

دو فصلنامه آب و هواشناسی کاربردی، سال دوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۲

Z. Mirabbasi
S. Movahedi, PhD
A. Baratian, PhD

زهرا میرعباسی نجف آبادی، دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی کشاورزی، دانشگاه اصفهان، ایران
سعید موحدی، استاد یار اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
علی براتیان، استاد یار اقلیم شناسی، پژوهشکده جغرافیا، دانشگاه اصفهان، ایران

Email: zahramirabbasi51@gmail.com

وصول: ۹۴/۷/۱۷ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۴

صص: ۱-۱۶

تأثیر اقلیم بر فنولوژی بادام در شهرستان نجف آباد در دمای فعال

چکیده

در این تحقیق به بررسی تأثیر عوامل اقلیمی مخصوصاً دما بر فنولوژی بادام در دوره آماری ۱۹۹۵-۲۰۱۴ پرداخته شده است. داده های مورد نیاز در این پژوهش شامل آمار روزانه برخی پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه های مورد مطالعه و داده های ثبت شده مراحل مختلف فنولوژی بادام در مرکز هواشناسی نجف آباد می باشد. در این تحقیق از نرم افزار GIS برای تهیه نقشه پهنه بندی و از مدل AHP برای وزن دهی به معیارهای مورد سنجش استفاده شد. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که در قسمت جنوب و جنوب شرقی و نواحی محدودی از شرق این شهرستان که شامل شهر نجف آباد و مناطق مجاور آن می باشد به دلیل داشتن زمستان های گرمتر و میانگین دمای روزانه بالاتر مراحل فنولوژی بادام سریعتر آغاز می گردد. بنابراین، امکان یخبندان دیرس بهاره در این منطقه، وجود دارد. در قسمت مرکزی این شهرستان همچون شهر علویجه و مخصوصاً شهر دهق به دلیل هوای سردتر مراحل فنولوژی دیرتر آغاز می گردد. همچنین، در مناطق محدودی از شمال، شمال غرب و شمال شرق شهرستان با محدودیت فصل رشد و نیز یخبندان دیررس بهاره مواجه است. تحقیقات نشان داد شمال غرب این شهرستان در معرض یخبندان های کشنده قرار دارد. نتایج مطالعات نشان داد که از ۶۹۵۴۲ هکتار مساحت این منطقه، ۳۶۱۶۱/۸۴ هکتار در شرایط مناسبی جهت کاشت این گونه گیاهی می باشد.

واژه های کلیدی: بارش، دما، یخبندان، فنولوژی بادام، شهرستان نجف آباد

مقدمه

ایران به عنوان یکی از خاستگاه های بادام و با دارا بودن سابقه چندین هزار ساله در پرورش آن از گذشته های دور مقام ویژه ای را در بین کشورهای تولید کننده این محصول به خود اختصاص داده است. بادام به دلیل مقاومت نسبی به کم آبی و نیاز آبی پایین و رشد در خاک های فقیر و آهکی از قدیم الایام مورد توجه باغداران بوده است (محسنی، ۱۳۹۰). اهمیت این محصول در تولید، اشتغال و ارزش صادراتی و اثرات زیست محیطی آنقدر قابل توجه می باشد که بسیاری از کشورها نسبت به کشت این گونه گیاهی اقدام نموده اند. به همین دلیل پژوهش های زیادی در مورد بادام در ایران و

جهان صورت پذیرفته است. از جمله هاپر (۱۹۸۳) در تحقیقات خود در مورد گیاهان از جمله بادام به این نتیجه رسید که وقوع دماهای سرد در مراحل از چرخه رشد برخی از گیاهان ضروری است. کاری (۱۹۸۵) در تحقیق خود دریافت برخی از ارقام بادام ممکن است به یخ زدگی حساس باشد ولی به دلیل دیر گل بودن در معرض خطر یخ زدگی قرار نگیرد. همچنین طول مدت گلدهی را عامل دیگری در مقاومت به یخ زدگی می‌داند.

راوسون (۱۹۸۷) پس از بررسی گیاهان مثل بادام دریافت که هر عضو از گیاه برای رشد و فعالیت به مقدار معینی واحد حرارتی به عنوان پیشنیاز احتیاج دارد. جیرونا و همکاران (۱۹۹۳) پس از بررسی اثر رژیم های آبیاری بر بادام گزارش نمودند تنش هایی مثل کم آبیاری لزوما سبب ریزش میوه نمیشود ولی سبب چروکیدگی و کاهش وزن و ماده خشک مغز میگردد. گلدهامر و اسمیت (۱۹۹۵) در تحقیق خود دریافتند که بیشتر درختان میوه به تنش آبی بعد از برداشت محصول تحمل نشان میدهند ولی در بادام چون تشکیل جوانه گل برای محصول سال بعد پس از برداشت صورت می گیرد تنش شدید آبی در این دوره میزان گل سال آینده را کاهش میدهد. شاکل و همکاران (۱۹۹۸) در تحقیقات خود در مورد بادام دریافتند که در مرحله رشد زایشی و رویشی از نظر آب و مواد غذایی این دو فرایند در رقابت هستند و هر گونه تنش منجر به کاهش اندازه میوه و کاهش اندام های بارده برای سال آینده می شود. پرسی (۲۰۰۱) به این نتیجه رسید که گل های بادام به دمای زیر صفر حساس هستند و دچار آسیب میشوند. نتایج تحقیقات لورا و همکاران (۲۰۱۰) در لیتوانی نشان داد که دمای هوا تاثیر معنی داری بر آغاز گل دهی درختان مخصوصا درختان زود گل مانند بادام دارد. سانچز و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود دریافتند که خطر سرمای دیر رس بهاره در مناطق معتدله همواره یک تهدید محسوب میشود به همین دلیل دیر گلی یکی از مهمترین صفات اصلاحی در بادام میباشد. در داخل کشور نیز اکثر تحقیقات با تاثیر دو متغیر اصلی دما بارش بر روی بادام متمرکز شده است. در همین ارتباط خوشحال (۱۳۷۰) در مطالعات خود بر روی پدیده ی یخبندان در استان اصفهان دریافت که درختان بادام و زرد آلو با احتمال ۵۰ و ۸۰ درصد با سرمای بهاره روبرو خواهند شد. صدقی ۱۳۸۰ در تحقیقات خود متوجه شد درجه حرارت در بین پارامتر های اقلیمی مهمترین تاثیر را در رشد و فعالیت بادام دارد. قطره سامانی و همکاران (۱۳۹۰) متوجه شدند که شدت و مدت سرما در زمان جوانه زنی و گلدهی دو عاملی است که در خسارت زای بودن تولید محصول بادام موثر هستند. نامداری و امید (۱۳۹۰) پس از مطالعه وقوع یخبندان ها در تیران دریافتند که درختان بادام در این منطقه باید در مرحله خواب زمستانی دمای ۲۴- درجه سانتی گراد را تحمل کند. پژوهنده و ظهراب (۱۳۹۰) پس از تفحص بر محصول بادام استان لرستان دریافتند که در دامنه های مشرف به جنوب گلدهی بادام سریعتر و خطر یخبندان بهاره بیشتر است. خاکیان و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعات خود بر روی بادام رقم شاهرود ۱۲ در مرکز تحقیقات نجف آباد دریافتند که گلدهی و تشکیل میوه این رقم در دمای ۱۳/۵ درجه رخ می دهد پس احتمال تداخل دو رویداد گلدهی و سرمای دیر رس بهاره در این منطقه نزدیک به صفر بوده و میتوان این رقم را برای کاشت در این شهرستان توصیه نمود. پارسا و همکاران (۱۳۹۰) دماهای تاثیر گذار بر تولید بادام را در منطقه سامان مورد بررسی قرار دادند و معلوم شد که کاهش دما تا اوایل اردیبهشت در این منطقه موجب سرمازدگی محصول می شود. اما آنچه که پژوهش حاضر را لازم و ضروری میسازد این است که استان اصفهان مخصوصا شهرستان نجف آباد به عنوان یکی از قطب های تولید بادام دارای اهمیت خاصی بوده و بادام در اقتصاد باغداران این منطقه نقش خاصی را ایفا می کند. ولی از آنجا که درخت بادام در بین درختان میوه زوتر از بقیه به گل می نشیند

یکی از خطرات عمده ای که این درخت را تهدید میکند سرمای دیررس بهاره میباشد (مهرداد و سعید قطره‌سامانی، ۱۳۸۲). پس برای موفقیت در کشت و پرورش بادام، شرایط محیطی و اقلیمی مطلوب ضروری است. انجام مطالعات مربوط به اقلیم میتواند این امکان را برای کشاورزان فراهم نماید تا با امکاناتی همچون مکان‌گزینی صحیح باغات و تعیین الگوهای مناسب کشت در جهت تعدیل اثرات اقلیمی و رسیدن به توسعه پایدار اقدام نمایند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین در راستای کشاورزی پایدار و استفاده بهینه از عوامل اقلیمی و محیطی تأثیر دما و بارش در مراحل مختلف فنولوژی بادام در شهرستان نجف آباد مورد بررسی قرار گرفته است تا به ارتقا سطح کمی و کیفی این محصول در این منطقه کمک نماید.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز در این پژوهش آمار روزانه برخی پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی میباشد. با توجه به موضوع تحقیق و محاسبات آماری و انجام فرایند پهنه‌بندی لازم و تهیه نقشه پهنه‌بندی، سه ایستگاه داخل شهرستان یعنی دهق، علویچه، نجف آباد، و چهار ایستگاه مجاور این شهرستان یعنی ایستگاه داران، اصفهان، تیران و چادگان مورد استفاده قرار گرفته است. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده را نشان میدهد.

پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در این ایستگاه‌ها شامل داده‌های مربوط به دمای حداقل و حداکثر روزانه و همچنین داده‌های مشتق شده از این پارامترها شامل دمای حداکثر و حداقل مطلق و میانگین روزانه دما و درجه روز رشد برای هر مرحله فنولوژی بادام و نیاز سرمایی این محصول بوده است. مراحل فنولوژی مورد مطالعه در این پژوهش شامل تشکیل جوانه، شکفتن جوانه، گل‌دادن، رشد میوه و رسیدن میوه در دمای فعال است. با توجه به داده‌های فنولوژی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی کشاورزی نجف آباد (۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴) بیشترین طول دوره رشد مربوط به سال ۲۰۱۳ با ۳۷۷۰ درجه-روز رشد و کمترین آن مربوط به سال ۲۰۱۲ با ۳۶۷۰ درجه-روز رشد بوده است.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه (سازمان هواشناسی استان اصفهان، ۱۳۹۳)

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
اصفهان	۵۱/۷	۳۲/۶	۱۵۵۰/۴
داران	۵۰/۳	۳۲/۹	۲۲۹۰
نجف آباد	۵۱/۳	۳۲/۶	۱۶۴۱
چادگان	۵۰/۶	۳۲/۷	۲۱۵۶
دهق	۵۰/۹	۳۳/۱	۱۹۶۰
علویچه	۵۱/۰۸	۳۳/۰۵	۱۸۵۵
تیران	۵۱/۱۵	۳۲/۷	۱۷۹۹

نیاز های اقلیمی و اکولوژیکی بادام

بادام با نام علمی *Prunus amigdalus* بومی مناطق گرم و خشک آسیای غربی است (رسولزادگان، ۱۳۷۰). بر اساس آمار نامه سال ۱۳۸۶ وزارت جهاد کشاورزی و اعتباروری بادام دیم و آبی کشور ۱۲۸۶۱۸/۶ هکتار بوده است. در جدول ۲ بعضی از نیاز مندی های اقلیمی و اکولوژیکی درخت بادام آورده شده است.

جدول ۲- نیاز مندی های اقلیمی و اکولوژیکی درخت بادام (رسولزادگان، ۱۳۷۰)

ردیف	عوامل	بادام
۱	ارتفاع از سطح دریا	محدودیت ندارد
۲	عرض جغرافیایی	۳۴ تا ۴۵ درجه شمالی
۳	حداقل دمای قابل تحمل در زمستان	۲۲- درجه سانتی گراد
۴	نیاز سرمایی بادام	۱۰۰ تا ۴۰۰ ساعت دمای کمتر از ۷ درجه
۵	سرما	گل ها و میوه های نارس در اثر سرمای ناگهانی صدمه می بینند
۶	حداکثر دمای قابل تحمل در تابستان	۴۲ درجه سانتی گراد

لایه های اطلاعاتی GIS

احتمال وقوع واحد حرارتی (GDD) بالاتر از ۳۵۰۰ درجه -روز رشد

هر گیاهی برای کامل کردن مراحل فنولوژیکی نیاز به مقدار مشخصی دما دارد تا از یک دوره رشد به دوره رشد دیگر تبدیل شود که به آن درجه-روز رشد یا واحد حرارتی گویند (کوچکی و نصیری، ۱۳۷۱). یک درجه روز یا واحد حرارتی انحراف از متوسط دمای روزانه بالاتر از دمای آستانه رشد محصول است که به صورت زیر محاسبه می شود.

$$GDD = \sum (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_{base} \quad (1)$$

که در این رابطه T_{max} دمای ماکزیمم روزانه T_{min} دمای مینیمم روزانه و T_{base} دمای آستانه یا رشد محصول است. از واحد های حرارتی برای مطالعه رشد گیاه که به وسیله جمع اختلاف مقادیر متوسط روزانه دمای بالاتر از یک آستانه مشخص در طی فصل رشد استفاده می شود (هلالی، ۱۳۸۷).

احتمال وقوع جوانه زنی

برای شروع فعالیت رویشی و زایشی گیاه بادام دمای آستانه ۵ درجه سانتی گراد و برای فعالیت جوانه زنی به دمای آستانه ۶ درجه سانتی گراد نیاز است (کوانتا، ۱۳۵۹).

احتمال وقوع نیاز سرمایی (CDD) بالاتر از ۱۰۰ تا ۴۰۰ درجه-روز

درختان خزان دار مانند بادام نیاز به یک دوره سرما دارند تا پس از طی این دوره شکوفه تولید نمایند. نیاز به گذراندن دوره سرما در ارقام مختلف بادام بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ درجه-روز سرمای کمتر از ۷ درجه برآورد شده است (فرید

نیا، ۱۳۶۷). مقدار نیاز به سرمای زمستانه کاملاً با منشا ژنتیکی ارقام بادام بستگی دارد. برای محاسبه نیاز سرمای از فرمول زیر استفاده میشود.

$$CDD = \sum T_{base} - [(T_{max} + T_{min}) / 2] \quad (2)$$

که در این رابطه T_{max} دمای ماکزیمم روزانه T_{min} دمای مینیمم روزانه و T_{base} دمای آستانه است که برای گیاه بادام دمای کمتر از ۷ درجه سانتی گراد است (یدالهی، ۱۳۹۳).

احتمال وقوع سرمای دیررس بهاره

در مرحله رشد بهاری مقدار قند جوانه ها رقیقتر و مقدار آب آنها افزایش می یابد. در نتیجه، مقاومت در مقابل سرما کاهش می یابد. حساسیت جوانه های گل به سرمازدگی به طول مدت سرما، رقم، خشکی هوا، با درطوبت، افت ناگهانی دما بعد از یک دوره هوای ملایم محل جوانه های گل روی درخت و پوشش سطح باغ بستگی دارد (چایچی و همکاران، ۱۳۸۱) در جدول ۳ دماهای بحرانی در مراحل مختلف فنولوژی بادام آورده شده است.

جدول ۳- دماهای بحرانی در مراحل مختلف فنولوژی بادام (کوانتا، ۱۳۵۹)

مرحله رشد	دمای بحرانی (°C)
رشد تا شکفتن جوانه	۶- درجه و کمتر
شکفتن جوانه تا گل دادن	۵- درجه و کمتر
گل دادن تا رشد میوه	۲- درجه و کمتر

احتمال وقوع سرمازدگی

در این پژوهش برای محصول بادام دمای بالاتر از ۳۵ درجه در نظر گرفته شده است (کوانتا، ۱۳۵۹).

لایه بارش

با توجه به اهمیت بارش در میزان رطوبت خاک پس از محاسبه ی احتمال وقوع بارش در ایستگاه های مربوطه نسبت به ترسیم شکل پهنه بندی اقدام میگردد.

مدل AHP

پس از تهیه لایه ها مورد نیاز، با توجه به اهمیت هر معیار و عنصر اقلیمی، با روش AHP نسبت به وزن دهی هر معیار اقدام و سپس در محیط نرم افزاری GIS نسبت به تهیه ی شکل نهایی منطقه اقدام میکنیم.

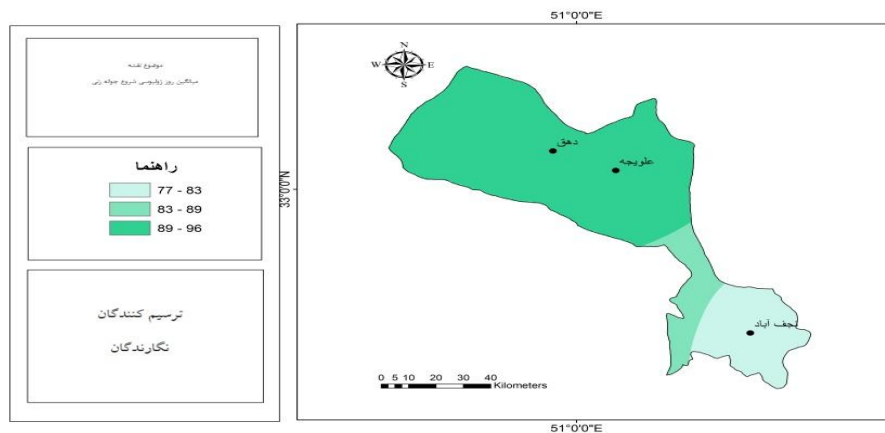
مباحث و نتایج

مورد مطالعه ما رقم بادام شاهرود ۱۲ است. با توجه به مراحل فنولوژی ثبت شده در ایستگاه نجف آباد از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴ نسبت به تعیین میزان GDD برای هر یک از مراحل فنولوژی اقدام شد که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- میزان GDD برای مراحل مختلف فنولوژی بادام

تاریخ میلادی	روز ژولیوسی	میزان GDD (درجه-روز)	مراحل فنولوژی
۳/۲	۶۱	۱۵۳	پیدایش جوانه
۳/۱۹	۷۸	۱۴۱	شکفتن جوانه
۳/۲۸	۸۷	۲۰۵	گل دادن و تشکیل میوه
۴/۲۴	۱۱۴	۱۵۴۹	رشد میوه
۷/۳۰	۲۱۱	۱۶۷۶	رسیدن میوه

سپس با توجه به واحد حرارتی محاسبه شده برای مرحله جوانه زنی در هر سال و هر ایستگاه با کمک نرم افزار Smada نسبت به تعیین تاریخ وقوع مرحله جوانه زنی با احتمال ۵۰ درصد براساس تاریخ ژولیوسی اقدام شد سپس در مرحله بعد جهت تعمیم داده های نقطه ای و ترسیم شکل های پهنه بندی از نرم افزار Arc Gis 10.3 استفاده شده است. در این نرم افزار اطلاعات هر ایستگاه که شامل ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی و اطلاعات مربوط به روز ژولیوسی مرحله جوانه زنی با احتمال وقوع (۵۰٪) طبق جدول (۵) وارد شد. لازم به ذکر است در این پژوهش در تهیه تمام شکل های پهنه بندی احتمال وقوع ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. سپس با کمک روش IDW در محیط نرم افزاری GIS نسبت به ترسیم شکل های پهنه بندی اقدام شد که نتایج آن در شکل (۱) آمده است.



شکل ۱- پهنه بندی مرحله جوانه زنی

طبق شکل (۱) زمان مرحله جوانه زنی به سه دسته تقسیم می شود. در شهر نجف آباد و نواحی مجاور شهرستان های اصفهان، فلاورجان و خمینی شهر، جوانه زنی بین روزهای ۷۷ تا ۸۳ ژولیوسی رخ می دهد. جوانه زنی در نواحی مجاور شهرستان تیران بین روزهای ۸۳ تا ۸۹ ژولیوسی اتفاق می افتد ولی بیشترین مساحت این شهرستان که شامل شهرهای دهق و علویجه و مناطق مجاور شهرستان های داران، خوانسار، گلپایگان و میمه در روز ۸۹ تا ۹۶ ژولیوسی جوانه زنی خواهد داشت.

تعیین احتمال وقوع تاریخ مراحل فنولوژی بادام

اکنون برای تعیین لایه احتمال وقوع GDD بالاتر از ۳۵۰۰ درجه-روز مورد نیاز برای هر مرحله فنولوژی که در جدول ۴ آمده است نسبت به تعیین واحد حرارتی هر مرحله در هر سال هر ایستگاه با کمک نرم افزار اکسل و با توجه به رابطه ای که قبلاً گفته شد اقدام شد. سپس تاریخ وقوع هر مرحله فنولوژی در دمای فعال (صفر درجه) با احتمال وقوع ۵۰ درصد بر اساس تاریخ ژولیوسی به دست آمد. سپس مقدار GDD کل دریافتی در نقاط مختلف ایستگاه ها محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- احتمال وقوع مراحل فنولوژی بادام در ایستگاه های مربوطه بر اساس سال میلادی با دمای فعال

ایستگاه	پیدایش جوانه	روز ژولیوسی	شکفتن جوانه	روز ژولیوسی	گلدهی	روز ژولیوسی	رشد میوه	روز ژولیوسی	رسیدن میوه	روز ژولیوسی
اصفهان	۳/۱	۶۰	۳/۱۱	۷۰	۳/۲۹	۸۸	۶/۱۲	۱۶۳	۸/۷	۲۱۹
داران	۴/۲	۹۲	۴/۱۷	۱۰۷	۵/۴	۱۲۴	۷/۲۲	۲۰۳	۱۰/۱۴	۲۸۷
چادگان	۳/۱۵	۷۴	۳/۲۶	۸۵	۴/۱۰	۱۰۰	۶/۴	۱۷۵	۲/۱۰	۲۷۵
نجف آباد	۳/۱	۶۰	۳/۱۳	۷۲	۳/۳۰	۸۹	۶/۱۶	۱۶۷	۸/۱۰	۲۲۲
تیران	۳/۱۹	۷۸	۴/۱	۹۱	۴/۱۶	۱۰۶	۶/۲۹	۱۸۰	۸/۳۱	۲۴۳
دهق	۱۶/۳	۷۵	۳/۳۰	۸۹	۴/۱۶	۱۰۶	۷/۳	۱۸۴	۹/۴	۲۴۷
علویجه	۱۵/۳	۷۴	۳/۲۹	۸۸	۴/۱۵	۱۰۵	۶/۳۰	۱۸۱	۹/۲	۲۴۵

تعیین احتمال وقوع نیاز سرمایی

اگر دوره سرما کافی نباشد رشد جوانه های گل با تاخیر صورت میگیرد و جوانه قبل از تولید شکوفه ریزش مینماید (چایچی و همکاران، ۱۳۸۱). اکنون با توجه به فرمول محاسبه نیاز سرمایی (CDD) که قبلاً گفته شد نسبت به محاسبه نیاز سرمایی در هر سال با کمک نرم افزار اکسل میپردازیم. سپس با کمک نرم افزار Smada نسبت به تعیین وقوع CDD با احتمال ۵۰ درصد میپردازیم که نتایج آن در جدول شماره ۶ آمده است.

جدول ۶- احتمال وقوع CDD (نیاز سرمایی)

ایستگاه	اصفهان	داران	چادگان	نجف آباد	تیران	دهق	علویجه
درجه-روز CDD	۲۴۰/۷	۸۲۰/۱	۷۵۵/۳	۲۴۵/۶	۴۲۱/۵	۴۷۳/۲	۴۵۸/۸

با توجه به جدول شماره (۶) کل این شهرستان، شرایط لازم برای تامین میزان نیاز سرمایی برای رشد جوانه های گل را دارا می باشد.

تعیین لایه های حد خسارت سرمازدگی دیر رس بهاره و گرمزدگی

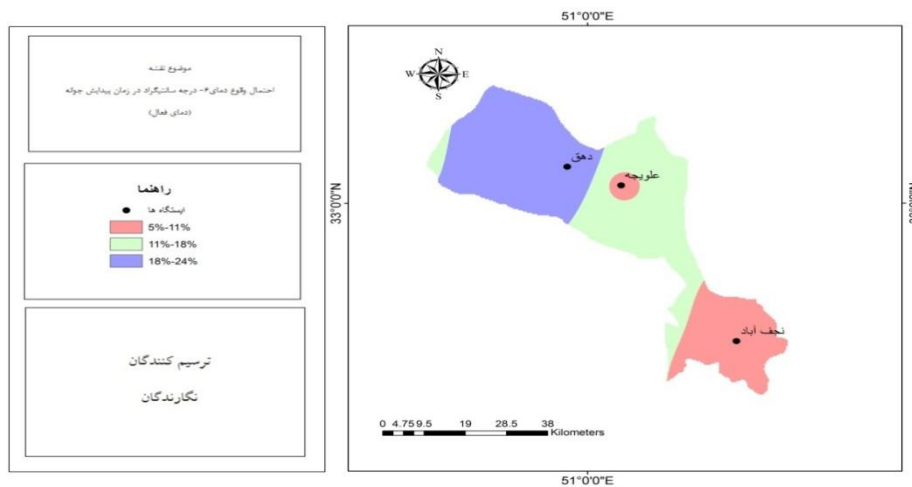
بروز موج های گرمایی زود هنگام که معمولاً در اسفند ماه رخ میدهد باعث خروج زود هنگام جوانه ها از رکود زمستانی و آغاز فعالیت این گونه میشود. چنین شرایطی به شدت خطر سرمازدگی بهاره و وارد آمدن خسارت را افزایش

میدهد. البته بروز سرمازدگی و اثرات آن به عواملی همچون نوع رقم، ویژگی های فیزیولوژیکی و ناهنجاری های دمایی در اواخر زمستان بستگی دارد. مثلا ارقام متفاوت دارای تقویم زراعی متفاوت و آستانه های بحرانی متفاوتی میباشد. سپری کردن زمستانی سرد یا گرم تر از متوسط میتواند تقویم زراعی درختان را جابه جا کند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰). بنابر این با کمک نرم افزار متلب نسبت به تعیین تاریخ وقوع سرمازدگی دیر رس بهاره در هر ایستگاه اقدام شد. بعد با کمک رابطه $F=M/N$ که در این رابطه F برابر با احتمال فراوانی وقوع و M برابر با تعداد دفعات رخداد یک پیشامد و N کل رخدادها میباشد (علیزاده، ۱۳۸۵) نسبت به تعیین فراوانی وقوع سرمازدگی دیر رس بهاره و با کمک رابطه $T=1/F$ که در این رابطه T دوره برگشت و F فراوانی وقوع میباشد نسبت به تعیین دوره برگشت اقدام نمودیم که نتایج آن در جدول ۷ آمده است.

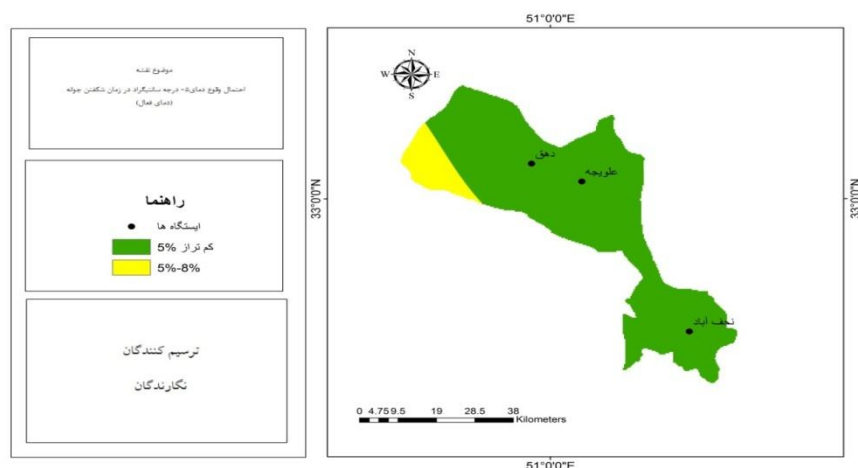
جدول ۷- تعیین احتمال وقوع (F) و دوره برگشت (T) سرمازدگی بهاره در دمای فعال

ایستگاه	پیدایش جوانه (%) (F)	دوره برگشت (T)	شکفتن جوانه (%) (F)	دوره برگشت (T)	گلدهی (%) (F)	دوره برگشت (T)
اصفهان	۵	۲۰	۰	۰	۰	۰
داران	۵	۲۰	۰	۰	۰	۰
چادگان	۳۱/۵	۳/۱	۳۱/۵	۳/۱	۴۲/۱	۲/۳
نجف آباد	۵/۸	۱۷	۵/۸	۱۷	۵/۸	۱۷
تیران	۱۲/۵	۸	۰	۰	۰	۰
دهق	۲۵	۴	۰	۰	۰	۰
علویچه	۹	۱۱	۰	۰	۰	۰

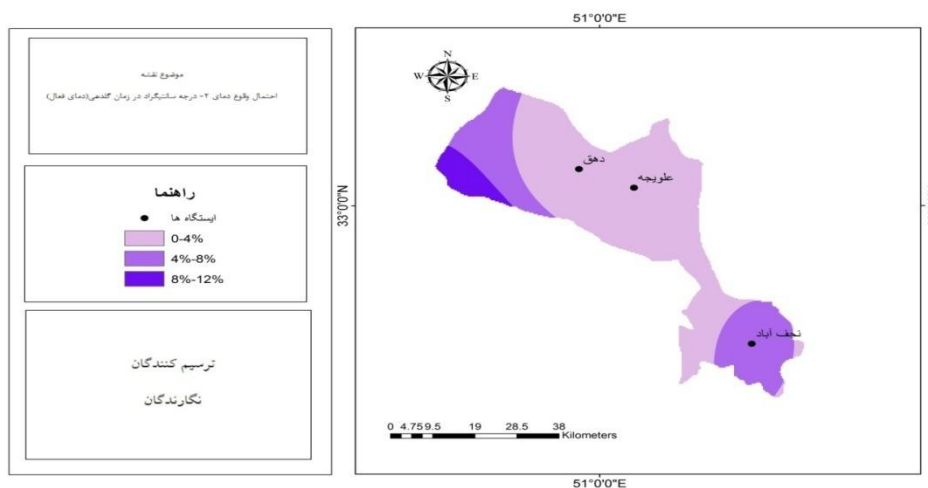
پس از وارد نمودن اطلاعات در محیط GIS نسبت به ترسیم شکل پهنه بندی اقدام نمودیم که نتایج در شکل (۲) و (۳) و (۴) آمده است.



شکل ۲- احتمال وقوع سرمازدگی در زمان پیدایش جوانه در دمای فعال



شکل ۳- احتمال وقوع سرمازدگی در مرحله شکفتن جوانه در دمای فعال



شکل ۴- احتمال وقوع سرمازدگی در زمان گلدهی در دمای فعال

تعیین لایه خسارت گرمزدگی

با توجه به پژوهش‌های انجام گرفته دمای بالاتر از ۳۵ درجه (کوانتا، ۱۳۵۹) و در برخی منابع دیگر دمای بالاتر از ۴۲ درجه (رسولزادگان، ۱۳۷۰) باعث خسارت دیدن محصول بادام میشود. بنابراین با کمک نرم افزار اکسل دماهای بالاتر از ۳۵ درجه در ایستگاه‌های مختلف در طی مراحل فنولوژی بادام مورد بررسی قرار گرفت. سپس با کمک نرم افزار Smada نسبت به تعیین دمای گرمزدگی با احتمال وقوع ۵۰ درصد اقدام شد که نتایج آن در جدول ۸ آمده است.

جدول ۹- احتمال وقوع (۵۰٪) دمای خسارت گرمزدگی در دمای پایه

نام ایستگاه	اصفهان	نجف آباد	تیران	دهق	علویچه	داران	چادگان
دما	۴۰٫۶	۴۰٫۲	۳۸٫۱	۳۷٫۹	۳۷٫۹	-	-

بارش

آبیاری رشد چشمگیر حجم درخت و افزایش تعداد گل و مقدار تولید را امکان پذیر میکند. بنابراین برای به دست آوردن یک محصول مناسب در مناطق خشک و نیمه خشک آبیاری به موقع، لازم است (امیرقاسمی، ۱۳۸۱). به این منظور شناسایی وضعیت بارش منطقه لازم و ضروری است. بنابراین پس از محاسبه مقدار بارش سالانه در ایستگاههای مربوطه به کمک نرم افزار SMADA نسبت به تعیین احتمال وقوع میزان بارش اقدام شد که نتیجه آن در جدول (۹) آمده است.

جدول ۹- احتمال وقوع (٪۵۰) میزان بارش در ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	اصفهان	چادگان	داران	نجف آباد	تیران	دهق	علویجه
بارش	۱۴۴/۴	۲۹۴/۹	۳۱۸/۶	۱۶۳/۸	۱۶۱/۸	۱۶۲/۶	۱۳۴/۷

با توجه به جدول (۹) در ایستگاههای داخل منطقه میزان بارش کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در سال میباشد. بنابراین به دست آوردن یک محصول مناسب، آبیاری مخصوصا در مراحل خاصی از فنولوژی ضروری است و لازم است درختان بادام جهت دستیابی به رطوبت مناسب خاک با فواصل بیشتری کاشته شوند. اکنون برای شناسایی بهتر منطقه و پهنه بندی نهایی منطقه باید هم پوشانی لایه ها صورت گیرد. بدین منظور از مدل سلسله مراتبی یا AHP استفاده می شود.

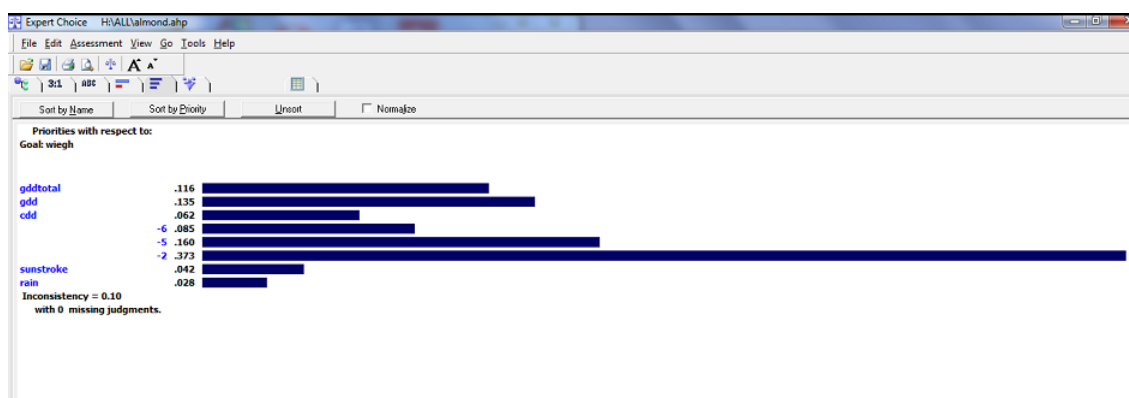
مدل سلسله مراتبی یا AHP

هدف از وزن دهی آن است که بتوان اهمیت هر معیار را نسبت به معیار های دیگر بیان کرد. در مطالعه حاضر بنا به سازگاری با مسئله از میان روش های وزن دهی از روش AHP استفاده شده است. در این روش برای درجه بندی اولویت های نسبی در رابطه با دو به دوی معیار ها، از یک مقیاس پایه ای که مقادیر آنها از یک تا نه متغیر است، استفاده می شود. جدولی که برای این مورد طراحی می شود به گونه ای است که معیار ها بر اساس نظر کارشناسان به ترتیب اولویت در آن قرار می گیرد و به صورت زوجی هر کدام با سایر معیار ها ارزیابی می شود و بر اساس اهمیتی که دارند از یک تا نه ارزش گذاری می شوند (فرج زاده اصل، ۱۳۸۴: ۹۸). پس از تهیه جدول ماتریس مقایسه زوجی که در جدول ۱۰ آمده است، وزن اولیه هر معیار در نرم افزار Expert Choice مشخص می کنیم که نتیجه آن در جدول (۱۱) و نگاره (۱) ارائه شده است.

اکنون برای محاسبه بردار ویژه باید مراحل زیر انجام شود. مرحله اول ضرب ماتریس اعداد در بردار وزن، یعنی ضرب وزن مربوط به اولین معیار در ستون اول و این کار را تا ضرب وزن آخرین معیار در آخرین ستون انجام می دهیم و نهایتا جمع این ارزش ها در طول ردیف ها، بردار مجموع وزنی به دست می آید (ابراهیمی، ۱۳۹۰: ۸۳-۸۰). در مرحله دوم میانگین گیری از کلیه اعداد به دست آمده که نهایتا وزن هر لایه مشخص می گردد که نتیجه نهایی در جدول (۱۲) آمده است.

جدول ۱۰- ماتریس مقایسه زوجی

معیارها	GD Dکل	GDD رشد	CDD	دمای -۶	دمای -۵	دمای -۲	گرمادگی	بارش
GDD کل	۱	۳	۳				۲	۴
GDD رشد		۱	۳	۲	۲		۳	۵
CDD			۱	۱			۲	۳
دمای -۶				۱			۲	۳
دمای -۵					۱		۳	۴
دمای -۲						۱	۷	۷
گرمادگی							۱	۲
بارش								۱



نگاره ۱- وزن اولیه در نمودار Expert choice

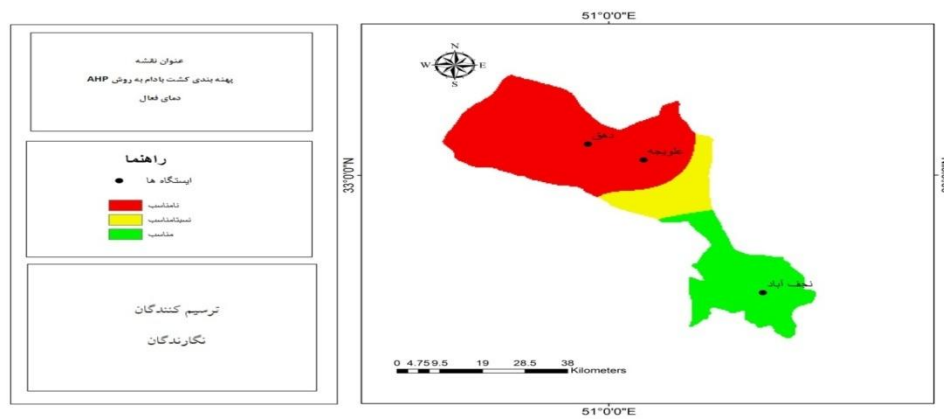
جدول ۱۱- وزن اولیه معیارها در نرم افزار EXPERT CHOICE

معیارها	GDD کل	GDD رشد	CDD	دمای -۶	دمای -۵	دمای -۲	گرمادگی	بارش
وزن	۰/۱۱۶	۰/۱۳۵	۰/۰۶۲	۰/۰۸۵	۰/۱۶	۰/۳۷۳	۰/۰۴۲	۰/۰۲۸

جدول ۱۲- وزن نهایی معیارها مطابق AHP

معیارها	GDD کل	GDD رشد	CDD	دمای -۶	دمای -۵	دمای -۲	گرمادگی	بارش
وزن	۰/۱	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۴۱	۰/۰۳	۰/۰۳

اکنون در محیط GIS برای تهیه شکل نهایی وزن هر معیار را در لایه مربوطه ضرب می کنیم و سپس مجموع کل لایه ها را محاسبه کرده تا شکل نهایی ترسیم گردد (شکل ۵).



شکل ۵- پهنه بندی نهایی منطقه بر اساس مدل AHP در دمای فعال

پس از ترسیم شکل های پهنه بندی نهایی بر اساس سه طبقه مناسب نسبتا مناسب و نامناسب نسبت به تعیین مساحت هر یک از طبقات اقدام کردیم که نتیجه آن در جدول (۱۳) آمده است.

جدول ۱۳- تعیین مساحت طبقات اقلیمی در مدل AHP در دمای فعال

طبقات پهنه بندی	مساحت (هکتار)	مساحت شهرستان (%)
مناسب	۲۱۵۵۸/۰۲	۳۱
نسبتا مناسب	۱۴۶۰۳/۸۲	۲۱
نامناسب	۳۳۳۸۰/۱۶	۴۸

با توجه به جدول (۱۳) در دمای فعال ۵۲٪ منطقه در شرایط مساعد ۴۸٪ منطقه در شرایط نامساعدی هستند؛ بنابراین میتوان گفت این شهرستان طبیعت اقلیمی نسبتا مناسبی برای کشت این گونه داراست.

نتیجه گیری

دستگاه اقلیم یک سیستم فیزیکی، شیمیایی و زیستی پیچیده است. بنابراین پیشینی رفتار آن و تاثیر آن بر محیط که وابسته به بازخور های مثبت و منفی بی شماری است کار بسیار پیچیده ای است. این تحقیق با مدنظر قرار دادن عوامل اقلیمی مخصوصا دما به عنوان عامل اصلی و موثر بر فنولوژی بادام به ارزیابی اثر این عنصر بر این گونه هسته دار پرداخته است. نتایج آماری استخراج شده از داده های هواشناسی نشان داد که قسمت جنوب و جنوب شرق شهرستان یعنی شهر نجف آباد و نواحی مجاور شهرستان های اصفهان، فلاورجان، خمینی شهر و زرین شهر به دلیل بروز زود هنگام موج های گرمایی اواخر زمستان و داشتن میانگین دمای بالاتر مرحله جوانه زنی خود را نسبت به بقیه شهرستان زودتر و در اوایل ماه مارس آغاز میکند. بنابراین خسارت یخبندان های دیررس بهاره این مناطق را بیشتر تحت تاثیر خود قرار میدهد ولی در قسمت شمال، شمال شرق و شمال غرب شهرستان و نواحی مرکزی شهرستان که شامل شهرهای دهق و علویجه میباشد به دلیل داشتن میانگین دمای سالانه پایین تر و زمستان سرد تر مرحله جوانه زنی خود را دیر تر و در اواخر ماه مارس آغاز میکند. از آنجا که هر مرحله فنولوژی بادام نیاز به دریافت مقدار معینی واحد حرارتی دارد بنابراین در نواحی جنوب شرق شهرستان به دلیل داشتن هوای گرمتر امکان کامل شدن تمام مراحل فنولوژی خود را دارد و برداشت محصول در شرایط مناسب و زمان مناسب یعنی در ماه های آگوست و سپتامبر امکان پذیر است ولی در قسمت شمال و شمال غرب شهرستان به دلیل هوای سرد تر در مرحله رشد و رسیدن میوه میزان کافی واحد حرارتی خود را دریافت نمیکند. بنابراین، زمان برداشت محصول نامناسب و به اوایل نوامبر موکول می شود. گیاهان خزان کننده جهت آمادگی برای فاز گلدهی به مقدار مشخصی درجه-روز سرما نیاز دارند پس از بررسی داده های هواشناسی نتایج حاکی از این بود که کل شهرستان قابلیت تامین نیاز سرمایی این محصول را دارد.

خسارت گرمادگی بیشتر مناطق این شهرستان را تحت تاثیر خود قرار میدهد. مخصوصا نواحی جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب شهرستان که به شدت متاثر از این امر هستند. ولی از آنجا که این عامل بیشتر در مراحل پایانی مرحله رشد میوه اتفاق می افتد. میتوان با انجام اموری چون آبیاری به موقع این امر را به حداقل رساند.

بادام در مناطقی که ذخیره آب موجود در خاک از ۴۰ درصد آب قابل دسترس گیاه در طول فصل رویش پایین تر نرود موفق تر میباشد. حداکثر آب مصرفی بادام در طی دوره های مصادف با رشد میوه تعیین شده است. بنابراین با آبیاری مناسب امکان افزایش محصول تا ۳ یا ۴ برابر وجود دارد. بنابراین، با توجه به خشکی ها و بارش کم و رطوبت نسبی پایین هوا در مرحله رشد میوه باید نسبت به آبیاری به موقع اقدام نمود.

در پایان یاد آور میشویم نتایج حاصل از پهنه بندی AHP نشان داد که از ۶۹۵۴۲ هکتار مساحت این شهرستان ۳۶۱۶۱/۸۴ هکتار در شرایط مناسب و نسبتا مناسب و ۳۳۳۸۰/۱۶ هکتار در شرایط نامساعدی برای کشت این محصول است و مناطق نامساعد بیشتر در شمال و شمال غرب شهرستان به دلیل سردی هوا و قرار گرفتن در ارتفاعات می باشد.

منابع

- ۱- ابراهیمی، محمد (۱۳۹۰) پهنه بندی آگروکلیمایی کشت گیاه نیشکر به روش AHP در محیط GIS [پایان نامه]
- ۲- اسماعیلی، رضا، عطایی، هوشمند، فلاح قاهره، غلام عباس (۱۳۹۰). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر امکان توسعه دو گونه هسته دار بادام و زردآلو. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد دوم.
- ۳- امیر قاسمی، تراب (۱۳۸۱) بادام (کاشت، تولید، فرآوری). نشر آیندگان. نوبت چاپ اول.
- ۴- پارسا، شاهرخ، قطره سامانی، سعید، میرعباسی، محمد علی (۱۳۹۰) تحلیلی بر احتمال وقوع سرمازدگی بادام و روش های کاهش خسارت سرما در سامان، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بادام، شهرکرد
- ۵- پژوهنده، مریم، ظهرا، فرهاد (۱۳۹۰) بررسی یخبندان دیررس بهاره بادام در خرم آباد، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بادام، شهرکرد
- ۶- چایچی، سعید، حسن زاده، نادر، جعفرلو، محمد (۱۳۸۱) راهنمای بادام، کاشت، داشت، برداشت، دفتر نشر آموزش کشاورزی
- ۷- خاکیان، غلامرضا، ابراهمی، علیرضا، صالحی، مهدی (۱۳۹۰) تعیین مناسب کشت بادام رقم شاهرودی ۱۲ جهت مقابله با آخرین سرمای بهاره در شهرستان نجف آباد، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بادام، شهرکرد
- ۸- خوشحال، جواد (۱۳۷۰) بررسی پدیده یخبندان در ارتباط با محصولات کشاورزی استان اصفهان (پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، استاد راهنما: دکتر محمد رضا کاویانی)
- ۹- رسولزادگان، یحیی (۱۳۷۰) میوه کاری در مناطق معتدله. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۱۰- صدقی، لهراسب (۱۳۸۰) بررسی اثرات اقلیم بر کشت بادام با تاکید بر سرمازدگی در حوضه های شهرکرد و سامان. (پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، استاد راهنما: دکتر محمد رضا کاویانی)
- ۱۱- سازمان هواشناسی استان اصفهان، آمار (۱۹۹۵-۲۰۱۴)
- ۱۲- فرج زاده اصل، منوچهر (۱۳۸۴) سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه ریزی توریسم. تهران، انتشارات سمت
- ۱۳- فریدنیا، عبدالرضا (۱۳۶۷) بادام کاشت تا برداشت
- ۱۴- قطره سامانی، سعید، میرعباسی، محمدعلی، جینی، سارا (۱۳۹۰) تغییرات دما و تاثیر آن بر تولید بادام در منطقه سامان شهرکرد، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بادام، شهرکرد
- ۱۵- قطره سامانی، مهرداد، قطره سامانی، سعید (۱۳۸۲) اثر تنش سرما بر تولید بادام در منطقه سامان شهرکرد. بولتن اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری.
- ۱۶- کوانتا، گروه مهندسين مشاور با همکاری سازمان هواشناسی کشور (۱۳۵۹) راهنمای نیازها و محدودیت های هواشناسی کشاورزی ۱۵ محصول اصلی ایران
- ۱۷- کوچکی، محمد، نصیری محلاتی (۱۳۷۱) اکولوژی گیاهان زراعی، جلد اول جهاد دانشگاهی مشهد
- ۱۸- محسنی، علی (۱۳۹۰) بررسی وضعیت باغ های بادام در ایران، دومین همایش ملی بادام

- ۱۹- نامداری، آرزو، امیدی، سجاد (۱۳۹۰) پیش بینی سرمای دیررس بهاره و زودرس پائیزه و تاثیر آن بر درخت بادام، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بادام، شهرکرد
- ۲۰- هلالی، جلیل (۱۳۸۷) بررسی درجه-روز رشد و درجه ساعتی رشد محصول گندم در دو نمونه اقلیمی ایران (پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران)
- ۲۱- یدالهی، بهاره (۱۳۹۳) کشاورزی و اثر تغییر اقلیم بر روی کشت بادام در غرب استان اصفهان (پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، استاد راهنما: دکتر حجت الله یزدان پناه)
- 22- Cary, J. W. 1985. Freeze survival in peach and prune flowers. *Plant Science Letter*, 37: 265-274.
- 23- Girona, J., J. Marsal, M. Cohen, M. Mata, C. Miravete. 1993. Physiological and yield responses of almond to different irrigation regims. *Acta Horticulure*, 335: 389-398.
- 24- Goldhamer, D. A., Smith, T. E. 1995. Single-season drought irrigation strategies influence almond production. *Californai Agriculture*, 49: 19-22.
- 25- Haper, F. 1983. Principles of arable crop production, Granada, Publishing Ltd.
- 26- Laura, V. Ingrid, S. Aruna, B. 2010. The modeling of climate change influence on plant flowering shift in Lithuania. *Zemdirbyste Agriculture*, 97: 41-48.
- 27- Pearce, R. S. 2001. Plant freezing and damage. *Annal Botany*, 87: 417-424.
- 28- Rawson, H. M. 1987. Effects of high temperatures on the development and yield of wheat and production to reduce deleterious effects. pp.44-62. In: (Eds).
- 29- Sanchez-Perez, R., Ortega, E., Duval, H., Martinez-Gez, P., Dicenta F. 2007. Inheritance and relationships of important agronomic traits. *Euphytica*, 155: 381-391.
- 30- Schackel, K., Gurusinghe, S., Kester, D., Micke, W. 1998. Water stress response of almond (*Prunus dulcis* L.) tress under field conditions. *Acta Horticulture*, 470: 309-316.

