‌بینی‌شدنی است (لوبل و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۰۸). خروجی دو مدل اقلیمی HADCM3 و ECHAM5به همراه سه سناریوی A1B، A2، و B1 در ارزیابی اثرهای تغییر اقلیم بر روی تغییر زمان گل‌دهی درختان (توس نقره‌ای، فندق، بادام، و لیمو) در لیتوانی نشان داد که دمای هوا تأثیر معنی‌داری بر روی آغاز گل‌دهی درختان مخصوصاً درختان زودگل مانند بادام دارد (لورا و همکاران، ۲۰۱۰: ۴۱). خدوی خوب و انجام (۲۰۱۶: ۲۲۰) در پژوهشی به معرفی یک گونهٔ مناسب بادام در برابر خشک‌سالی پرداختند. نتایج آنان نشان داد در شرایط خشک‌سالی می‌توان از پایه‌های مقاوم به خشکی نظیر Scoparia Prunus استفاده کرد. این پایه می‌تواند، با کاهش ارتفاع درخت، سبب افزایش عملکرد میوهٔ بادام شود. سگارو و همکاران (۲۰۱۷: ۶۱) در پژوهشی نشان دادند که کشت بادام در زمان‌های گذشته بیشتر به نواحی ساحلی، که ریسک یخبندان کم بوده است، محدود شده، اما در حال حاضر کشت بادام به دو محیط متفاوت انتقال یافته است که شامل مناطق خشکی داخلی با ریسک یخبندان بالا و مناطق نیمه‌گرمسیری با نیاز سرمایی خیلی پایین است. بنابراین، توجه به نیازهای سرمایی و گرمایی برای شکوفه‌دهی بادام در ارقام جدید از اهمیت بسزایی برخوردار است. بررسی نیازهای سرمایی و گرمایی بر روی بادام ارقام بومی و تجاری در تونس نشان داد که دماهای بالا در طی دورهٔ رکود سبب تأخیر در شکوفه‌دهی در هر دو رقم بومی و تجاری می‌شود (بن موسی و همکاران، ۲۰۱۷: ۳۴). ارزیابی شکستن دورهٔ رکود، گل‌دهی، و تولید ارقام بادام دیرگل در طی فصول گرم و سرد در جنوب شرقی اسپانیا نشان داد که بین ارقام بادام از نظر انباشت سرمایی و گرمایی تفاوت‌های مهمی وجود دارد. از دیگر نتایج این پژوهش کاهش تولید بادام در فصل گرم است که این مهم به‌دلیل عدم تأمین نیاز سرمایی است (پرودنسیا و همکاران، ۲۰۱۸: ۳۹). سرخه و همکاران (۲۰۱۸: ۱۶۲) اثر متقابل دما و ژنوتیپ را بر روی رویش دانهٔ گردهٔ بادام بررسی کردند. بدین منظور، در شرایط آزمایشگاهی دانه‌های گرده را در دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، و ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار دادند. نتایج نشان داد که در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد

رویش دانهٔ گرده به‌طور کامل در ارقام سفید و مامایی متوقف می‌شود؛ درحالی‌که در دیگر ارقام موردمطالعه نرخ رویش دانهٔ گرده به ۲ تا ۳درصد می‌رسد. گی تا و همکاران (۲۰۱۸: ۱) در پژوهشی نیاز حرارتی دورهٔ رکود و خواب هفت رقم بادام در جنوب ایتالیا را با استفاده از سه روش Ashcroft، Ashcroft اصلاح‌شده، و Ashcroft معکوس بررسی کردند. نتایج نشان داد که روش اصلاح‌شدهٔ Ashcroft در شرایط مدیترانه‌ای دقیق بوده است و طبق این روش نیاز سرمایی بین ۲۴–۶۲ و نیاز گرمایی بین ۳۲۶۳–۶۶۹۹ درجهٔ روز متغیر است. بررسی پیامدهای تغییرات آب‌وهوایی بر رشد سه محصول سیب، آلو، و بادام در شمال‌غربی رومانی نشان داد که تغییرات آب‌وهوایی بر چرخهٔ زیست سالانهٔ درختان تأثیر می‌گذارد و سبب کوتاه‌شدن دورهٔ رکود و تسریع دورهٔ شکوفه‌دهی درختان می‌شود (گیتا و همکاران، ۲۰۱۹: ۹۹۰۸). یاکوبی و همکاران (۲۰۱۹: ۱) برای شبیه‌سازی دورهٔ خواب بادام تا مرحلهٔ شکوفه‌دهی از تجزیه و تحلیل کمترین مربعات جزئی در مراکش برای بازهٔ ۱۹۷۴–۲۰۱۴ استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که کاهش نیاز سرمایی در طول دورهٔ خواب به‌طور مؤثر تاریخ گل‌دهی بادام را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر دو گونهٔ هسته‌دار بادام و زردآلو در استان خراسان رضوی نشان داد که در دهه‌های آینده، تربت حیدریه به‌عنوان منطقهٔ عمدهٔ تولید بادام در محدودهٔ خطر قرار می‌گیرد و شهرستان‌های چناران، مشهد، و نیشابور، که از مراکز اصلی تولید زردآلو می‌باشند، با محدودیت توسعه مواجه می‌شوند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۹). بررسی اثر تنش سرما بر تولید بادام در شهرستان سامان نشان داد که شدت و مدت سرما در زمان جوانه‌زنی و گل‌دهی دو عامل مؤثر در خسارت‌زابودن تولید بادام‌اند (قطره سامانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۶). خاکیان و همکاران (۱۳۹۲: ۳۲۴) در مطالعات خود بر روی بادام رقم شاهرود ۱۲ در مرکز تحقیقات نجف‌آباد دریافتند که گل‌دهی و تشکیل میوهٔ این رقم در دمای ۱۳٫۵ درجهٔ سانتی‌گراد رخ می‌دهد. بنابراین، احتمال تداخل دو رویداد گل‌دهی و سرمای دیررس بهاره در این منطقه کم بوده و می‌توان این رقم را برای کاشت در این شهرستان توصیه کرد. بررسی نقش پارامترهای آب‌وهوایی بر عملکرد محصول بادام در شهرستان سبزوار نشان داد که دمای بیشینه بیشترین همبستگی منفی معنی‌دار را با تولید و عملکرد بادام داشته است (جوادی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲۵). میرعباسی و همکاران (۱۳۹۴: ۳۸) در پژوهشی به بررسی اثر اقلیم بر فنولوژی بادام در شهرستان نجف‌آباد پرداختند. نتایج آنان حاکی از آن بود که در بخش جنوب و جنوب شرقی و نواحی محدودی از شرق این شهرستان به‌دلیل داشتن زمستان‌های گرم‌تر و میانگین دمای روزانهٔ بالاتر مراحل فنولوژی بادام سریع‌تر آغاز می‌شود. بنابراین، امکان یخبندان دیررس بهاره در این منطقه وجود دارد. استان آذربایجان غربی به‌دلیل برخورداری از زمین‌های حاصل‌خیز از مهم‌ترین مناطق مستعد کشاورزی در ایران است. هرچند این استان ۶٫۲درصد از مساحت کشور را دربر می‌گیرد، اراضی کشاورزی آن بیش از ۶٫۵درصد کل اراضی مزروعی کشور را شامل می‌شود که این استان را به یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی کشور تبدیل کرده است. یکی از فعالیت‌های عمدهٔ کشاورزی این استان بادام‌کاری است. سطح زیر کشت این محصول ۲۳۹۶ هکتار و میزان تولید آن ۳۲۱۲ تن است و با توجه به اینکه در سال‌های اخیر سطح زیر کشت بادام به‌ویژه در جنوب استان به نحو چشم‌گیری افزایش یافته است، بررسی اثر پارامترهای اقلیمی مؤثر بر این محصول و معرفی شاخص‌ها و متغیرهای کشاورزی، که بیشترین تأثیر را در این خصوص دارند، لازم به‌نظر می‌رسد. ازاین‌رو، مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی میزان تأثیر پارامترهای اقلیمی بر تولید بادام در استان آذربایجان غربی انجام گرفته است.

مواد و روش

استان آذربایجان غربی از نظر جغرافیایی در محدودهٔ ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقهٔ طول شرقی و ۴۴

درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقهٔ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). آب‌وهوای استان به‌شدت تحت‌تأثیر جریان‌های مرطوب اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه قرار دارد. ورود توده‌های هوای سرد سیبری در فصل زمستان در کاهش دمای هوای این مناطق تأثیر می‌گذارد. ازاین‌رو، در زمستان در اثر بارش برف سنگین خسارت‌های نسبتاً زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌شود. وضعیت طبیعی و آب‌وهوای آذربایجان غربی نشان‌دهندهٔ استعداد طبیعی این منطقه برای پرورش محصولات کشاورزی است. ایستگاه‌های موردمطالعه برای ارزیابی اثرهای پارامترهای اقلیمی بر تولید بادام رقم مامایی شامل مهاباد، ماکو، پیرانشهر، ارومیه، تکاب، و خوی است. در این پژوهش، داده‌های هواشناسی شامل دمای بیشینه، کمینه و میانگین دما، ساعت آفتابی، میانگین سرعت باد، رطوبت نسبی، و بارش بهصورت روزانه و در بازهٔ زمانی ۱۹۸۶–۲۰۱۵ است که از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان غربی

درجهٔ روز– رشد

هر گیاه به تعداد واحد گرمایی معینی برای جوانه‌زنی، رشد، به ساقه رفتن، بلوغ، و رسیدن احتیاج دارد. این تعداد واحد گرمایی را «ثابت حرارتی» می‌نامند که از گیاهی به گیاه دیگر متفاوت است. یکی از مباحث مهم در آب‌وهواشناسی بررسی درجه– روز است. درجه– روز عبارت است از متوسط دمای روزانه بالاتر از دمای پایه. در اینجا دمای پایه برای شروع گل‌دهی بادام رقم مامایی ۵ درجهٔ سانتی‌گراد درنظر گرفته شده است (ایمانی، ۱۳۷۹: ۶۸؛ رایتگان و هیل، ۱۹۸۶: ۴۰۰). پس از بازسازی و بررسی صحت و همگنی داده‌ها مقدار درجهٔ روز– رشد برای هر ایستگاه با استفاده از شاخص وینکلر (وینکلر و همکاران، ۱۹۷۴: ۲۲۵) محاسبه شد. شاخص فوق از رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید:

$$WI = \sum_{March}^{Nov}(Tm - 5) \qquad (۱)$$

در رابطهٔ ۱، WI شاخص وینکلر و Tm میانگین دماست. برای این منظور، نخست براساس رابطهٔ ۱، درجهٔ روز– رشد بادام برای هر سال محاسبه شد. سپس، از زمانی که درجهٔ روز– رشد مثبت شد و دمای پایه به ۵ درجه رسید، نیاز حرارتی در هر مرحله به‌صورت تجمعی برای هر یک از مراحل فنولوژی در هر سال برآورد شد. درنهایت، با استفاده از توزیع

احتمال پیرسون تیپ ۲ (بهترین خط برازش) در محیط نرم‌افزار SMADA، تاریخ‌های آغاز مراحل فنولوژی بادام با سطح اطمینان ۹۵درصد برآورد شد (جدول ۳). مراحل فنولوژی و نیازهای آب‌وهوایی بادام در جدول ۱ نشان داده شده است (باغستانی میبدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۳).

جدول ۱. مراحل فنولوژی و نیازهای آب‌وهوایی بادام رقم مامایی براساس درجهٔ روز- رشد (باغستانی میبدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۳)

مراحل فنولوژی	واحد حرارتی تجمعی	واحد حرارتی موردنیاز
مرحلهٔ اول: گل‌دهی	۷۲٫۵	۷۲٫۵
مرحلهٔ دوم: میوه به اندازهٔ نخود	۱۶۱	۸۸٫۵
مرحلهٔ سوم: مغز حالت آبکی	۲۵۶	۹۵
مرحلهٔ چهارم: رشد پوستهٔ سبز	۳۳۱٫۵	۷۵٫۵
مرحلهٔ پنجم: چوبی‌شدن پوست	۴۲۵	۹۳٫۵
مرحلهٔ ششم: رشد پوشش مغز	۵۱۴٫۵	۸۹٫۵
مرحلهٔ هفتم: شروع رشد جنین	۶۲۲٫۵	۱۰۸
مرحلهٔ هشتم: شروع تغییرات کیفی	۱۲۶۵٫۵	۶۴۳
مرحلهٔ نهم: زمان برداشت	۲۱۲۰٫۵	۸۵۵

برای ارزیابی اثرهای پارامترهای اقلیمی بر محصول بادام، از شاخص‌های اقلیم کشاورزی مندرج در جدول ۲ استفاده شده است. در یک طبقه‌بندی کلی، این شاخص‌ها به دو دسته شاخص دما و بارش تقسیم شده است. شاخص‌های دمایی نیز خود شامل فصلی و سالانه می‌شوند که شاخص‌های فصلی عبارت‌اند از متوسط، حداکثر، و حداقل دمای فصل رشد، تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بزرگ‌تر از ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد برای ارزیابی تأثیر دماهای بالا و تداوم آن که به تنش گرمایی، شکوفه‌دهی قبل از موعد، ریزش محصول، و فعال‌سازی آنزیم‌ها و کم‌شدن طعم محصول منجر می‌شود. برای محاسبهٔ عوامل مؤثر در طعم، کیفیت، و عطر محصول از شاخص DTR یا دامنهٔ دمای روزانه (اختلاف دمای کمینه و بیشینه) در طول ماه رسیدن استفاده شد (مولینس و همکاران، ۱۹۹۲: ۲۳۹). همچنین، با توجه به گل‌دهی زودهنگام درخت بادام و آسیب‌دیدن جوانهٔ تازه بیدارشده به‌وسیلهٔ سرماهای دیررس بهاره، تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۲- درجهٔ سانتی‌گراد در مرحلهٔ گل‌دهی برای ایستگاه‌های منتخب تعیین شد. شاخص‌های سالانه عبارت است از: تعداد روزهای سالانه با دمای حداقل یا حداکثر کمتر از صدک ۱۰ام و بیشتر از صدک ۹۰ام، بررسی وقوع یخبندان که به‌وسیلهٔ تعداد روزهایی با دمای کمتر از صفر درجهٔ سانتی‌گراد مشخص می‌شود، و ارزیابی طول دوره بدون یخبندان که به‌وسیلهٔ فاصلهٔ زمانی بین وقوع دو یخبندان محاسبه می‌شود. شاخص‌های بارش شامل مجموع بارش سالانه، مجموع بارش فصل رشد، حداکثر بارش یک‌روزه در طول فصل رشد، بارش در طول مراحل مختلف فصل رشد، تعداد روزهایی با بارش بیش از صدک ۹۵ام (روزهای خیلی مرطوب)، درصد بارش سالانهٔ ثبت‌شده در روزهای خیلی مرطوب، و حداکثر طول فصل خشک یا DPL (طول دوره بدون بارش) است. همچنین، با توجه به آب‌وهوای نیمه‌خشک منطقه و تابستان کم‌بارش، مقادیر تبخیر و تعرق (ET_C) برای هر مرحله از رشد با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه شده است:

$$ETc = ETO.Kc \qquad (۲)$$

در این رابطه، ET_C مقدار تبخیر و تعرق روزانهٔ بادام در مراحل مختلف دورهٔ رشد (mm/d)، Kc ضرایب گیاهی بادام در مراحل مختلف رشد، و ETO مقدار تبخیر و تعرق مرجع (mm/d) است. روش مورداستفاده برای تخمین تبخیر تعرق مرجع

براساس روش فائو- پنمن- مونتیث بوده است. ذکر این نکته لازم است که در این پژوهش از ضرایب گیاهی (K_C) پیشنهادشده در نشریهٔ شمارهٔ FAO 56 استفاده شده است (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۵۷). برای ارزیابی میزان روند شاخص‌های اقلیمی در مراحل مختلف فنولوژی از آزمون ناپارامتری من- کندال (Z) و تخمینگر شیب سن (Q) استفاده شد.

جدول ۲. شاخص‌های دما و بارش انتخاب‌شده در هر ایستگاه (راموس و همکاران، ۲۰۰۸: ۴)

	توصیف	شاخص‌های دمایی
۱	Average growing season temperature) (GSTavg	میانگین دمای فصل رشد
۲	GSTmax (Average growing season maximum temperature)	بیشینهٔ دمای فصل رشد
۳	GSTmim (Average growing season minimum temperature)	کمینهٔ دمای فصل رشد
۴	ND30 (Number of days with Tmax > 30°C, critical temperature for optimum growth)	تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بالای ۳۰ درجه
۵	WI (Winkler Index)	شاخص وینکلر
۶	DTR (Daily temperature range during ripening (Tmax- Tmin))	دامنهٔ دمای روزانه در ماه رسیدن
۷	ND-2 (Number of days with Tmin < -2°C, critical temperature	تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۲- درجه سانتی‌گراد
۸	NDTmin90p (Annual number of days with minimum temperature>90th percentil)	تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ بیش از صدک ۹۰ام
۹	NDTmax90p (Annual number of days with maximum temperature>90th percentile)	تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بیش از صدک ۹۰ام
۱۰	NDTmin10p (Annual number of days with minimum temperature<10th percentile)	تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از صدک ۱۰ام
۱۱	NDTmax10p (Annual number of days with maximum temperature<10th percentile)	تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ کمتر از صدک ۱۰ام
۱۲	FD (Frost occurrence; number of days with minimum temperature <0°c)	تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۰ درجه
۱۳	FFL (Frost –free period length; number of days between datas with temperature <0°c)	طول دورهٔ بدون یخبندان
	توصیف	**شاخص‌های بارشی**
۱	Pannual (Total annual precipitation)	مجموع بارش سالانه (میلی‌متر)
۲	Pgs (Total growing season precipitation (Mars to Novamber))	بارش فصل رشد (اسفند تا آبان)
۳	Pmax (Maximum 1 d precipitation total)	حداکثر بارش یک‌روزه
۴	Rainfall during	طول دورهٔ بارش
	Stage 1: Blooming	مرحلهٔ اول: گل‌دهی
	Stage2: Pea-sized fruit	مرحلهٔ دوم: میوه به اندازهٔ نخود
	Stage3: Brain succulence	مرحلهٔ سوم: مغز حالت آبکی
	Stage4: Green Skins growth	مرحلهٔ چهارم: رشد پوستهٔ سبز
	Stage5: Wood of skin	مرحلهٔ پنجم: چوبی‌شدن پوست
	Stage6: Growth of the brain	مرحلهٔ ششم: رشد پوشش مغز
	Stage7: Fetal beginning of growth	مرحلهٔ هفتم: شروع رشد جنین
	Stage8: Starting qualitative changes	مرحلهٔ هشتم: شروع تغییرات کیفی
	Stage9: ripening	مرحلهٔ نهم:زمان برداشت
	Stage10: post harvest	مرحلهٔ دهم: زمان پس از برداشت
	Stage11: dormant period	مرحلهٔ یازدهم: دورهٔ خواب
۵	NP95p(Number of days with precipitation > 95 th percentile (very wet days))	تعداد روزهای بارشی بزرگ‌تر از صدک ۹۵درصد (روزهای خیلی مرطوب)
۶	%P95p (Percentage of annual precipitation recorded on very wet days)	درصد بارش سالانهٔ ثبت‌شده در روزهای خیلی مرطوب
۷	DPL(Maximum annual drought period)	حداکثر طول دورهٔ خشک

یافته‌های تحقیق

جدول ۳ تاریخ‌های آغاز مراحل فنولوژی بادام را با سطح اطمینان ۹۵درصد براساس پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی استان آذربایجان غربی در بازۀ زمانی ۱۹۸۶–۲۰۱۵ نشان می‌دهد. مرحلۀ اول، که گل‌دهی است، در ایستگاه مهاباد زودتر و در ایستگاه تکاب دیرتر از سایر مناطق آغاز می‌شود. کوتاه‌ترین فصل رشد فنولوژی بادام را تکاب با ۲۰۷ روز و طولانی‌ترین دوره را مهاباد با ۲۵۰ روز به خود اختصاص داده است. کوتاه‌ترین زمان رسیدن محصول متعلق به ایستگاه‌های ارومیه و مهاباد و طولانی‌ترین آن مربوط به ماکو و تکاب است. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل روند شاخص‌های به‌کاررفته در پژوهش برای هر یک از ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی جداگانه در جدول ۴ آورده شده است. شاخص‌های فصلی شامل میانگین، بیشینه، و کمینۀ دمای فصل رشد و شاخص‌های سالیانه شامل تعداد روزهای سالانه با دمای کمینۀ کمتر از صدک ۱۰ام (Tmin<10)، تعداد روزهای سالانه با دمای بیشینۀ کمتر از صدک ۱۰ام (Tmax<10)، و تعداد روزهای سالانه با دمای کمینه یا بیشینه بیشتر از صدک ۹۰ام برای ایستگاه‌های مهاباد، ماکو، پیرانشهر، ارومیه، و خوی نشان می‌دهد که ایستگاه‌های فوق دارای شرایط دمایی تقریباً یکسان‌اند و در این میان پایین‌ترین شاخص‌های دمایی را ایستگاه تکاب در فصل رشد تجربه می‌کند. بررسی میانگین کمترین طول دوره بدون یخبندان، تعداد روزهایی با دمای کمینۀ کمتر از ۲– درجۀ سانتی‌گراد در مرحلۀ گل‌دهی، و بیشترین تعداد روزهایی با دمای کمینۀ کمتر از صفر درجۀ سانتی‌گراد نشان می‌دهد که منطقۀ تکاب مکان مناسبی برای تولید بادام نیست، زیرا این محصول به دماهای پایین و یخبندان‌های دیررس حساس است و آسیب زیادی می‌بیند. ارزیابی میانگین تعداد روزهایی با دمای بالاتر از ۳۰ درجۀ سانتی‌گراد نشان می‌دهد که بالاترین تعداد روزها مربوط به ایستگاه‌های مهاباد، پیرانشهر، و خوی به‌ترتیب با مقادیر ۱۳۶، ۱۳۷، و ۱۳۴ روز در سال است. میانگین مقدار درجۀ روز یا شاخص وینکلر نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر مربوط به سه ایستگاه مهاباد، پیرانشهر، و خوی است. این مقادیر نشان می‌دهد شرایط اقلیمی این سه ایستگاه پتانسیل بسیار زیادی برای تولید بادام در بین ایستگاه‌های موردمطالعه دارد. همچنین، دامنۀ دمای روزانه یا DTR نشان می‌دهد میانگین مقادیر برای مهاباد، پیرانشهر، ارومیه، و خوی مشابه (۱۵٫۷، ۱۵، ۱۵٫۲، و ۱۵٫۴) است؛ درحالی‌که ماکو با ۱۲٫۳ کمترین و تکاب با ۱۸٫۶ بالاترین مقادیر DTR را در استان دارند. بررسی روند شاخص‌های فصلی دما (شکل ۲) نشان می‌دهد که میانگین، بیشینه، و کمینۀ دمای فصل رشد به‌طور معنی‌داری در همۀ ایستگاه‌ها افزایش یافته که بیشترین افزایش مربوط به مهاباد، پیرانشهر، و خوی بوده است. این افزایش دما عمدتاً به‌وسیلۀ تغییرات قابل‌توجه در بیشینۀ دماست. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج فلاح قالهری (۱۳۹۱: ۹۵) مطابقت دارد. ارزیابی روند تعداد روزهایی با دمای کمینه و بیشینۀ بزرگ‌تر از صدک ۹۰ام نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های مهاباد و خوی این دو پارامتر دارای روند افزایشی معنی‌دار است. درحالی‌که این معنی‌داری برای ماکو و پیرانشهر در دمای کمینه و برای ارومیه در دمای بیشینه است و هیچ روند معنی‌داری برای تکاب وجود ندارد. روند تعداد روزهایی با دمای کمینه و بیشینۀ کمتر از صدک ۱۰ام (شب‌های سرد و روزهای سرد) فقط در پیرانشهر معنی‌دار است. درحالی‌که شاخص‌های فصلی (میانگین، بیشینه، و کمینۀ دمای فصل رشد) در ایستگاه‌های موردمطالعه روند افزایشی دارد، اما طول دوره بدون یخبندان فقط در ایستگاه ماکو در سطح ۱درصد روند افزایشی معنی‌دار دارد. خروجی تعداد روزهایی که دمای کمینۀ کمتر از صفر درجۀ سانتی‌گراد (یخبندان) است به‌جز در ارومیه در سایر ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی و معنی‌دار بوده است. همچنین، بررسی تعداد روزهایی با دمای کمینۀ کمتر از ۲– درجۀ سانتی‌گراد در مرحلۀ گل‌دهی برای منطقۀ موردمطالعه نشان می‌دهد که ایستگاه‌های پیرانشهر، ماکو، و تکاب دارای روند کاهشی و معنی‌دار است. تعداد روزهای داغ (روزهایی با دمای بالاتر از ۳۰ درجۀ سانتی‌گراد) در مهاباد، ارومیه، و خوی مثبت و در سطح ۱درصد معنی‌دار است. اغلب

ارزیابی اقلیم به‌منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی است. شاخص وینکلر تغییرات درجهٔ روز را بررسی می‌کند. ارزیابی خروجی این شاخص نشان از افزایش معنی‌دار روند این پارامتر برای همهٔ ایستگاه‌ها به‌جز تکاب دارد، ولی برای مهاباد، خوی، و پیرانشهر این روند در سطح ۱درصد معنی‌دار است. نتایج حاصل از این شاخص نشان می‌دهد اقلیم مناطق فوق به سمت گرم‌شدن می‌رود. درحالی‌که تغییرات دما برای ایستگاه‌های موردمطالعه در فصل رشد مشهود است، ولی دامنهٔ دمای روزانه در طول ماه رسیدن فقط در ارومیه و پیرانشهر روند معنی‌دار دارد و این به‌علت تفاوت در دمای بیشینه و کمینه در این زمان است که روندی منسجم را نشان نمی‌دهد.

جدول ۳. میانگین تاریخ آغاز مراحل فنولوژی بادام در ایستگاه‌های منتخب استان آذربایجان غربی (در سطح ۵درصد)

تاریخ مراحل فنولوژی	مراحل	ایستگاه	تاریخ مراحل فنولوژی	مراحل	ایستگاه
۹ اسفند– ۱ فروردین	۱		۲۷ اسفند– ۱۵ فروردین	۱	
۲ فروردین– ۱۶ فروردین	۲		۱۶ فروردین– ۴ اردیبهشت	۲	
۱۷ فروردین– ۵ اردیبهشت	۳		۵ اردیبهشت– ۱۶ اردیبهشت	۳	
۶ اردیبهشت– ۱۵ اردیبهشت	۴		۱۷ اردیبهشت– ۲۴ اردیبهشت	۴	
۱۶ اردیبهشت– ۲۳ اردیبهشت	۵		۲۵اردیبهشت– ۱ خرداد	۵	
۲۴ اردیبهشت– ۳۰ اردیبهشت	۶	مهاباد	۲ خرداد– ۱۲ خرداد	۶	ماکو
۳۱ اردیبهشت– ۸ خرداد	۷		۱۳ خرداد– ۲۱ خرداد	۷	
۹ خرداد– ۱۸ تیر	۸		۲۲ خرداد- ۳۰ تیر	۸	
۱۹ تیر– ۳۰ مرداد	۹		۳۱ تیر– ۲۴ شهریور	۹	
۳۱ مرداد– ۱۳ آبان	۱۰		۲۵ شهریور - ۴ آبان	۱۰	
۱۴ آبان– ۱۸ اسفند	۱۱		۵ آبان– ۲۶ اسفند	۱۱	
۱۹ اسفند– ۱۳ فروردین	۱		۲۵ اسفند– ۱۵ فروردین	۱	
۱۴ فروردین– ۲۸ فروردین	۲		۱۶ فروردین– ۳۱ فروردین	۲	
۲۹ فروردین– ۱۳ اردیبهشت	۳		۱ اردیبهشت– ۱۵ اردیبهشت	۳	
۱۴ اردیبهشت– ۲۲ اردیبهشت	۴		۱۶ اردیبهشت– ۲۲ اردیبهشت	۴	
۲۳ اردیبهشت– ۲۹ اردیبهشت	۵		۲۳ اردیبهشت– ۳۱ اردیبهشت	۵	
۳۰ اردیبهشت– ۵ خرداد	۶	پیرانشهر	۱ خرداد– ۱۱ خرداد	۶	ارومیه
۶ خرداد– ۱۴ خرداد	۷		۱۲ خرداد - ۲۴ خرداد	۷	
۱۵ خرداد– ۲۲ تیر	۸		۲۵ خرداد– ۱۵ تیر	۸	
۲۳ تیر– ۸ شهریور	۹		۱۶ تیر– ۱۵ شهریور	۹	
۹ شهریور– ۲۱ آبان	۱۰		۱۶ شهریور– ۲۷ مهر	۱۰	
۲۲ آبان– ۱۸ اسفند	۱۱		۲۸ مهر– ۲۴ اسفند	۱۱	
۳ فروردین– ۲۶ فروردین	۱		۱۰ اسفند– ۱۳ فروردین	۱	
۲۷ فروردین– ۱۶ اردیبهشت	۲		۱۴ فروردین– ۲۳ فروردین	۲	
۱۷ اردیبهشت– ۲۶ اردیبهشت	۳		۲۴ فروردین– ۶ اردیبهشت	۳	
۲۷ اردیبهشت– ۵ خرداد	۴		۷ اردیبهشت– ۱۳ اردیبهشت	۴	
۶ خرداد– ۱۷ خرداد	۵		۱۴ اردیبهشت– ۲۱ اردیبهشت	۵	
۱۸ خرداد– ۲۲ خرداد	۶	تکاب	۲۲ اردیبهشت– ۲۸ اردیبهشت	۶	خوی
۲۳ خرداد– ۱ تیر	۷		۲۹ اردیبهشت– ۵ خرداد	۷	
۲ تیر– ۸ مرداد	۸		۶ خرداد– ۲۲ تیر	۸	
۹ مرداد– ۱ مهر	۹		۲۳ تیر– ۱ شهریور	۹	
۲ مهر– ۲۴ مهر	۱۰		۲ شهریور– ۴ آبان	۱۰	
۲۵ مهر– ۲ فروردین	۱۱		۵ آبان– ۹ اسفند	۱۱	

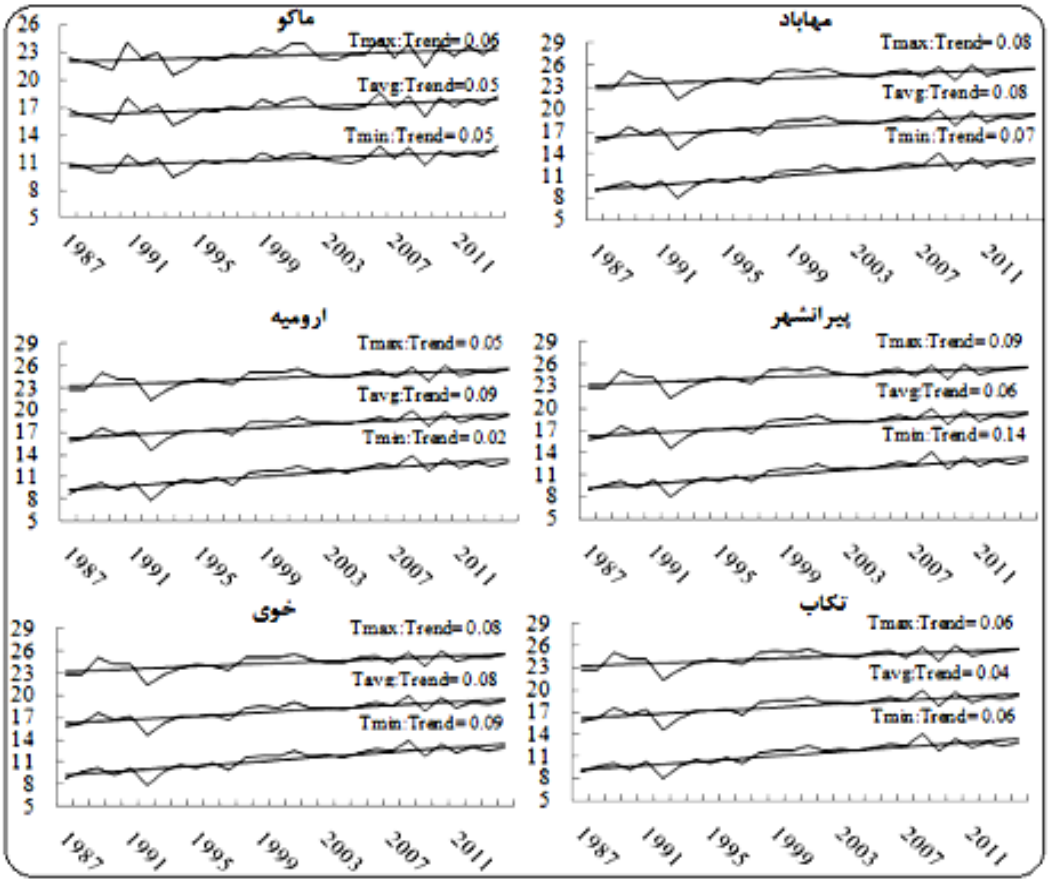
جدول ۴. آمارهٔ آزمون من- کندال برای متغیرهای اقلیمی دما در ایستگاه‌های منتخب استان آذربایجان غربی

شاخص‌های دما	مهاباد				ماکو			
	Mean	SD	Q	Z	Mean	SD	Q	Z
میانگین دمای فصل رشد	۱۷٫۸	۱	۰٫۰۷	۳٫۸۲**	۱۷٫۱	۰٫۸۸	۰٫۰۵	۳٫۰۷**
بیشینهٔ دمای فصل رشد	۲۴٫۹	۱٫۱۲	۰٫۰۸	۳٫۴۶**	۲۲٫۸	۰٫۹۷	۰٫۰۵	۲٫۳۹*
کمینهٔ دمای فصل رشد	۱۰٫۸	۰٫۹۵	۰٫۰۷	۴٫۲۵**	۱۱٫۴	۰٫۸۲	۰٫۰۶	۳٫۴۶**
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بالای ۳۰ درجه	۷۹٫۴۷	۱۷٫۴	۱٫۰۸	۳٫۵۵**	۳۳٫۸۳	۱۴٫۷	۰٫۵	۱٫۶۱
شاخص وینکلر	۳۲۰۹٫۶	۲۵۱٫۸	۱٫۸۴	۳٫۸۲**	۲۶۹۰٫۵	۱۹۷	۱۲٫۱	۳٫۰۷**
دامنهٔ دمای روزانه در ماه رسیدن	۱۵٫۷	۰٫۷۹	۰٫۰۱	۰٫۷۹	۱۲٫۳	۰٫۵۲	-۰٫۰۱	-۰٫۷۹
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۲- درجه	۳٫۱	۲٫۴۳	۰٫۰۸	-۱٫۴۶	۱٫۵۳	۱٫۸۳	-۰٫۰۴	-۱٫۸۸*
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ بیش از صدک ۹۰ ام	۳۶٫۲	۱۳٫۹	۱٫۲	۳٫۳۶**	۳۵٫۷	۱۲٫۶	۰٫۷	۲٫۸۶**
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بیش از صدک ۹۰ ام	۳۵٫۱	۱۲٫۳	۰٫۷۹	۳٫۰۵**	۳۳٫۸	۱۴٫۷	۰٫۵	۱٫۶۱
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از صدک ۱۰ام	۳۵٫۵	۱۲٫۶	-۰٫۳۷	-۱٫۳۶	۳۵٫۱	۱۸٫۴	-۰٫۶۷	-۱٫۷۹
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ کمتر از صدک ۱۰ ام	۳۵٫۶	۱۷٫۱	-۰٫۶۸	-۱٫۹۵	۳۶٫۶	۱۹	-۰٫۷	-۱٫۶۲
تعداد روزهایی که دمای کمینهٔ کمتر از ۰ درجه	۷۸٫۵	۱۳٫۹	-۰٫۶۴	-۲٫۲۳*	۱۰۵٫۹	۱۵٫۱	-۰٫۶۳	-۲٫۱۱*
طول دوره بدون یخبندان	۲۳۱	۱۴	۰٫۱۵	۰٫۵۴	۱۹۸٫۱	۱۸٫۶	۱٫۱	۲٫۶۴**

شاخص‌های دما	پیرانشهر				ارومیه			
	Mean	SD	Q	Z	Mean	SD	Q	Z
میانگین دمای فصل رشد	۱۸	۱٫۳	۰٫۰۹	۳٫۱**	۱۷٫۵	۰٫۸۴	۰٫۰۵	۲٫۷۸**
بیشینهٔ دمای فصل رشد	۲۴٫۴	۱٫۱	۰٫۰۶	۲٫۰۷*	۲۴٫۷	۱٫۱	۰٫۰۹	۳٫۵**
کمینهٔ دمای فصل رشد	۱۱٫۳	۱٫۵	۰٫۱۴	۵٫۰۲**	۱۰٫۴	۰٫۶۹	۰٫۰۲	۱٫۱۱
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بالای ۳۰ درجه	۷۰٫۱	۱۳٫۹	۰٫۶۴	۱٫۸	۵۱٫۹	۱۷٫۲	۱٫۱	۲٫۹۷**
شاخص وینکلر	۳۱۰۶٫۵	۳۰۲٫۷	۲۳٫۳۵	۳٫۱**	۲۷۳۵٫۴	۱۸۳٫۸	۱۰٫۳۴	۲٫۵۷*
دامنهٔ دمای روزانه در ماه رسیدن	۱۵	۱٫۱	-۰٫۰۹	-۳٫۷۸**	۱۵٫۲	۱٫۱	۰٫۰۷	۲٫۴۳*
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۲- درجه	۳٫۱۷	۴٫۲۵	-۲٫۳۱	-۲٫۲۸*	۳٫۴۹	۲٫۴۷	۰	-۱٫۱۵
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ بیش از صدک ۹۰ ام	۳۱٫۵	۱۹٫۳	۱٫۶۲	۴٫۱**	۳۵٫۳	۱۱٫۸	۰٫۳۱	۱٫۱۳
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بیش از صدک ۹۰ ام	۳۷٫۱	۱۳٫۵	۰٫۵۸	۱٫۸۸	۳۵٫۱	۱۵٫۹	۰٫۹۶	۲٫۹۵**
تعداد روزهای با دمای کمینهٔ کمتر از صدک ۱۰ام	۳۶٫۲	۱۷٫۶	-۱٫۵	-۳٫۵۳*	۳۵٫۶	۱۶٫۸	-۰٫۰۶	-۰٫۱۴
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ کمتر از صدک ۱۰ ام	۳۶٫۳	۱۹٫۱	-۱٫۱۳	-۲٫۷۳**	۳۵٫۹	۱۸٫۴	۰٫۷۸	-۱٫۷۹
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۰ درجه	۷۹٫۴	۱۹٫۹	-۲٫۲	-۴٫۳۹**	۹۸٫۲	۱۰٫۳	-۰٫۲۵	-۰٫۸۶
طول دوره بدون یخبندان	۲۳۰	۱۶٫۷	۰٫۷۸	۱٫۴۱	۲۱۹٫۱	۱۵٫۱	-۰٫۳۰	-۰٫۹۳

شاخص‌های دما	تکاب				خوی			
	Mean	SD	Q	Z	Mean	SD	Q	Z
میانگین دمای فصل رشد	۱۶٫۲	۰٫۷۶	۰٫۰۶	۳٫۳۲**	۱۸٫۴	۱	۰٫۰۸	۴٫۲۵**
بیشینهٔ دمای فصل رشد	۲۴٫۵	۰٫۹۳	۰٫۰۴	۲٫۳۲*۱۱	۲۵٫۷	۱٫۱	۰٫۰۸	۳٫۸۵**
کمینهٔ دمای فصل رشد	۷٫۹	۰٫۶۹	۰٫۰۶	۳٫۵۷**	۱۱	۱	۰٫۰۹	۴٫۷۸**
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بالای ۳۰ درجه	۵۵٫۵	۱۲٫۲	۰٫۵۸	۲٫۴۱	۷۶٫۸۷	۲۶۶٫۲	۱٫۱۴	۳٫۸۲**
شاخص وینکلر	۲۳۱۷٫۷	۱۵۷	۸٫۷۲	۲٫۳۴	۳۰۴۸٫۲	۲۶۶٫۲	۱۸٫۲۶	۶٫۳**
دامنهٔ دمای روزانه در ماه رسیدن	۱۸٫۶	۰٫۷۲	-۰٫۰۲	-۱٫۰۳	۱۵٫۴	۰٫۷۲	-۰٫۰۵	-۰٫۵
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۲- درجه	۳٫۸	۲٫۹	-۰٫۰۵	-۱٫۰۴*	۲٫۷۷	۲٫۰۹	-۰٫۰۲	-۱٫۴
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ بیش از صدک ۹۰ ام	۳۳٫۱	۸٫۵	۰٫۳۶	۱٫۵۹	۳۶٫۸	۱۲٫۹	۱٫۴	۳٫۳۶**
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بیش از صدک ۹۰ ام	۳۶٫۵	۱۰٫۵	۰٫۳۹	۱٫۴۵	۳۵٫۱۱	۱۲٫۷	۰٫۸۹	۳٫۰۵**
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از صدک ۱۰ام	۳۶٫۶	۱۳٫۲	-۰٫۶۳	-۲٫۱*	۳۴٫۵	۱۲٫۱	-۰٫۳۷	-۱٫۳۶
تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ کمتر از صدک ۱۰ ام	۳۵٫۱	۱۸٫۱	۰٫۷۸	-۱٫۹۳	۳۶٫۶	۱۶٫۴	-۰٫۶۳	-۱٫۹۵
تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۰ درجه	۱۲۹٫۸	۱۱٫۲	-۰٫۷۸	-۲٫۷۹**	۹۴٫۵	۱۴٫۸	-۰٫۹۲	۲٫۸۶**
طول دوره بدون یخبندان	۱۸۶/۷	۱۹/۵	۰/۳۶	۰/۶۱	۲۱۶/۵	۳۲/۶	۰٫۸۶	۱٫۹۵

* همبستگی معنادار در سطح ۵درصد ** همبستگی معنادار در سطح ۱درصد



شکل ۲. روند تغییرات دما در شش ایستگاه موردمطالعه در بازهٔ زمانی ۱۹۸۶–۲۰۱۵

روند پارامترهای بارش

بررسی مجموع بارش سالانه (۴۰۰، ۳۰۸، ۶۶۳، ۳۱۳، ۳۴۲، و ۲۶۲) حکایت از تنوع بارش در استان آذربایجان غربی دارد که پیرانشهر با ۶۶۳ میلی‌متر مرطوب‌ترین و خوی با ۲۶۲ میلی‌متر خشک‌ترین ایستگاه در استان است (جدول ۵). ارزیابی بارش فصل رشد (اسفند تا آبان) در بین ایستگاه‌های موردمطالعه نشان می‌دهد که تکاب، ارومیه، و خوی خشک‌تر از ایستگاه‌های مهاباد، ماکو، و پیرانشهر هستند. بررسی‌های انجام‌شده گویای آن است که پیرانشهر با میانگین ۴۰ میلی‌متر، حداکثر بارش یک‌روزه در طول فصل رشد را نسبت به سایر نواحی داشته است. این مهم به‌دلیل موقعیت کوهستانی و قرارگرفتن در مسیر تودهٔ هوای مدیترانه‌ای این منطقه است. به‌طور متوسط، همهٔ ایستگاه‌های استان ۱۷ تا ۱۸ روز بارش بالای صدک ۹۵درصد را تجربه می‌کنند که این مقدار ۶۰ تا ۷۰درصد از مجموع بارش سالانه را تشکیل می‌دهد و این امر نشان‌دهندهٔ شدت بالا و مدت کمتر بارش در یک روز است. اگرچه پیرانشهر و مهاباد دارای بیشترین مقدار بارش سالانه نسبت به سایر نواحی‌اند، حداکثر طول دورهٔ خشک یا DPL نیز در این دو ایستگاه بیشتر دیده می‌شود که این حکایت از رژیم تابستان خشک این مناطق دارد. با توجه به اهمیت رطوبت خاک برای رشد محصول، تجزیه و تحلیلی دقیق از توزیع بارش در طول مراحل رشد بادام انجام گرفت. خروجی این بخش نشان می‌دهد که در طول مرحلهٔ اول رشد میوه (گل‌دهی، میوه به اندازهٔ نخود، و مغز حالت آبکی) هنگامی که بادام به رطوبت کافی خاک برای رشد اولیهٔ خود نیاز دارد، بارش در این مناطق پراکنده و در محدودهٔ ۱۸٫۵ تا ۶۰٫۵ میلی‌متر بوده که بیشترین مقدار آن در پیرانشهر و

مهاباد و کمترین آن در ماکو و خوی است. در مرحلهٔ دوم رشد بادام (رشد پوستهٔ سبز، چوبی‌شدن پوست، و رشد پوشش مغز) بارش به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای در همهٔ ایستگاه‌ها کاهش یافته که این کاهش در تکاب نسبت به سایر ایستگاه‌ها کاملاً مشهود است. در مرحلهٔ رسیدن میوه (شروع رشد جنین، شروع تغییرات کیفی، و زمان برداشت) نیز مانند مرحلهٔ قبل بارش کاهش یافته است که برای تأمین آب موردنیاز گیاه در این مراحل باید از روش‌های آبیاری استفاده کرد. مقدار بارش در زمان پس از برداشت محصول و در دورهٔ خواب برای همهٔ ایستگاه‌ها در بالاترین مقدار خود است. به‌طور کلی، تنوع بارش در همهٔ مراحل رشد بادام بسیار بالا بوده است. ارزیابی روند بارش سالانه و فصل رشد نیز نشان می‌دهد هیچ یک از ایستگاه‌ها روند معنی‌دار نداشته و فقط دو ایستگاه مهاباد و ماکو در مرحلهٔ میوه به اندازهٔ نخود در سطح ۵درصد روند معنی‌دار داشته‌اند. بنابراین، همهٔ ایستگاهای موردمطالعهٔ استان آذربایجان غربی کاهش معنی‌دار در بارش را در طول فصل رشد تجربه می‌کنند که این کم‌آبی در طول مراحل رشد نیازمند مدیریت آب برای رفع نیازهای محصول است. تنش رطوبتی می‌تواند روند رشد گیاه را مختل کند و به تغییر اندازهٔ مغز و کاهش بازدهی میوه منجر شود. بررسی روند افزایش دما به‌ویژه متوسط دمای بیشینه در طول فصل رشد بیانگر اهمیت و لزوم توجه بیشتر به نیازهای آبی محصول است. افزایش زیاد روزهای داغ به‌علت تأثیر منفی آن بر بازده محصول باید از طریق کنترل آب و سایر بررسی‌های محیطی مدیریت شود.

تبخیر و تعرق

با توجه به نیاز آبی و تبخیر و تعرق در طی هر مرحله، مقدار تبخیر و تعرق برای هر یک از ایستگاه‌ها در بازهٔ زمانی ۱۹۹۴–۲۰۱۵ به‌دست آمد. جدول ۶ میانگین بارش و تبخیر و تعرق محصول را در مراحل اصلی فنولوژی بادام در ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. مقدار تبخیر و تعرق در مناطق موردمطالعه برای مرحلهٔ اول ۲ تا ۳درصد، مرحلهٔ دوم ۱ تا ۳درصد، مرحلهٔ سوم ۲ تا ۳درصد، مرحلهٔ چهارم ۳ تا ۴درصد، مرحلهٔ پنجم ۳ تا ۷درصد، مرحلهٔ ششم ۳ تا ۶درصد، مرحلهٔ هفتم ۳ تا ۶درصد، مرحلهٔ هشتم ۱۶ تا ۲۴درص، مرحلهٔ نهم ۲۱ تا ۲۸درصد، مرحلهٔ دهم ۷ تا ۲۴درصد، و مرحلهٔ یازدهم ۱۰ تا ۱۵درصد از تبخیر و تعرق سالانه را شامل می‌شود. به‌طور متوسط، مقدار بارش برای ایستگاه‌های مهاباد، پیرانشهر، ارومیه، تکاب، و خوی در مرحلهٔ دوم و سوم (رشد پوستهٔ سبز، چوبی‌شدن پوست، رشد پوشش مغز، شروع رشد جنین، شروع تغییرات کیفی، و زمان برداشت) کمتر از مقدار آب موردنیاز محصول است. این مقدار نیاز آبی برای ماکو در مرحلهٔ اول نیز دیده شده است. با توجه به اینکه بسیاری از پارامترهای دما به‌طور قابل‌توجهی در همهٔ نقاط به‌ویژه در طی دورهٔ تابستان افزایش یافته است و همچنین پیش‌بینی آب‌وهوایی برای استان آذربایجان غربی تحت سناریوهای A1 و A2 برای سال‌های آینده حکایت از افزایش ۱٫۵ تا ۲٫۱۳ درجهٔ سانتی‌گرادی دما و ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متری تبخیر و تعرق در طول سال دارد (دانش‌فراز و رزاق‌پور، ۱۳۹۳: ۱۹۹)، انتظار می‌رود به ازای هر ۱ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش دما در فصل رشد، تبخیر و تعرق در ایستگاه‌های فوق ۱۰ تا ۱۴درصد افزایش یابد.

جدول ۵. آمارهٔ آزمون من- کندال برای متغیرهای اقلیمی بارش در ایستگاه‌های منتخب استان آذربایجان غربی

شاخص‌های بارش	مهاباد				ماکو			
	Mean	SD	Q	Z	Mean	SD	Q	Z
مجموع بارش سالانه (میلی‌متر)	۴۰۱٫۸	۹۶٫۴	−۱٫۸۱	−۰٫۷۵	۳۰۸٫۴	۸۲٫۲	۱٫۸۷	۱٫۱
بارش فصل رشد	۲۱۷٫۳	۷۰٫۸	۰٫۲۸	۰٫۲۵	۲۱۶٫۸	۶۸٫۴	۲٫۹	۱٫۷۱
حداکثر بارش یک‌روزه	۳۰٫۳	۱۱٫۸	۰٫۱۰	۰٫۳	۲۱٫۸	۸٫۸	۰	۰٫۱۱
تعداد روزهای بارشی بزرگ‌تر از ۹۵درصد (روزهای خیلی مرطوب)	۱۸	۴٫۶	−۰٫۴۳	−۱٫۷۰	۱۸٫۱	۶٫۰۲	۰٫۱۲	۰٫۸۶
درصد بارش سالانهٔ ثبت‌شده در روزهای خیلی مرطوب	۶۷٫۹	۶٫۹	−۰٫۱۸	−۱٫۵	۵۸٫۹	۸٫۳	۰٫۰۴	۰٫۱۴
حداکثر طول دورهٔ خشک	۸۰٫۳	۳۰٫۵	−۰٫۵۰	−۰٫۵۵	۳۵٫۹	۱۰٫۹	−۰٫۳۳	−۱٫۱۱
مرحلهٔ اول: گل‌دهی	۴۹٫۵	۲۵٫۸	۰٫۲۵	−۰٫۵۲	۱۹٫۱	۱۵٫۷	−۰٫۳۷	−۱٫۵
مرحلهٔ دوم: میوه به اندازهٔ نخود	۲۴٫۴	۱۸٫۷	−۰٫۶۶	−۲٫۲۷*	۲۵٫۶	۱۶٫۵	۰٫۷۵	۲٫۱*
مرحلهٔ سوم: مغز حالت آبکی	۴۱٫۳	۲۷٫۶	۰٫۶۷	۱٫۲۸	۲۲٫۹	۲۰٫۳	۰٫۸۲	۱٫۷
مرحلهٔ چهارم: رشد پوستهٔ سبز	۲۰٫۲	۱۶٫۷	۰٫۰۷	۰٫۱۶	۱۳٫۸	۱۲٫۴	۰٫۲۰	۱٫۲۵
مرحلهٔ پنجم: چوبی‌شدن پوست	۹٫۹	۱۳٫۴	−۰٫۰۲	−۰٫۳۴	۱۸٫۴	۱۰٫۶	۰٫۱۷	۰٫۵۷
مرحلهٔ ششم: رشد پوشش مغز	۸٫۱	۸٫۷	۰٫۱۷	۱٫۵۶	۱۵٫۹	۱۳٫۵	۰٫۰۹	۰٫۴
مرحلهٔ هفتم: شروع رشد جنین	۵٫۸	۸٫۵	۰٫۰۱	۰٫۹۷	۹٫۹	۹٫۶	۰٫۱۶	۰٫۸
مرحلهٔ هشتم: شروع تغییرات کیفی	۷٫۱	۱۰٫۲	۰	۰٫۲۳	۴۲٫۶	۳۱٫۶	۰٫۶۳	۱٫۱۴
مرحلهٔ نهم:زمان برداشت	۲٫۳	۳	۰	۰٫۱۳	۲۱٫۴	۱۸٫۵	۰٫۳۱	۰٫۸۹
مرحلهٔ دهم: زمان پس از برداشت	۴۸٫۷۸	۴۵٫۲	−۰٫۱۳	−۰٫۱۸	۲۷٫۴	۱۵٫۳	−۰٫۰۲	−۰٫۰۱
مرحلهٔ یازدهم: دورهٔ خواب	۱۸۴٫۵	۵۹٫۸	−۲٫۵	−۱٫۷۱	۹۱٫۲	۳۷٫۹	−۰٫۰۸	−۰٫۱۱

شاخص‌های بارش	پیرانشهر				ارومیه			
	Mean	SD	Q	Z	Mean	SD	Q	Z
مجموع بارش سالانه (میلی‌متر)	۶۶۲٫۹	۱۶۸٫۱	−۰٫۲۲	−۰٫۰۶	۳۱۳	۹۵٫۶	−۰٫۳۸	−۰٫۲۹
بارش فصل رشد	۲۷۱٫۷	۱۰۱٫۸	۰٫۷۵	۰٫۲۶	۱۴۸٫۴	۶۵٫۳	−۰٫۶۱	−۰٫۳۲
حداکثر بارش یک‌روزه	۴۰٫۱	۱۸٫۱	۰٫۱۸	۰٫۴۰	۲۸٫۱	۱۳٫۶	−۰٫۲۰	−۰٫۱۹
تعداد روزهای بارشی بزرگ‌تر از ۹۵درصد (روزهای خیلی مرطوب)	۱۷٫۳	۴٫۷	۰	−۰٫۳۰	۱۸٫۱	۶٫۴	−۰٫۰۵	−۰٫۴۷
درصد بارش سالانهٔ ثبت‌شده در روزهای خیلی مرطوب	۶۴٫۱	۷٫۳	۰٫۰۹	۰٫۵۷	۷۱٫۹	۸٫۶	۰٫۰۳	۰٫۱۴
حداکثر طول دورهٔ خشک	۸۴	۳۲٫۱	−۱٫۳۷	−۱٫۵۸	۷۵٫۱	۲۸٫۶	۰٫۰۵	۰٫۱۱
مرحلهٔ اول: گل‌دهی	۸۵٫۳	۴۶٫۳	−۰٫۵۴	−۰٫۴۱	۳۰٫۷	۲۴٫۲	−۰٫۷۱	−۱٫۷۸
مرحلهٔ دوم: میوه به اندازهٔ نخود	۵۰٫۹۹	۳۴٫۷	−۰٫۳۰	−۰٫۳۴	۲۷٫۶	۱۷٫۹	۰٫۳۶	۱٫۱۸
مرحلهٔ سوم: مغز حالت آبکی	۴۵٫۲	۴۰٫۸	۰٫۳۴	۰٫۳۸	۲۷٫۲	۲۵٫۴	−۰٫۲۷	−۰٫۷۱
مرحلهٔ چهارم: رشد پوستهٔ سبز	۱۲٫۹	۱۵٫۴	−۰٫۰۶	−۰٫۳۶	۷٫۵	۸٫۹	۰٫۰۴	۰٫۷۰
مرحلهٔ پنجم: چوبی‌شدن پوست	۱۱	۱۷٫۷	۰	۰٫۰۸	۱۴٫۳	۱۸٫۱	−۰٫۰۱	−۰٫۰۴
مرحلهٔ ششم: رشد پوشش مغز	۵٫۹	۱۰٫۶	۰٫۱۰	۱٫۷۰	۷٫۸	۹٫۸	۰٫۰۵	۰٫۵۷
مرحلهٔ هفتم: شروع رشد جنین	۳٫۳	۵٫۴	۰	۰٫۳۸	۳٫۴	۵٫۳	۰	−۰٫۰۴
مرحلهٔ هشتم: شروع تغییرات کیفی	۴٫۳	۷٫۱	۰٫۰۱	۰٫۷۶	۱۰٫۷	۱۴٫۳	−۰٫۰۵	−۰٫۳۷
مرحلهٔ نهم: زمان برداشت	۲٫۷	۵٫۶	۰	۱٫۲۰	۴٫۷	۷٫۵	۰	−۰٫۰۴
مرحلهٔ دهم: زمان پس از برداشت	۶۵٫۱	۶۱٫۲	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۱۴٫۴	۱۷٫۵	−۰٫۰۷	−۰٫۴۶
مرحلهٔ یازدهم: دورهٔ خواب	۳۷۶٫۴	۱۳۵٫۶	−۲٫۳۵	−۰٫۴۹	۱۶۴٫۸	۶۳٫۶	−۱٫۱	−۰٫۵۷

شاخص‌های بارش	تکاب				خوی			
	Mean	SD	Q	Z	Mean	SD	Q	Z
مجموع بارش سالانه (میلی‌متر)	۳۴۲	۱۰۴٫۹	−۲٫۴	−۱٫۲	۲۶۱٫۹	۵۶٫۸	۰٫۷۶	۰٫۴۶
بارش فصل رشد	۱۴۵٫۱	۶۲٫۶	−۱٫۷	−۱٫۱	۱۷۱٫۷	۴۰٫۹	۱٫۱۶	۱٫۰۳
حداکثر بارش یک‌روزه	۲۵٫۶	۱۰٫۴	−۰٫۰۹	−۰٫۲۴	۲۳٫۱	۸٫۲	−۰٫۰۵	−۰٫۳۲
تعداد روزهای بارشی بزرگ‌تر از ۹۵درصد (روزهای خیلی مرطوب)	۱۶٫۸	۵٫۲	۰	−۰٫۰۲	۱۸٫۲	۴٫۶	۰	۰٫۲۵
درصد بارش سالانهٔ ثبت‌شده در روزهای خیلی مرطوب	۶۱٫۶	۹٫۱	−۰٫۰۱	−۰٫۰۶	۶۹٫۸	۶٫۷	−۰٫۰۷	−۰٫۴۶
حداکثر طول دورهٔ خشک	۵۹٫۸	۱۹٫۳	۰٫۰۴	۰٫۱۳	۴۳٫۵	۱۶٫۲	−۰٫۱۴	−۰٫۱۶
مرحلهٔ اول: گل‌دهی	۴۳٫۴	۲۶٫۶	−۰٫۶۵	−۱٫۳	۲۲٫۷	۱۵٫۹	−۰٫۴۲	−۱٫۲۵
مرحلهٔ دوم: میوه به اندازهٔ نخود	۴۹٫۱	۳۴٫۲	−۰٫۴۶	−۰٫۴۷	۱۰٫۷	۱۰٫۲	−۰٫۰۲	−۰٫۱۸
مرحلهٔ سوم: مغز حالت آبکی	۱۴٫۵	۱۴٫۷	−۰٫۰۶	−۰٫۳۲	۲۲٫۱	۱۶٫۶	۰٫۷۴	۱٫۸۹
مرحلهٔ چهارم: رشد پوستهٔ سبز	۷٫۴	۷٫۸	−۰٫۰۴	−۰٫۴۹	۱۳٫۵	۱۵٫۹	−۰٫۱۵	−۰٫۷۰
مرحلهٔ پنجم: چوبی‌شدن پوست	۶٫۱	۹٫۸	۰	۰٫۳۵	۱۲٫۱	۹٫۳	۰٫۰۶	۰٫۵۹
مرحلهٔ ششم: رشد پوشش مغز	۱٫۱	۲٫۸	۰	−۱٫۹۶	۱۱٫۹	۱۱٫۱	۰٫۰۱	۰٫۰۷
مرحلهٔ هفتم: شروع رشد جنین	۲٫۱	۳٫۸	۰	−۰٫۳۹	۸٫۷	۱۰٫۳	۰٫۰۱	۰٫۰۷
مرحلهٔ هشتم: شروع تغییرات کیفی	۷٫۳	۹٫۸	۰٫۰۱	۰٫۱۱	۳۵٫۶	۲۴٫۱	۰٫۴۴	۰٫۷۹
مرحلهٔ نهم:زمان برداشت	۶٫۱	۸	۰	۰	۷٫۸	۹٫۴	۰٫۱۵	۱٫۸۴
مرحلهٔ دهم: زمان پس از برداشت	۸٫۱	۱۰٫۳	−۰٫۱۴	−۰٫۱۴	۲۶٫۸	۱۷٫۴	۰٫۱۲	۰٫۲۹
مرحلهٔ یازدهم: دورهٔ خواب	۱۹۳٫۵	۶۶٫۸	−۱٫۴۲	−۱٫۴۲	۹۰٫۳	۳۸٫۱	−۰٫۳۶	−۰٫۲۵

جدول ۶. میانگین بارش و تبخیر و تعرق محصول برای مراحل اصلی فنولوژی بادام در ایستگاه‌های منتخب (۱۹۹۴-۲۰۱۵)

مراحل رشد	مهاباد			ماکو		
	بارش	ETc	EtcS/Etc(%)	بارش	ETc	EtcS/Etc(%)
گل‌دهی	۴۹٫۵	۲۲٫۶۶	۲٫۴۴	۱۹٫۱	۲۰٫۰۱	۲٫۴۲
میوه به اندازهٔ نخود	۲۴٫۴	۱۸٫۲۷	۱٫۹۶	۲۵٫۶	۲۸٫۴۶	۳٫۴۵
مغز حالت آبکی	۴۱٫۳	۳۰٫۸۸	۳٫۳۲	۲۲٫۹	۱۸٫۱۷	۲٫۲۰
رشد پوستهٔ سبز	۲۰٫۲	۳۹٫۶۵	۴٫۲۷	۱۳٫۸	۳۰٫۴۸	۳٫۶۹
چوبی‌شدن پوست	۹٫۹	۳۴٫۱۲	۳٫۶۷	۱۸٫۴	۳۰٫۹۹	۳٫۷۵
رشد پوشش مغز	۸٫۱	۳۲٫۴۸	۳٫۵۰	۱۵٫۹	۵۰٫۴۴	۶٫۱۱
شروع رشد جنین	۵٫۸	۳۳٫۳۲	۳٫۵۹	۹٫۹	۳۳٫۷۴	۴٫۰۹
شروع تغییرات کیفی	۷٫۱	۱۸۶٫۸۶	۲۰٫۱۳	۴۲٫۶	۱۶۶٫۸۶	۲۰٫۳۳
زمان برداشت	۲٫۳	۲۰۲٫۷۰	۲۱٫۸۴	۲۱٫۴	۲۳۳٫۲۸	۲۸٫۲۸
زمان پس از برداشت	۴۸٫۷	۲۲۹٫۹۹	۲۴٫۷۸	۲۷٫۴	۹۵٫۵۱	۱۱٫۱۵۸
دورهٔ خواب	۱۸۴٫۵	۹۶٫۸۵	۱۰٫۴۳	۹۱٫۲	۱۱۶٫۷۲	۱۴٫۱۵
مراحل رشد	**پیرانشهر**			**ارومیه**		
	بارش	ETc	EtcS/Etc(%)	بارش	ETc	EtcS/Etc(%)
گل‌دهی	۸۵٫۳	۲۶٫۵۳	۳٫۳۰	۳۰٫۷	۲۲٫۴۱	۲٫۷۶
میوه به اندازهٔ نخود	۵۰٫۹	۲۰٫۷۵	۲٫۵۸	۲۷٫۶	۲۲٫۳۵	۲٫۷۵
مغز حالت آبکی	۴۵٫۲	۲۶٫۶۹	۳٫۳۲	۲۷٫۲	۲۳٫۵۱	۲٫۸۹
رشد پوستهٔ سبز	۱۲٫۹	۳۸٫۹۰	۴٫۸۵	۷٫۵	۲۷٫۲۹	۳٫۳۶
چوبی‌شدن پوست	۱۱	۳۲٫۶۶	۴٫۰۷	۱۴٫۳	۳۶٫۹۳	۴٫۵۴
رشد پوشش مغز	۵٫۹	۳۴٫۰۱	۴٫۲۴	۷٫۸	۵۲٫۷	۶٫۴۹
شروع رشد جنین	۳٫۳	۳۶٫۳۰	۴٫۵۲	۳٫۴	۵۰٫۸	۶٫۲۵
شروع تغییرات کیفی	۴٫۳۱	۱۷۴٫۸۶	۲۱٫۸	۱۰٫۷	۱۳۱٫۸۷	۱۶٫۲۴
زمان برداشت	۲٫۷	۲۲۳	۲۷٫۸	۴٫۷	۲۰۶٫۳۳	۲۵٫۴۱
زمان پس از برداشت	۶۵٫۱	۸۲٫۷۱	۱۰٫۳۱	۱۴٫۴	۱۰۹٫۷۶	۱۳٫۵۱
دورهٔ خواب	۳۷۶٫۴	۱۰۵٫۵۱	۱۳٫۱۵	۱۶۴٫۸	۱۲۷٫۹	۱۵٫۷
مراحل رشد	**تکاب**			**خوی**		
	بارش	ETc	EtcS/Etc(%)	بارش	ETc	EtcS/Etc(%)
گل‌دهی	۴۳٫۴	۲۶٫۱۲	۳٫۰۳	۲۲٫۶۹	۲۱٫۷۵	۲٫۷۲
میوه به اندازهٔ نخود	۴۹٫۱	۲۹٫۸۶	۳٫۴۷	۱۰٫۶۶	۱۱٫۷۱	۱٫۴۶
مغز حالت آبکی	۱۴٫۵	۱۷٫۲۱	۱٫۹۹	۲۲٫۱۲	۱۸٫۴۸	۲٫۳۱
رشد پوستهٔ سبز	۷٫۴	۴۲٫۳۲	۴٫۹۱	۱۳٫۴۵	۲۴٫۱۳	۳٫۰۱
چوبی‌شدن پوست	۶٫۱	۶۲٫۳۲	۷٫۲	۱۲٫۱	۲۸٫۶۷	۳٫۵۸
رشد پوشش مغز	۱٫۱	۲۷٫۶۳	۳٫۲	۱۱٫۹۲	۲۷٫۸	۳٫۴۷
شروع رشد جنین	۲٫۱	۳۸٫۰۲	۴٫۴	۸٫۷	۲۵٫۲۴	۳٫۱۵
شروع تغییرات کیفی	۷٫۳	۱۸۶٫۶۸	۲۱٫۶	۳۵٫۵۲	۱۹۶٫۱	۲۴٫۵۱
زمان برداشت	۶٫۱	۲۴۳٫۸۴	۲۸٫۳	۷٫۷۳	۱۸۳٫۴۷	۲۲٫۹۳
زمان پس از برداشت	۸٫۱	۶۳٫۸۹	۷٫۴۱	۲۶٫۸	۱۶۷	۲۰٫۸۸
دورهٔ خواب	۱۹۳٫۵	۱۲۳٫۵۶	۱۴٫۳	۹۰٫۲۵	۹۵٫۵۷	۱۱٫۹۴

نتیجه‌گیری

شناخت اقلیم و بررسی نیازهای اقلیم‌شناختی گیاهان از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید است. نظر به اهمیت تأثیر عوامل اقلیمی بر عملکرد محصولات کشاورزی، هدف از این مطالعه بررسی میزان تأثیر پارامترهای اقلیمی در عملکرد بادام و تعیین مناطق مناسب کشت این محصول در استان آذربایجان غربی بوده است. خروجی شاخص درجهٔ روز- رشد بیانگر آن است که گل‌دهی بادام در ایستگاه مهاباد زودتر و در ایستگاه تکاب به‌علت داشتن ارتفاع بالاتر و دوری منطقه از دریا دیرتر از سایر مناطق آغاز می‌شود. کوتاه‌ترین فصل رشد فنولوژی بادام را تکاب با ۲۰۷ روز و طولانی‌ترین دوره را مهاباد با ۲۵۰ روز به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل از بررسی روند میانگین دمای فصل رشد در این مناطق در پژوهش حاضر نشان داد که این پارامتر در محدودهٔ ۰٫۵ تا ۱ درجهٔ سانتی‌گراد در سال دارای روند افزایشی است که این مقدار برای ایستگاه‌های پیرانشهر، مهاباد، و خوی بیش از سایر نواحی است. این افزایش دما در ایستگاه‌های فوق عمدتاً به‌وسیلهٔ تغییرات در دمای بیشینه بوده که این امر با توجه به افزایش معنی‌دار تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ بزرگ‌تر از صدک ۹۰ام و همچنین کاهش متوسط تعداد روزهایی با دمای بیشینهٔ کمتر از صدک ۱۰ام (Tmax<10) و تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از صدک ۱۰ام (Tmin<10) در ایستگاه‌های فوق توجیه‌شدنی است. نتایج این بخش تحقیق با نتایج تورکی و همکاران (۲۰۱۴: ۱۷۹) و فاطمی و دهقان (۱۳۹۷: ۷۳۱)، که نشان از افزایش دمای فصل رشد دارد، مطابقت دارد. خروجی شاخص تجمعی وینکلر برای ایستگاه‌های ماکو، ارومیه، و تکاب نشان از روند معنی‌دار این پارامتر در سطح ۰٫۰۵ داشت؛ درحالی‌که این روند برای مهاباد، خوی، و پیرانشهر در سطح ۱درصد معنی‌دار بوده است. بررسی دامنهٔ دمای روزانه برای مکان‌های موردمطالعه در این پژوهش روند قابل‌توجهی را نشان نداد که این امر نشان‌دهندهٔ تغییرات سال به سال متغیرها در ماه رسیدن (خرداد تا شهریور) است. بنابراین، براساس نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های دمایی در استان آذربایجان غربی، می‌توان دریافت از نظر دمایی در بین ایستگاه‌های موردمطالعه مهاباد، خوی، و پیرانشهر دارای اقلیم کاملاً مساعد جهت کشت بادام‌اند. ذکر این نکته لازم است که از جمله محدودیت ایستگاه پیرانشهر داشتن تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۲- درجهٔ سانتی‌گراد در مرحلهٔ گل‌دهی است که این مهم به‌دلیل قرارگیری در مسیر تودهٔ هوای مدیترانه و موقعیت کوهستانی آن است که برای جلوگیری از سرمازدگی بهاره باید به کشت رقم دیرگل اقدام کرد. همچنین، تکاب و ماکو دارای پایین‌ترین شاخص‌های دمایی‌اند (کمترین طول دوره بدون یخبندان، تعداد روزهایی با دمای کمینهٔ کمتر از ۲- درجهٔ سانتی‌گراد در مرحلهٔ گل‌دهی، و بیشترین تعداد روزها با دمای حداقل کمتر از صفر درجه). ازاین‌رو، با توجه به گل‌دهی زودتر این محصول نسبت به سایر میوه‌ها و حساس‌بودن به یخبندان‌های دیررس بهاره، ایستگاه‌های یادشده مکان مناسبی برای تولید بادام به‌شمار نمی‌روند. نتایج شاخص‌های بارشی گویای کاهش قابل ملاحظهٔ این پارامتر در همهٔ ایستگاه‌ها در طول مراحل دوم و سوم رشد بادام است. از آنجا که این زمان مصادف با دورهٔ گرم و افزایش تعداد روزهایی با حداکثر درجهٔ حرارت است، این کم‌آبی در طول مراحل اصلی رشد سبب افزایش تنش رطوبتی می‌شود و این امر روند رشد گیاه را مختل می‌کند و به تغییر اندازهٔ مغز و کاهش بازدهی میوه منجر می‌شود. تحلیل تبخیر و تعرق نیز نشان داد که تقاضا برای آب به‌ویژه در مرحلهٔ دوم و سوم افزایش یافته است. بنابراین، با توجه به مطالب بیان‌شده، نیازهای آبی محصول باید از طریق کنترل آب و سایر بررسی‌های محیطی مدیریت شود.

منابع

احمدی، ک.؛ عبادزاده، ح.؛ حاتمی، ف.؛ حسین‌پور. ر. و عبدشاه، ه. (۱۳۹۷). *آمارنامهٔ کشاورزی سال ۱۳۹۶*، تهران: وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

اسماعیلی، ر.؛ حبیبی نوخندان، م. و فلاح قالهری، غ. (۱۳۸۹). ارزیابی تغییرات طول رشد و یخبندان ناشی از نوسانات اقلیمی (مطالعهٔ موردی: خراسان رضوی)، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۸۲: ۶۹-۷۳.

ایمانی، ع. (۱۳۷۹). *اصلاح بادام*، تهران: انتشارات آموزش و تحقیقات کشاورزی.

باغستانی، م.؛ بهروزی، د.؛ رحیمیان مشهدی، ح. و علیزاده، ح. (۱۳۸۸). بررسی خصوصیات بیولوژیکی و فنولوژیکی گل جالیز در پارازیتیسم با بادام رقم مامایی، *به‌زراعی کشاورزی*، ۱۱(۲): ۱۹-۲۷.

جوادی، ز.؛ فلاح قالهری، غ. و انتظاری، ع. (۱۳۹۳). نقش پارامترهای آب‌وهوایی بر عملکرد محصول بادام (مطالعهٔ موردی: سبزوار)، *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*،۱۷: ۱۲۵-۱۴۱.

خاکیان دهکردی، غ.؛ صالحی سیچانی، م.؛ امینی، ل. و ابراهیمی، ع. (۱۳۹۲). بررسی و توصیهٔ کشت بادام رقم شاهرودی ۱۲ جهت مقابله با تنش آخرین سرمای بهاره در شهرستان نجف‌آباد اصفهان، *اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی غیرزیستی*، ص ۳۲۴-۳۳۰.

دانش‌فراز، ر. و رزاق‌پور، ه. (۱۳۹۳). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل در استان آذربایجان غربی، *فضای جغرافیایی*، ۴۶: ۱۹۹-۲۱۱.

علیزاده، ا. (۱۳۸۳). *اصول هیدرولوژی کاربردی*، چ ۱۷، انتشارات دانشگاه امام رضا.

فاطمی، م. و دهقان، ح. (۱۳۹۷). تحلیل فضایی و ارزیابی روند واحدهای گرمایی طول فصل رشد ناشی از تغییرات دمایی در ایران، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴: ۷۳۱-۷۴۶.

فلاح قالهری، غ. (۱۳۹۱). *ارزیابی پیامدهای تغیر اقلیم بر محدوده‌های کشت مرکبات در ایران*، پایان‌نامهٔ دکتری، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان.

قطره سامانی، س.؛ میرعباسی، م. و جینی، س. (۱۳۹۰). تغییرات دما و تأثیر آن بر تولید بادام در منطقهٔ سامان شهرکرد، *مجموعه مقالات دومین همایش ملی بادام*، شهرکرد، ص ۱۶-۲۳.

کریمی، م.؛ کمالی غ.؛ مهدی‌پور، ک. و طالقانی، د. (۱۳۸۲). آثار موج گرمایی تیرماه ۱۳۸۲ و اثرات آن بر عملکرد محصولات زراعی و باغی کشور، *مجموعه مقالات روش‌های کاهش خسارت خشکی و خشک‌سالی*، ص ۲۰۹-۲۱۸.

میرعباسی نجف‌آبادی، ز.؛ موحدی، س. و براتیان، ع. (۱۳۹۴). تأثیر اقلیم بر فنولوژی بادام در شهرستان نجف‌آباد در دمای فعال، دو فصل‌نامهٔ *آب‌وهواشناسی کاربردی*، ۲: ۳۷-۵۲.

موسوی قهفرخی، س.؛ فتاحی مقدم م.؛ زمانی، ذ. و ایمانی، ع. (۱۳۸۹). ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی بعضی از ارقام و ژنوتیپ‌های بادام، مجلهٔ *علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)*، ۲: ۱۱۹-۱۳۱.

وزیری، ژ.؛ سلامت، ع.؛ انتصاری، م.؛ مسچی، م.؛ حیدری، ن. و دهقانیسانیج، ح. (۱۳۸۷). *تبخیر- تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبهٔ آب موردنیاز گیاهان)*، کمیتهٔ ملی آبیاری و زهکشی ایران.

Ahmadi, K.; Abadzadeh, H.; Hatami, F.; Hosseinpour, R. and Abdshah, H. (2018). *Agriculture-Iran-Statistics*, first edition, Tehran: Ministry of Agriculture Jihad, Deputy of Planning and Economics, Information and Communication Technology Center.

Alizadeh, A. (2014). *Principles of Applied Hydrology*, Imam Reza University Press, 17th Edition.

Baghestani, M.; Behroozi, D.; Rahimian Mashhadi, H. and alizadeh, H. (2009). Study of biological and phenological characteristics of Flower Jalil in parasitism with almond cultivars, Midwifery, *Agronomy*, 11(2): 19-27.

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.

DaneshaFaraz, R. and Razaghpour, E. (2014). Assessment of Climate Change Effects on Potential Evapotranspiration in West Azarbaijan, *Journal of Geographical Space*, 46: 199-211.

Fallah Ghalhari, Gh. (2012). *Assessment of the Consequences of Climate Change on Citrus Cultivars in Iran, Faculty of Geography and Planning*, Ph.D thesis, Isfahan of University.

Fatemi, M. and Dehghan, H. (2018). Zonation and Estimation of the Trend of the Thermal Unit of Growing Season due to Temperature Changes, Iran, *Physical Geography Research*, 106: 731-746.

Gaeta, L.: Stellacci, A.M. and Losciale, P. (2018). Evaluation of three modelling approaches for almond blooming in Mediterranean climate conditions, *European Journal of Agronomy*, 97: 1-10.

Girona, J.; Marsal, J.; Cohen, M.; Mata, M. and Miravete, C. (1993). Physiological and yield responses of almond to different irrigation regims, *Acta Horiculture*, 335: 389-398.

Gitea, M.A.; Gitea, D.; Tit, D.M.; Purza, L.; Samuel, A.D.; Bungău, S. and Aleya, L. (2019). Orchard management under the effects of climate change: implications for apple, plum, and almond growing, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(10): 9908-9915.

Imani, A. (2000). *Almond Correction*, Tehran: Agricultural Education and Research.

Ismaili, R.; Habibi Nokhandan, M. And Fallah Ghalhari, Gh. (2000). Evaluation of Changes in Growth and Ice Growth Due to Climate Fluctuations - Case Study: Khorasan Razavi, *Natural Geography Research*, 82: 69-73.

Jahanban Esfahlan, A.; Jamei, R. and Esfahlan, R.J. (2010). The importance of almond (Prunus amygdalus L.) and its by-products, *Food chemistry*, 120(2): 349-360.

Javadi, Z.; Fallah Ghalhari, Gh. and Entezari, A. (2014). The role of climate parameters in almond yields Case study: Sabzevar, *Climatological research*, pp. 125-141.

Karimi, M.; Kamali, GH.; Mehdi Pour, K. and Taleghani, D. (2003). The effects of heat wave in July 2003 and its effects on the yield of crops and gardens in the country, *Proceedings of the methodology for decreasing drought and drought*, pp. 209-218.

Khadivi-Khub, A. and Anjam, K. (2016). Prunus scoparia, a suitable rootstock for almond (Prunus dulcis) under drought condition based on vegetative and fruit characteristics, *Scientia Horticulturae*, 210: 220-226.

Laura, V.; Ingrida, S. and Aruna, B. (2010). The modeling of climate change influence on plant flowering shift in Lithuania, *Zemdirbyste Agriculture*, 97: 41-48.

Lobell, D.B.; Field, C.B.; Cahill, K.N. and Bonfils, C. (2006). Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties, *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2): 208-218.

Mirabbasi Najafabai, Z.; Movahadi, S. and Baratian, A. (2015). The effect Climate on Almond (Prunus amygdalus) Phonology in Najafabad city, *Applied Climatology*, 2: 37-52.

Mousavi Qahfarhi, S.; Fattahi Moghadam, M.; Zamani, D. and Imani, A. (2010). Evaluation of qualitative and quantitative characteristics of some almond cultivars and genotypes, *Journal of Iranian Horticultural Science (Iranian Sciences of Agriculture)*, 2: 131-139.

Mullins, M.G.; Bouquet, A. and Williams, L.E. (1992). *Biology of the grapevine*, Cambridge University Press.

Prudencio, A.S.; Martínez-Gómez, P. and Dicenta, F. (2018). 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.

Ramos, M.C.; Jones, G.V. and Martínez - Casasnovas, J.A. (2008). Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain, *Climate Research*, 38(1): 1-15.

Rattigan, K. and Hill, S.J. (1986). Relationship between temperature and flowering in almond, *Animal Production Science*, 26(3): 399-404.

Segura, J.M.A.; i Company, R.S. and Kodad, O. (2017). Late-blooming in almond: A controversial objective, *Scientia Horticulturae*, 224: 61-67.

Sorkheh, K.; Azimkhani, R.; Mehri, N.; Chaleshtori, M.H.; Halász, J.; Ercisli, S. and Koubouris, G.C. (2018). Interactive effects of temperature and genotype on almond (Prunus dulcis L.) pollen germination and tube length, *Scientia horticulturae*, 227: 162-168.

Torki, M.; Gholamali, M. and Dehghan, H. (2014). The survey of growing season length trend and its zoning in Iran, *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 5: 179-188.

Vaziri, J.; Salamat, A.; Entesari, M.; Masihi, M.; Heydari, N. and Dehghanisanich, H. (2008). Evapotranspiration of plants (Instructions for calculation of required water for plants of National Irrigation and Drainage Committee of Iran), *National Irrigation and Drainage Committee of Iran*, first edition, 355.

Winkler, A.J.; Cook, J.A.; Kliewer, W.M. and Lider, L.A. (1974). *Development and composition of grapes. General viticulture*, Berkeley: University of California Press, 710.

Yaacoubi, A.; Oukabli, A.; Legave, J.M.; Ainane, T.; Mouhajir, A.; Zouhair, R. and Hafidi, M. (2019). Response of almond flowering and dormancy to Mediterranean temperature conditions in the context of adaptation to climate variations, *Scientia Horticulturae*, 257: 1-9.