

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر امکان توسعه دو گونه هسته دار بادام و زرد آلو (مطالعه موردی: خراسان رضوی)

رضا اسماعیلی^{1*}، هوشمند عطایی²، غلامعباس فلاح قاله‌ری³

تاریخ دریافت: 89/1/16 تاریخ پذیرش: 90/3/8

1- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، باشگاه پژوهشگران جوان، مشهد، ایران

2- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

3- دانشجوی دکتر، اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران

* مسئول مکاتبه: E-mail: reza_esmailekz@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق با استفاده از داده‌های ریزمقیاس شده مدل گردش عمومی جو ECHO-G سناریوی A1، به ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر دو گونه بادام و زردآلو در دوره آماری 1389-1418 پرداخته شده است. تاکید اصلی روی وقوع یخبندان‌ها بخصوص یخبندان‌های دیر رس بهاره و شدید زمستانی به عنوان عوامل محدود کننده می‌باشد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که به طور متوسط تاریخ وقوع یخبندان‌های دیر رس سبک 13 روز و یخبندان‌های سنگین هفت روز زودتر از میانگین بلند مدت اقلیمی در منطقه مورد مطالعه به اتمام خواهند رسید. همچنین فراوانی وقوع و شدت یخبندان‌های دیر رس در سه ایستگاه منتخب مشهد، تربت حیدریه و سبزوار کاهش چشمگیری نسبت به دوره اقلیمی گذشته خواهد داشت. نتایج پهنه‌بندی که بر اساس مطابقت تاریخ وقوع دماهای بحرانی با تقویم زراعی بادام و زرد آلو در دوره اقلیمی آینده صورت گرفت، نشان داد منطقه وسیعی از خراسان رضوی از جمله تربت حیدریه که تولید کننده عمده بادام استان است، در منطقه خطر قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج به دست آمده، شهرستان‌های چناران، مشهد و نیشابور که تولید کننده اصلی زرد آلو می‌باشند نیز محدودیت توسعه دارند.

واژه‌های کلیدی: دماهای بحرانی، ریزمقیاس‌نمایی، مدل اقلیمی، یخبندان‌های دیررس

Assessment of Climate Change Impact on the Future Development of Apricot and Almond Species. (Case Study: Khorasan Razavi Province)

R Esmaili^{1*}, H Ataie² and G Fallah Ghalhary³

Received: 05 April 2010 Accepted: 29 May 2011

¹Assist. Prof., Young Researchers Club, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

²Assist. Prof., Payamnor Univ., Tehran, Iran

³PhD Student, Dept. of Geography, Univ. of Isfahan, Iran

*Corresponding author: E-mail: reza_esmailekz@yahoo.com

Abstract

In this research, we used downscaled data from ECHO-G General Circulation Models and A1 scenario to investigate the climate change impacts on apricot and almond growth and development in the period between 2010-2039. The main concern is freezing occurrence especially spring coming late and winter heavy freezings that would be limitation factors for the growth. The results of this research showed that, in average, the light and heavy coming late freezing occurrences date will be stopped 13 and 7 days earlier from long term averaging respectively. The occurrence frequency and coming late freezings will also be decreased relative to long term average in the three station including Mashhad, Torbat-e Heydariyeh and Sabzevar. The mapping base on critical temperature occurrence data and phenological stages for apricot and almond in the future period showed that the vast regions of Khorasan Razavi province especially Torbat Heydariyeh will be fall in the to dangerous region. Based on the obtained results of this research, Chenaran, Mashhad and Neyshaboor that are the main producing area of apricot will also be located in the dangerous region.

Keywords: Climate models, Coming late freezing, Critical temperature, Downscaling

مقدمه

متخصصین در این موضوع توافق دارند حتی در صورت حفظ وضع موجود، دمای کلی کره زمین روند افزایشی خواهد داشت (شائمی برزکی و جیسی نوخندان 1388). به نظر می‌رسد وجه آشکار تغییرات اقلیمی را می‌بایست در بروز و تشدید پدیده‌های حدی جستجو کرد. پدیده‌های حدی به اتفاقات نادری اطلاق می‌شوند که از دید گاه آماری در ناحیه بالا و پایین

روند افزایشی داده‌های آب و هوایی ثبت شده در دهه‌های اخیر و همچنین نتایج خروجی تمامی مدل‌های پیش‌بینی اقلیم، حاکی از بالا رفتن میانگین درجه حرارت کره زمین به عنوان حلقه اصلی زنجیره تغییرات اقلیمی می‌باشد. پیش‌بینی شده است میانگین درجه حرارت سالانه در طی قرن حاضر بین 1/1 تا 6/4 درجه سانتیگراد افزایش یابد (بی‌نام 2007) و تمامی

اقلیم را در مقیاس‌های زمانی بلند مدت بر محصولات مختلف کشاورزی بررسی نمایند. بعضی از تغییرات رخ داده در دوره رشد گیاهی در پاسخ به تغییر شرایط اقلیمی، در مقیاس محلی و منطقه‌ای قابل مشاهده است. به عنوان مثال در جنوب فرانسه، دوره گلدهی درختان هلو و زردآلو به میزان 2 تا 3 هفته به جلو افتاده است (بی‌نام 2009).

فنگمی و همکاران (2007) از سناریوی B2 و مدل تخمین محصول از طریق محرک‌های اکولوژیکی و محیطی (CERIES) و مدل‌های اقلیم منطقه‌ای (RCM) برای ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی برنج در خلال سال‌های 2070 تا 2090 میلادی استفاده نمودند. آن‌ها نشان دادند با در نظر گرفتن اثر مستقیم دی‌اکسید کربن، عملکرد برنج در همه ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد اما بدون در نظر گرفتن اثر مستقیم دی‌اکسید کربن، عملکرد برنج کاهش می‌یابد.

لورا و همکاران (2010) از مدل‌های تغییر اقلیم برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روی تغییر زمان گلدهی درختان (توس نقره‌ای، فندق و لیمو) در لیتوانی استفاده نمودند. آن‌ها در این تحقیق، از اطلاعات فنولوژیکی 30 ساله، داده‌های دمای هوا و خروجی دو مدل اقلیمی HADCM3 و ECHAM5 به همراه سه سناریوی A1B، A2 و B1 استفاده نمودند. با استفاده از داده‌های بلند مدت آن‌ها نشان دادند که دمای هوا تأثیر معنی داری بر روی آغاز گلدهی درختان مخصوصاً درختان زود گل دارد.

دینگ و همکاران (2006) به آشکارسازی تغییر اقلیم در چین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد فراوانی و اندازه رخداد‌های جوی اقلیمی در 50 سال گذشته روند معنی‌داری داشته است. در این تحقیق از 40 مدل اقلیمی برای آشکارسازی تغییر اقلیم استفاده شده است. زو و یو (2006) در تحقیق دیگری از 19 مدل اقلیم جهانی برای شبیه‌سازی تغییرات میانگین سالیانه ناهنجاری دمای هوا استفاده نمودند.

اسمیت و همکاران (2010) برای ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی نیاز آبی محصولات کشاورزی در جنوب استرالیا، از مدل‌های اقلیمی

توزیع آماری قرار گیرند، به طوریکه احتمال وقوع آن خیلی کم باشد (کایان و همکاران 2001).

به طور یقین بخش کشاورزی بیشترین ارتباط و تاثیر پذیری را از شرایط محیط اطراف و به خصوص اقلیم دارد، به گونه‌ای که ویژگی‌های اقلیمی (پتانسیل‌ها و محدودیت‌های اقلیمی) در بلند مدت، منجر به تعیین الگوی کشت و توجیه پراکنش گونه‌های گیاهی مختلف شده است. متأسفانه بخش کشاورزی به دلیل سرعت و قدرت کم تطابق، بیشترین تاثیر را از تغییرات اقلیمی متحمل خواهد شد. پیش بینی می‌شود در اثر تغییرات اقلیمی و گرم شدن هوا، مناطق جنگلی به سمت شمال سوق پیدا کنند و بنابراین جغرافیای کشاورزی در این مناطق، تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گیرد (کوچکی و همکاران 1377). نتایج بررسی‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) حاکی از آن است که مهمترین عواقب تغییر اقلیم بر کشاورزی عبارت خواهند بود از: تشدید بحران‌های اقلیمی، گرم شدن عرض‌های جغرافیایی بالا، کاهش قابلیت دسترسی به آب و پیشرفت باران‌های موسمی به سمت قطب (موسسه پژوهش‌های برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی 1384).

خشکسالی‌های شدید و افزایش دما توسعه گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و این امر می‌تواند یکی از دلایل کاهش محصولات کشاورزی باشد (ریدسما و همکاران 2007، ساکالاسکین و همکاران 2008). بسیاری از محققین، تفسیرهای متفاوتی را از پیامدهای تغییر دما بر روی مراحل مختلف فنولوژیکی بیان نموده‌اند (اورلندی و همکاران 2005، کارول و همکاران 2009). به همین دلیل، دانشمندان از دماهای مبنای متفاوت و محاسبات مختلف برای تعیین پیامدهای تغییر دما بر گیاهان استفاده می‌کنند (ویلگولاسکی 1999، کریپنسک 2006).

با توجه به اهمیت وضع هوا و اقلیم بر بخش کشاورزی، دستیابی به پیش‌بینی‌های بلند مدت اقلیمی در این بخش ضروری است. پیدایش مدل‌های اقلیم جهانی (GCM¹) و منطقه‌ای (RCM²) این امکان را به وجود آورده است تا محققان بتوانند تأثیر وضع هوا و

¹ General circulation model

² Regional climate model

های مختلف است، جنبه‌ای که کمتر در کشور مورد توجه قرار گرفته است. یکی از پدیده‌هایی که به شدت بر میزان تولید گونه‌های هسته‌دار تاثیر می‌گذارد، بروز یخبندان‌های دیر رس بهاره است. مجاورت خراسان رضوی با سامانه پرفشار سیبری، وقوع یخبندان‌ها را در منطقه اجتناب ناپذیر می‌کند. اسماعیلی (1386) در تحقیق روی یخبندان‌های دیر رس شمال شرق کشور نشان داد عامل اکثر یخبندان‌های دیررس منطقه، سامانه پرفشار سیبری است. شواهد آماری (بی‌نام 1386) نشان دهنده کاهش چشمگیر بادام و زردآلو در سال‌های وقوع یخبندان یعنی سال‌های 1360، 1365، 1368، 1372 و 1384 است (شکل 1). با توجه به این که بخش باغبانی مستلزم سرمایه‌گذاری و صرف وقت و هزینه هنگفت چند ساله است، انجام مطالعات مربوط به تغییر اقلیم می‌تواند میزان تاثیر تغییرات اقلیمی را شناسایی و این امکان را برای کشاورزان و دست اندرکاران فراهم نماید تا با اقداماتی همچون مکان‌گزینی صحیح باغات و تعیین الگوهای مناسب کشت، در جهت تعدیل اثرات تغییرات اقلیمی و رسیدن به توسعه پایدار اقدام نمایند. با این دیدگاه، این تحقیق به ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی در 30 سال آینده (1418-1389) و بررسی امکان توسعه دو گونه هسته‌دار بادام و زردآلو که حساسیت زیادی به تغییرات محیطی و ناهنجاری‌های عناصر آب و هوایی از خود نشان می‌دهد، پرداخته است.

استفاده نمودند. محصولات انتخاب شده عبارت بودند از مرکبات، بادام، زردآلو، انگور، پیاز، سیب زمینی. بدین منظور از 15 مدل اقلیم جهانی و سه سناریوی گرمایش جهانی بهره بردند. این سه سناریو از گزارش چهارم هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم اقتباس شده بود. در این تحقیق برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی در طی دهه 2030 میلادی، از دوره آماری 1869-2006 میلادی استفاده شده است. نتایج آن‌ها نشان داد نیاز آبی برای اکثر محصولات از جمله بادام و زردآلو در دهه 2030 میلادی افزایش خواهد یافت.

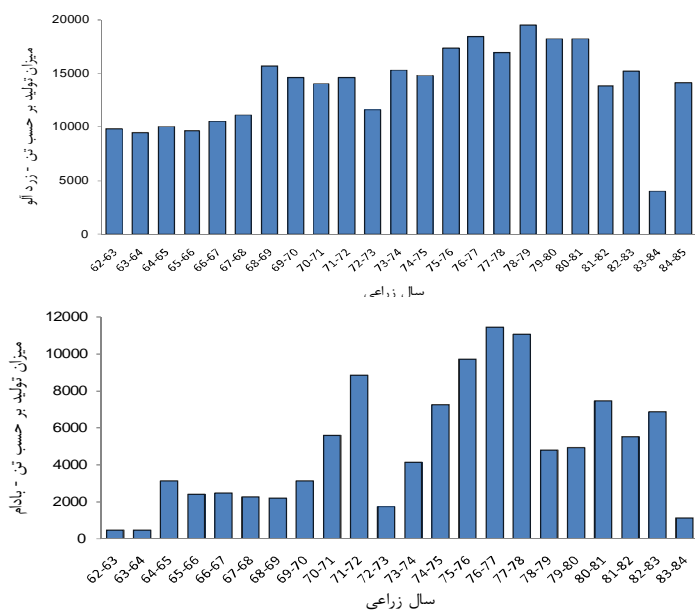
در داخل کشور اکثر تحقیقات با موضوع تغییر اقلیم بر اساس آشکار سازی تغییرات دو متغیر اصلی دما و بارش در دوره‌های گذشته تمرکز داشته و در محدود مطالعاتی که با استفاده از داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی صورت گرفته است کمتر به جنبه کاربردی میزان تغییرات پیش‌بینی شده بر بخش‌های مختلف پرداخته شده است. در همین ارتباط مومنی (1382) نقش تغییرات اقلیمی و تاثیر آن بر ناپایداری اکولوژیکی را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت تغییر اقلیم بر ناپایداری اکولوژیکی موثر بوده و نظام طبیعی آن را دگرگون ساخته است. در تحقیقی دیگر اثر تغییر اقلیم بر عملکرد نخود دیم در شمال غرب کشور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد تغییر اقلیم باعث افزایش 17/12 درصدی عملکرد نخود در آینده خواهد شد (برزگر و همکاران 1386). نتایج پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر آب و هوای آینده استان خراسان توسط دو مدل گردش عمومی جو (NASA¹ و GFDL² و NASA-GISS³) نشان داد تغییرات اقلیمی ممکن است اثرات قابل توجهی بر اکوسیستمهای زراعی در استان خراسان داشته باشد (جعفری مقدم و همکاران 1386)

اما آنچه در مطالعات تغییر اقلیم ضروری بنظر می‌رسد افزایش آگاهی‌ها از کمیت و کیفیت میزان تغییرات آینده و همچنین ارزیابی اثرات آن بر بخش-

¹National center for atmospheric research

²Geophysical fluid dynamics laboratory

³Goddard institute of space studies



شکل 1- کاهش میزان تولید زردآلو (بالا) و بادام (پایین) در خراسان رضوی طی سال های وقوع یخبندان دیررس بهاره

مواد و روش‌ها

معرفی الگو و داده‌های مورد استفاده

جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بخش های مختلف، از متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدل های جفت شده اتمسفری - اقیانوسی گردش عمومی جو (GCM¹) استفاده می شود. یکی از ضعف های عمده این مدل‌ها، بزرگ بودن مقیاس زمانی - مکانی متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده است (در حدود پنجاه هزار کیلومتر مربع) که جهت مطالعات منطقه‌ای و ایستگاهی مناسب نمی باشند. جهت رفع این نقیصه معمولاً از روش ریزمقیاس نمایی² یا ریزگردانی استفاده می شود. در حقیقت ریزمقیاس نمایی، پل ارتباطی بین الگوهای بزرگ مقیاس اقلیمی و متغیرهای اقلیم محلی است. به طور کلی دو روش اصلی ریزمقیاس نمایی شامل ریزمقیاس نمایی دینامیکی و ریزمقیاس نمایی آماری است. در نوع اول خود الگو ریزگردانی را انجام داده و خروجی را برای یک سطح کوچک (در حدود پنجاه کیلومتر مربع) که خطای کمتری دارد، ارائه می کند (صمدی نقاب 1388). اجرای این مدل -

ها در کامپیوترهای معمولی به دلیل حل معادلات حاکم بر گردش عمومی جو زمان بر است. در مدل های ریزمقیاس نمایی آماری، علاوه بر داده های مورد استفاده از مدل گردش عمومی جو، از داده های دیده بانی شده نیز به منظور کشف ارتباط آماری بین داده های گردش عمومی جو و داده های واقعی استفاده می گردد. در این روش، داده های تولید شده شباهت زیادی با مقادیر داده های ثبت شده در یک ایستگاه دارد. این فرآیند از طریق محاسبه همبستگی بین خروجی مدل های گردش عمومی جو در گذشته با داده های دوره آماری گذشته در ایستگاه هواشناسی بدست می آید و از این طریق، خروجی مدل گردش عمومی جو در مقیاس ایستگاهی صحت سنجی می شود. در صورت تطابق آماره های مدل گردش عمومی جو با آماره های مشاهده شده ایستگاه، نتایج به دوره اقلیمی آینده تعمیم داده می شود. یکی از تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته است، توسط سیمنف و همکاران (1998) است. آنها با بررسی آمار 18 ایستگاه هواشناسی واقع در آمریکا، اروپا و آسیا، کارایی این مدل ها را تأیید نموده اند. یکی از مهمترین مدل های ریزمقیاس نمایی آماری،

¹ General circulation model

² Down-scaling

داده‌های خروجی مدل شامل متغیرهای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش در مقیاس روزانه است. با توجه به موضوع تحقیق، محاسبات آماری لازم و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی بر اساس متغیر دمای کمینه صورت گرفته است. برای انجام فرایند پهنه‌بندی، سه ایستگاه مشهد، سبزوار و تربت حیدریه (که در داخل استان خراسان رضوی قرار داشته و دارای آمار طولانی مدت بیش از 30 سال بوده‌اند) و سه ایستگاه دیگر که دارای تطابق اقلیمی زیادی با منطقه مورد مطالعه هستند، و در استان‌های مجاور قرار گرفته‌اند، استفاده شده است. جدول 1 مشخصات ایستگاه‌های استفاده شده را نشان می‌دهد.

مدل LARS-WG است که مولد مصنوعی داده‌های هواشناسی می‌باشد (اسماعیلی و همکاران 1389). در این تحقیق، از داده‌های خروجی مدل گردش عمومی جو ECHO - G استفاده شده است. این مدل متعلق به مرکز تحقیقات هواشناسی کشور کره جنوبی است. قدرت تفکیک مکانی داده‌های GCM این مدل، $3/9 \times 3/9$ درجه است. که با استفاده از مدل LARS-WG و استفاده از سناریو A1، داده‌های مدل مذکور در مقیاس زمانی روزانه و در سطح ایستگاهی ریز مقیاس گردیده‌اند. داده‌های دیده‌بانی شده مربوط به دوره اقلیمی 1355-1384 و داده‌های شبیه‌سازی شده یا تولید شده مربوط به دوره اقلیمی 1389-1418 است.

جدول 1- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
مشهد	36,28	59,60	999,2
سبزوار	36,20	57,66	977,6
تربت حیدریه	35,27	59,22	1450,8
بجنورد	37,46	48,29	1091
سمنان	35,50	52,40	1130,8
بیرجند	32,86	52,39	1491

سازگاری اندکی از خود نشان می‌دهند. بادام با نام علمی *Prunus amigdalus* بومی مناطق گرم و خشک آسیای غربی است (رسولزادگان 1370). بر اساس آمارنامه سال 1386 وزارت جهاد کشاورزی، سطح بارور بادام دیم و آبی کشور 128618/6 هکتار بوده است که خراسان با سطح 34922 هکتار، رتبه اول کشور را به خود اختصاص داده است. در جدول 2 بعضی از نیازمندی‌های اقلیمی و اکولوژیکی درخت بادام و زردآلو آورده شده است.

نیازهای اقلیمی و اکولوژیکی بادام و زردآلو زرد آلو با نام علمی *Prunus armenica* از تیره Rosaceae و زادگاه اصلی آن ارمنستان، ایران و مصر است (نجاتیان 1387). بر اساس آمار نامه سال 1386 وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید زرد آلو در اراضی آبی 275175 تن و میزان تولید دیم آن 399/8 تن بوده است. در این میان، استان آذربایجان شرقی با تولید 55118/2 تن رتبه اول را در بین استان‌های کشور به خود اختصاص داده است. ارقام زردآلو نیازهای آب و هوایی خاصی دارند و نسبت به تغییرات محیطی،

جدول 2 - نیازمندیهای اقلیمی و اکولوژیکی درخت زردآلو (نجاتیان 1387) و بادام (رسولزادگان 1370)

ردیف	عوامل	بادام	زردآلو
1	ارتفاع از سطح دریا	محدودیت ندارد	حداقل ارتفاع از سطح دریا 700 و حداکثر 2300 متر
2	عرض جغرافیایی	34 تا 45 درجه شمال	بین عرض جغرافیایی 43 الی 35 درجه عرض شمالی
3	حداقل دمای قابل تحمل در زمستان	-22 درجه سانتیگراد	-25 درجه سانتیگراد
5	نیاز سرمایی بادام	100 تا 400 ساعت دمای کمتر از 7 درجه	300 تا 900 ساعت دمای زیر 7 درجه
6	سرما	گلها و میوه نارس آن در اثر سرمای ناگهانی صدمه می بیند (تغییر ناگهانی درجه حرارت)	زمستان سرد طولانی و بدنبال آن بهار گرم و بدون سرمای بهاره نیاز است
7	حداکثر دمای قابل تحمل در تابستان	42 درجه سانتی گراد	44 درجه سانتی گراد

نقطه‌ای به داده‌های منطقه‌ای و ترسیم نقشه‌های پهنه-بندی، از روش رگرسیون چند متغیره استفاده شد. بر اساس روابط موجود بین تاریخ وقوع آخرین یخبندان سبک و سنگین دیر رس و همچنین وقوع حداقل مطلق دمای زمستانی با عواملی همچون ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و میانگین درجه حرارت سالانه، معادله رگرسیون مربوطه بدست آورده شد. این معادلات در محیط نرم افزار ArcGis9.3 اعمال و نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شد.

بر اساس نقشه‌های مبنای ترسیم شده (نقشه پهنه بندی شدیدترین یخبندان زمستانی و آخرین یخبندان دیررس) و با استفاده از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل تابع همپوشانی بین آستانه-های بحرانی (جدول 3) و تقویم زراعی دو گونه (به طور معمول برای زرد آلو دهه سوم اسفند و بادام دهه اول فروردین) به روش منطقی¹ بر روی لایه‌های رقومی صورت پذیرفت. نتیجه این تحلیل‌ها، تفکیک منطقه به دو پهنه بدون خطر و در معرض خطر از همدیگر می‌باشد. جدول 3 دمای بحرانی دو گونه مورد مطالعه بادام و زردآلو را بر حسب مراحل فنولوژیکی نشان می‌دهد.

در مرحله رشد بهاری، مقدار قند جوانه‌ها رقیق‌تر و مقدار آب آن‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه مقاومت در مقابل سرما کاهش می‌یابد. حساسیت جوانه‌های گل به سرمازدگی به طول مدت سرما، رقم، خشکی هوا، باد، رطوبت، افت ناگهانی دما بعد از یک دوره هوای ملایم، محل جوانه های گل روی درخت و پوشش سطح باغ بستگی دارد. در زمستان‌های ملایم و سرد، هر چه جوانه بیشتر بسته باشد، مقاومت به سرما بیشتر و هر چه جوانه متورم‌تر و نزدیک به شکفتن باشد، مقاومت به سرما کمتر است. مقاومت به سرما در مرحله تشکیل میوه، به حداقل می‌رسد.

با توجه به مطالعات اسنادی و همچنین مطابقت میزان تولید با سالهای وقوع یخبندان‌های بهاره، مهمترین عامل خسارت زراعی و محدود کننده تولید و توسعه دو گونه بادام و زردآلو، وقوع دماهای بحرانی به خصوص وقوع یخبندان‌های شدید زمستانی و یخبندان‌های دیر رس بهاره است. در این تحقیق، آخرین تاریخ وقوع دما به پایین تر از صفر درجه سانتی‌گراد، یخبندان دیر رس سبک و آخرین تاریخ افت دما به پایین‌تر از -2 درجه سانتی‌گراد، یخبندان دیر رس سنگین نامیده می‌شود (ایمانی 1376، امیر قاسمی 1381 و میر محمدی میبیدی و ترکش اصفهانی 1382). بر این اساس، تاریخ وقوع هر دو نوع یخبندان دیر رس برای 6 ایستگاه ذکر شده، بر اساس تاریخ ژولیوسی محاسبه گردید. در مرحله بعد، جهت تعمیم داده‌های

¹Logical overlay

جدول 3- دماهای بحرانی در مراحل مختلف فنولوژی بادام (رسولزاگان 1370، ایمانی 1376)
و زرد آلو (نجاتیان 1387)

دمای بحرانی (°C)		مرحله رشد
بادام	زرد آلو	
-2/5	-1/1	جوانه بسته، اما رنگ‌دار
-1/5	-0/6	شکوفه کامل
-0/5	0	میوه سبز رنگ کوچک

نتایج و بحث

سرمازدگی دیر رس بهار

کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، معمولاً سال‌هایی که دما در حد میانگین بلند مدت باشد، بادام در دهه اول فروردین و زرد آلو در دهه سوم اسفند به بعد به گل خواهد نشست. در حقیقت از این تاریخ به بعد، بروز دماهای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد، می‌تواند باعث خسارت‌های شدید و از بین رفتن این محصولات شود. بنابراین وقوع دماهای بحرانی که می‌تواند باعث بروز خسارت و سرمازدگی شود، از این تاریخ به بعد مد نظر قرار گرفته است. همانطور که در مبحث مواد و روش‌ها بیان گردید، در این پژوهش از روش رگرسیون چند متغیره برای ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. معادلات زیر نتایج رگرسیون چند متغیره را که از طریق محاسبه همبستگی بین متغیرهای مورد استفاده به دست آمده است، نشان می‌دهد. این معادلات در محیط نرم افزار Arc GIS 9.3 جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی اعمال شده اند:

$$FL_1 = 59 + 0.051 E + 3.6 Y - 3.76 T \quad [1]$$

$$FL_2 = 134 + 0.0342 E + 2.47 Y - 5.77 T \quad [2]$$

$$FL_3 = 111 - 0.0145 E - 0.793 Y - 1.42 L \quad [3]$$

در معادلات فوق:

FL_1 آخرین یخبندان دیررس سبک، FL_2 آخرین یخبندان شدیدترین یخبندان

با توجه به زمستان‌های سرد منطقه، نیاز سرمایی 100 تا 400 ساعت دمای کمتر از هفت درجه سانتی‌گراد برای بادام و 300 تا 900 ساعت دمای زیر هفت درجه سانتی‌گراد برای زرد آلو معمولاً در طی ماه‌های آذر، دی و بهمن ماه تامین می‌شود و بروز موج‌های گرمایی زود هنگام که معمولاً در اسفند رخ می‌دهد، باعث خارج شدن زود هنگام جوانه‌ها از رکود زمستانی و آغاز فعالیت در این گونه‌ها می‌شود. چنین شرایطی به شدت خطر سرمازدگی بهار و وارد آمدن خسارت را افزایش می‌دهد. بر طبق آمار ثبت شده در طی دوره آماری گذشته، خراسان رضوی شاهد یخبندان‌های دیر رس بهار و فراگیر در سال‌های 1360، 1365، 1368، 1372 و 1384 بوده است که این مساله به طور بارزی بر میزان تولید و عملکرد درختان بادام و زرد آلو تاثیر گذاشته است (بی نام 1386). مطابقت سال‌های وقوع سرمازدگی و کاهش میزان تولید، نشان دهنده تاثیر مستقیم این پدیده بر روند تولید این دو محصول می باشد (شکل 1). البته بروز سرمازدگی و شدت اثرات آن به عواملی همچون نوع رقم، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ناهنجاری‌های دمایی در اواخر زمستان بستگی دارد. مثلاً ارقام متفاوت، دارای تقویم زراعی متفاوت و آستانه‌های بحرانی متفاوت می‌باشند و سپری کردن زمستانی سرد یا گرمتر از متوسط، می‌تواند تقویم زراعی درختان را جابجا کند. بر طبق نظر

در دهه اول اسفند خاتمه می‌یابد. با در نظر گرفتن تاریخ وقوع آخرین یخبندان سبک و سنگین و دماهای بحرانی دو گونه، مناطق در معرض و بدون خطر شناسایی گردید. این مناطق در شکل 3 نشان داده شده‌اند. در این شکل، مناطقی که تاریخ وقوع آخرین یخبندان آن بعد از 20 اسفند و اول فروردین است، به ترتیب مناطق خطر سرمازدگی زرد آلو و بادام معرفی شده است. بر اساس محاسبات انجام شده، 50/62 درصد از مساحت استان در معرض خطر سرمازدگی زرد آلو خواهد بود. این مقدار برای بادام 67/5 درصد بدست آمده است. بر اساس این تحلیل، مناطق عمده تولید زردآلو (مشهد) و بادام (تربت حیدریه) در منطقه خطر قرار دارد. در جدول 4 مساحت و درصد هر یک از پهنه‌ها ذکر شده است.

زمستانی، E معرف ارتفاع، T معرف دما، Y معرف عرض جغرافیایی و L معرف طول جغرافیایی است. مقادیر ضریب تبیین برای معادلات 1، 2 و 3 به ترتیب 94/7، 90/1 و 86/7 درصد می‌باشد. بنابراین با توجه به مقادیر بالای ضریب تبیین بدست آمده، می‌توان از این معادلات برای پهنه بندی خطر یخبندان استفاده نمود.

شکل 2 نقشه پهنه‌بندی وقوع آخرین یخبندان دیر رس سبک و سنگین را برای دوره اقلیمی آینده نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، وقوع دماهای بحرانی از الگوی ناهموازی‌های منطقه تبعیت می‌کند و وقوع آخرین یخبندان‌های دیر رس منطقه، بر نواحی مرتفع رشته کوه های بینالود و هزار مسجد منطبق است. به عنوان مثال، در حالی که تاریخ آخرین وقوع یخبندان دیررس سبک در مرتفع ترین نقاط استان تا اواخر فصل بهار ادامه دارد، مناطق پست و کم ارتفاع

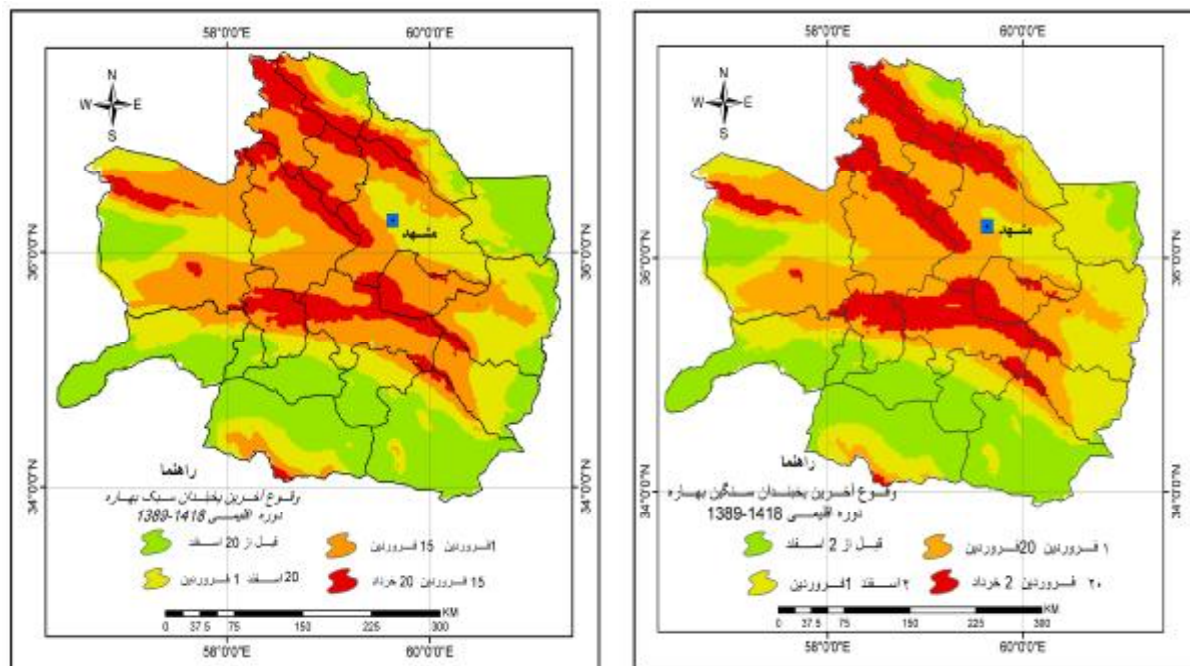
جدول 4- مساحت پهنه های در معرض خط سرمازدگی دیر رس بهاره برای دو گونه هسته دار مطالعه شده در دوره اقلیمی آینده (1389-1418)

نام محصول	نوع منطقه	مساحت کیلومتر مربع	درصد از مساحت استان
بادام	منطقه بی خطر	58697/5	49/38
زردآلو	منطقه خطر	60156/5	50/62
	منطقه بی خطر	38627/9	32/5
	منطقه خطر	80226/1	67/5

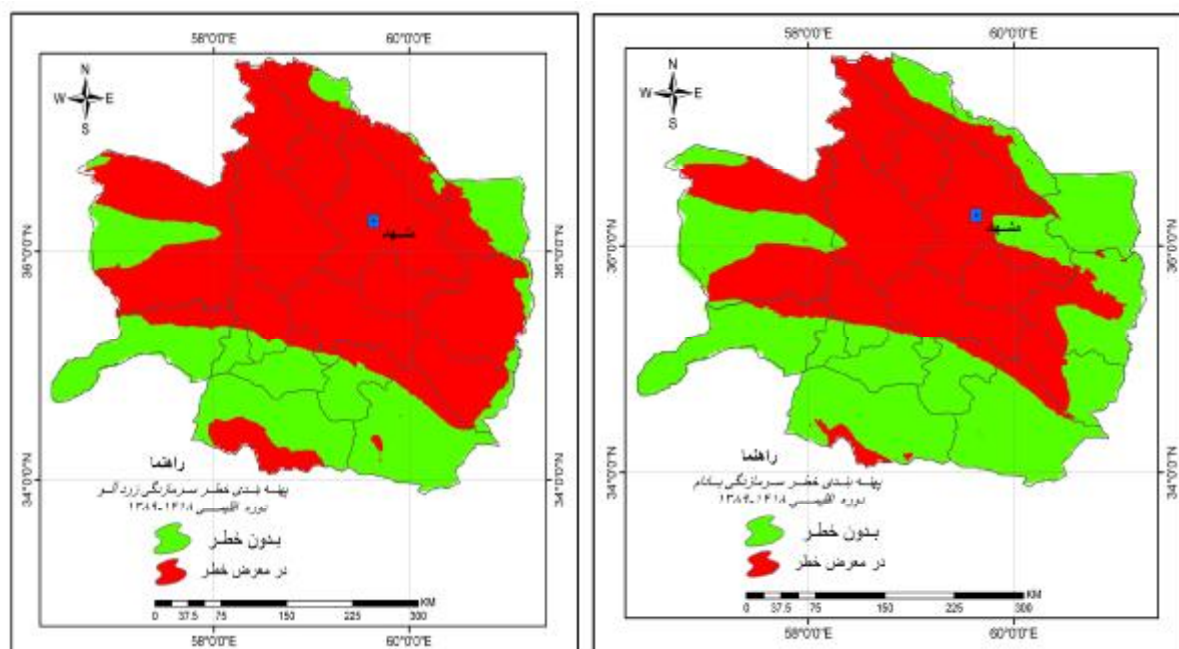
این آستانه‌ها، موجب سرمازدگی و از بین رفتن بافت-های درختان می‌شود. به عنوان مثال، یخبندان شدید و فراگیر زمستان 1387، خسارات عمده‌ای را به باغات زردآلو و به خصوص بادام در سطح استان وارد کرد، به طوری که افت دما تا 24- درجه سانتی گراد در تربت حیدریه، منجر به بروز سرمازدگی و خشک شدن تعداد بسیار زیادی از درختان بادام و زرد آلو گردید. شکل 4 پهنه بندی وقوع حداقل مطلق دما برای دوره اقلیمی آینده (1389-1418) را نشان می‌دهد. و شکل 5 و 6 پهنه‌بندی مناطق در خطر سرمازدگی شدید برای درختان بادام و زردآلو را نشان می‌دهد.

سرمازدگی شدید زمستانی

وقوع یخبندان‌های شدید زمستانی یکی از عوامل مهم در توزیع و پراکنش گیاهان و به خصوص درختان میوه است. افت دما به زیر آستانه تحمل گونه-ها، منجر به سرمازدگی بافت درختان و از بین رفتن آن‌ها می‌شود. تکرار این پدیده‌ها به صورت تجربی در انتخاب نوع، گونه و همچنین محل کشت باغات از قدیم-الایام مورد توجه کشاورزان بوده است. چون درخت بادام تا دمای 22- درجه سانتی گراد و درخت زردآلو تا دمای 25- درجه سانتی گراد را می‌توانند تحمل نمایند (رسولزادگان 1370 و نجاتیان 1387)، افت دما به زیر



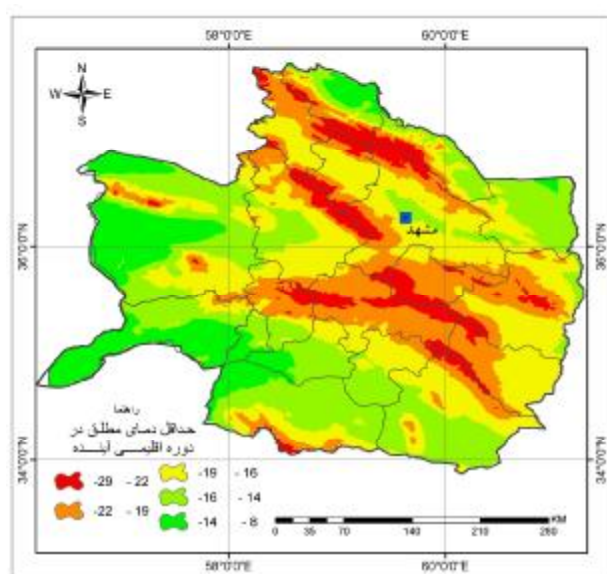
شکل 2- پهنه‌بندی وقوع آخرین یخبندان دیررس سبک (دمای کمتر از 2- درجه سانتی‌گراد) سمت راست در دوره اقلیمی آینده (1389-1418) سنگین (دمای کمتر از 2- درجه سانتی‌گراد) سمت چپ و آخرین یخبندان دیررس



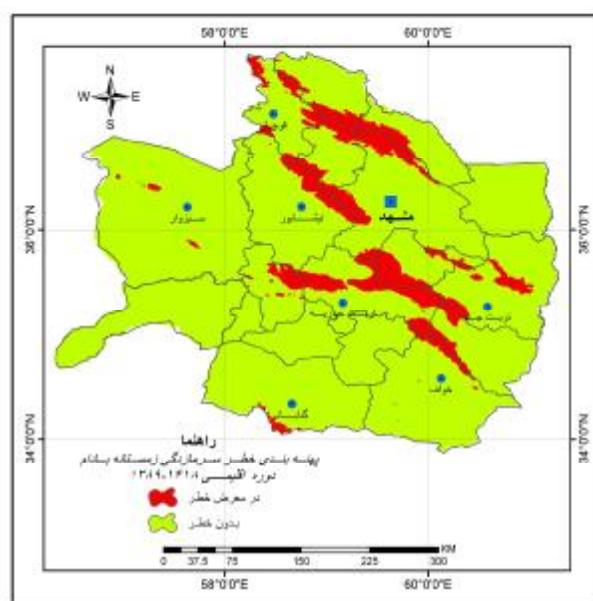
شکل 3- پهنه‌بندی مناطق دارای خطر سرمازدگی بهاره درختان بادام (سمت راست) و زرد آلو (سمت چپ) در دوره اقلیمی آینده (1389-1418)

جزء مناطق خطر شناسایی شده‌اند که اصولاً این مناطق دارای کاربری باغبانی و کشاورزی نمی‌باشند. بر این اساس، نواحی عمده استان و به خصوص مناطق عمده تولید بادام دارای خطر سرمازدگی شدید زمستانی نمی‌باشند. جدول 5 مساحت پهنه‌های در معرض خطر سرمازدگی شدید زمستانی را برای دو گونه هسته دار مطالعه شده در دوره اقلیمی آینده (1389-1418) نشان می‌دهد.

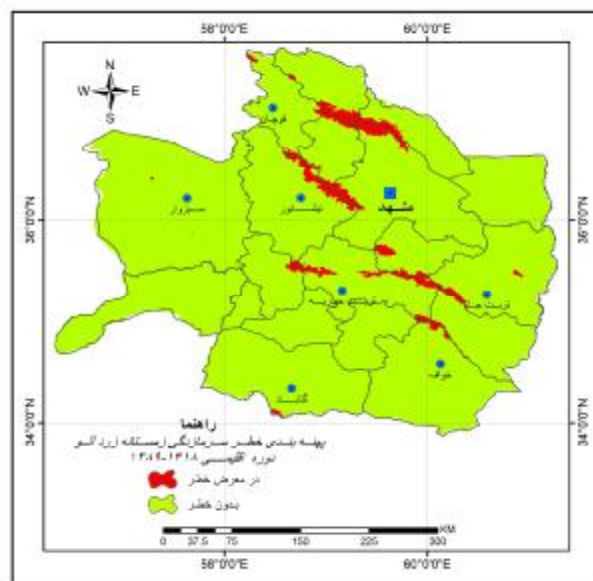
از مطابقت دماهای بحرانی با نقشه وقوع حداقل دمای مطلق سطح منطقه به دو قسمت "در معرض خطر" و "بدون خطر" طبقه بندی شده است. به طور مثال در نقشه 5 مناطقی که حداقل دمای مطلق آنها کمتر از 22- درجه سانتیگراد است پهنه در معرض خطر معرفی شده است همانطور که در این اشکال مشاهده می‌شود، مساحت اندکی از استان که منطبق بر ارتفاعات است



شکل 4- پهنه‌بندی وقوع حداقل دمای مطلق در دوره اقلیمی آینده (1389-1418)



شکل 5- پهنه‌بندی مناطق دارای خطر سرمازدگی شدید زمستانی درختان بادام دوره اقلیمی آینده (1389-1418)



شکل 6- پهنه‌بندی مناطق دارای خطر سرمازدگی شدید زمستانی درختان زرد آلو دوره اقلیمی آینده (1389-1418)

جدول 5- مساحت پهنه های در معرض خط سرمازدگی شدید زمستانی برای دو گونه هسته‌دار بادام وزردآلو

در دوره اقلیمی (1389-1418)

نوع هسته دار	نوع منطقه	مساحت	درصد از مساحت استان
بادام	منطقه بی خطر	107144/8	90
	منطقه خطر	11709/2	10
زردآلو	منطقه بی خطر	115084/2	96/8
	منطقه خطر	3769/8	3/2

بروز ناهنجاری¹ منفی به معنی زودتر حادث شدن دمای مد نظر نسبت به میانگین دوره گذشته است که مسلماً کاهش خطر سرمازدگی را به دنبال دارد و ناهنجاری-های مثبت، به معنی وقوع دمای‌های بحرانی بعد از تاریخ میانگین بلند مدت می‌باشد که می‌تواند باعث بروز سرمازدگی و خسارت به باغات و محصولات کشاورزی شود. لازم به ذکر است بزرگی عددی ناهنجاری، بیانگر میزان شدت آن است. به عنوان مثال، در ایستگاه مشهد تاریخ متوسط آخرین یخبندان سبک در دوره گذشته 8 فروردین (روز 187 ژوئیه‌سی) است،

تغییرات فراوانی وقوع یخبندان‌های دیر رس

به طور نمونه تغییرات فراوانی وقوع دو نوع یخبندان سبک و سنگین در سه ایستگاه مشهد، تربت حیدریه و سبزوار که در داخل استان خراسان رضوی واقع هستند مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل به صورت نمودار در شکل‌های 7 و 8 نشان داده شده است. در این نمودارها میانگین تاریخ وقوع آخرین یخبندان سبک (دمای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد) و سنگین (دمای کمتر از 2- درجه سانتی‌گراد) در دوره گذشته مبنا قرار گرفته است (صفر محور عمودی).

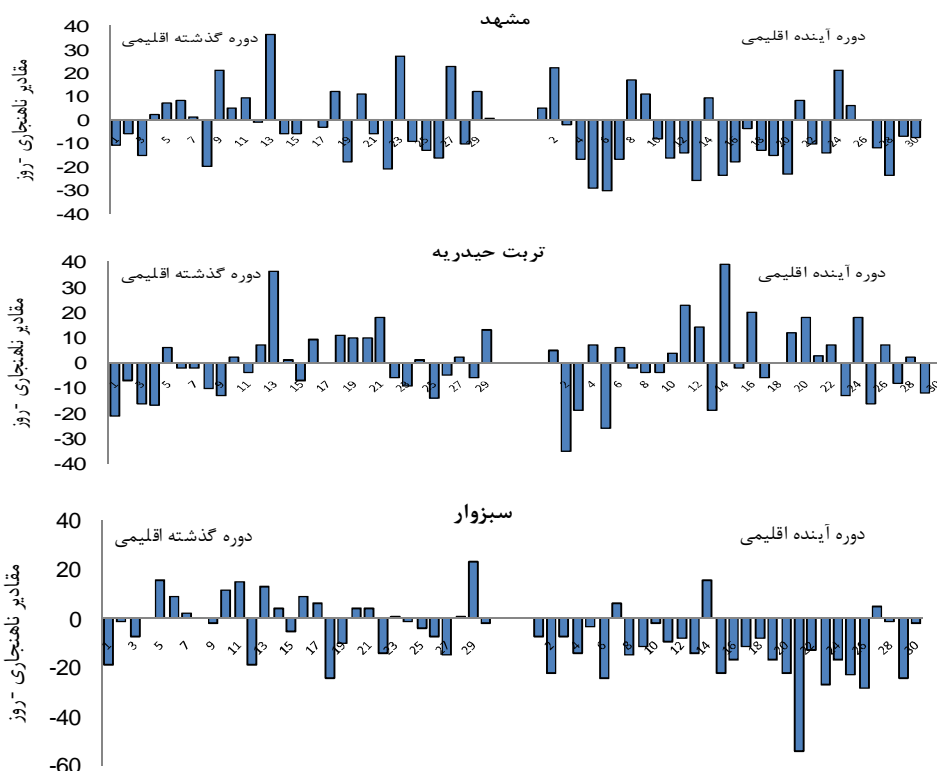
¹Anomaly

سه ایستگاه مشهد، تربت حیدریه و سبزوار نشان می‌دهد. نتایج این جدول حاکی از کاهش خطر وقوع یخبندان سبک و سنگین در همه ایستگاه‌ها می‌باشد (شکل‌های 7 و 8). این کاهش در ایستگاه تربت حیدریه برای یخبندان‌های سبک و سنگین بهاره به ترتیب 50 و 13 درصد و مشهد 27 و 26 درصد، چشمگیر و حائز اهمیت است و نشان‌دهنده، کاهش خطر بروز دماهای بحرانی و وقوع سرمازدگی بهاره در دوره آینده است.

لذا به عنوان مبنا (صفر محور قائم) در نظر گرفته شده است. و تاریخ ژولیوسی وقوع یخبندان دیر رس در هر سال از تاریخ متوسط (187 برای مشهد) کسر شده است که اعداد مثبت نشان دهنده وقوع دیر هنگام تر یخبندان دیررس نسبت به میانگین است که خطر سرمازدگی را در پی دارد و بالعکس. همچنین جداول 6 و 7 به طور خلاصه تعداد فراوانی‌ها و احتمال وقوع ناهنجاری‌های مثبت (نشان‌دهنده خطر سرمازدگی) را در

جدول 6- مقایسه فراوانی و احتمال وقوع یخبندان دیررس سبک بین دو دوره گذشته (1355-1384) و دوره آینده (1389-1418)

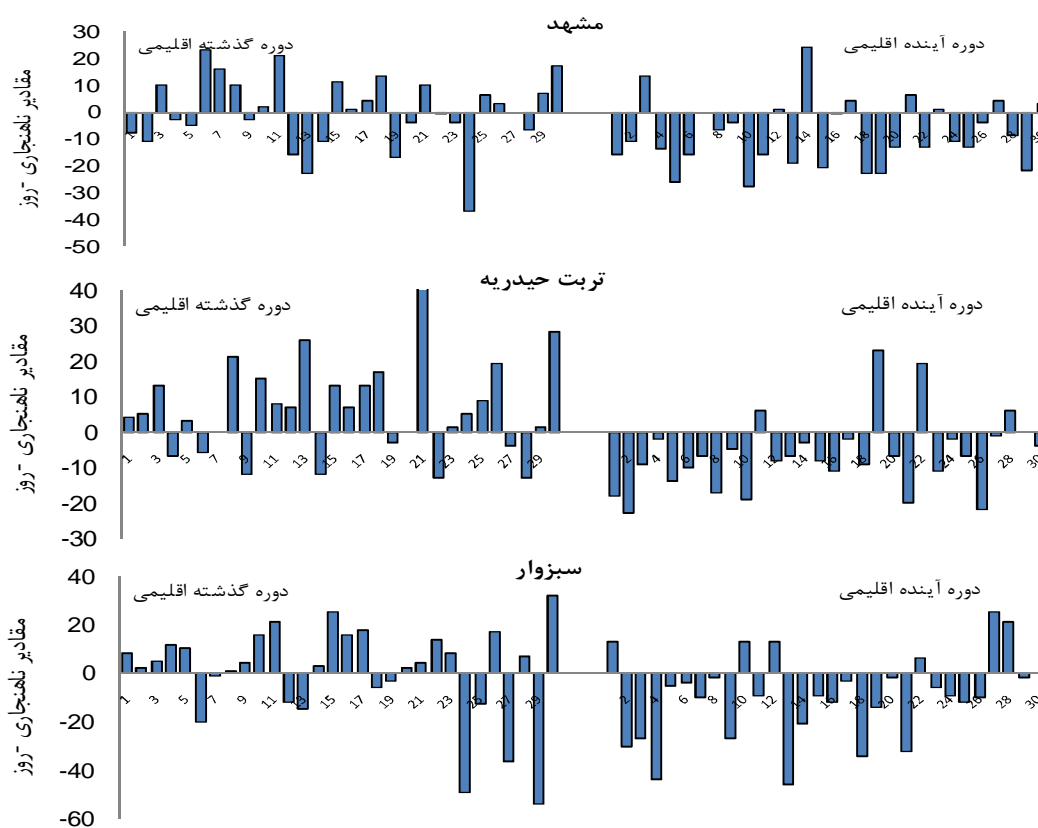
نام ایستگاه	دوره آینده (1389-1418)		دوره گذشته (1355-1384)	
	فراوانی وقوع ناهنجاری مثبت	احتمال وقوع به درصد	فراوانی وقوع ناهنجاری مثبت	احتمال وقوع به درصد
مشهد	13	43%	8	26%
تربت حیدریه	13	43%	15	50%
سبزوار	14	46%	3	10%



شکل 7- مقادیر ناهنجاری در تاریخ وقوع آخرین یخبندان دیر رس سبک برای سه ایستگاه مشهد، تربت حیدریه و سبزوار در دوره گذشته (1355-1384) و آینده اقلیمی (1389-1418)

جدول 7- مقایسه فراوانی و احتمال وقوع یخبندان دیررس سنگین بین دو دوره گذشته (1384-1355) و آینده اقلیمی (1418-1389)

نام ایستگاه	دوره آینده (1389-1418)		دوره گذشته (1355-1384)	
	فراوانی وقوع ناهنجاری مثبت	احتمال وقوع به درصد	فراوانی وقوع ناهنجاری مثبت	احتمال وقوع به درصد
مشهد	15	50%	8	27%
ترت حیدریه	20	67%	4	13%
سبزوار	20	67%	6	20%



شکل 8- مقادیر ناهنجاری در تاریخ وقوع آخرین یخبندان دیر رس سنگین برای سه ایستگاه مشهد، ترت حیدریه و سبزوار در دوره گذشته (1384-1355) و آینده اقلیمی (1418-1389)

آینده و مهمتر از آن تاثیر آن بر محیط که وابسته به بازخورهای مثبت و منفی بی شماری است، کار بسیار پیچیده‌ای است. این تحقیق با مد نظر قرار دادن تغییرات

نتیجه گیری

دستگاه اقلیم یک سیستم فیزیکی- شیمیایی- زیستی پیچیده است، بنابراین پیش بینی رفتار آن در

دوره آینده، خطر سرمازدگی دیر رس درختان بادام و زردآلو در مناطقی وسیعی از استان وجود خواهد داشت. به گونه‌ای که پهنه‌های در معرض خطر یخبندان برای بادام و زردآلو به ترتیب 50/62 و 67/5 درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد. این رقم برای یخبندان سنگین زمستانی به ترتیب برابر 10 و 3/2 درصد از مساحت استان است. در نهایت، نتایج حاکی از آن است که شهرستان تربت حیدریه به عنوان مرکز اصلی تولید بادام در منطقه خطر قرار دارد. همچنین فراوانی وقوع و درصد رخداد یخبندان‌های دیر رس سبک نیز در این شهرستان در آینده افزایش خواهد یافت. طبق تحلیل صورت گرفته شده قسمت عمده استان از جمله شهرستان مشهد، چناران و نیشابور که تولید کنندگان عمده زرد آلو هستند، با خطر سرمازدگی دیر رس مواجه هستند. بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته بر روی دماهای حداقل مطلق دوره آینده، به جز نواحی محدودی که منطبق بر نواحی مرتفع کوهستانی و ارتفاعات می‌باشند، خطر بروز دماهای زیر آستانه تحمل (برای بادام 22- و برای زرد آلو 25- درجه سانتی گراد) و یا وقوع سرمازدگی شدید زمستانی در دوره آینده وجود ندارد و نواحی عمده منطقه از بروز این پدیده مصون خواهند ماند. در مجموع، مقایسه نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج محققین دیگر نظیر اسمیت و همکاران (2010)، دینگ و همکاران (2006) و لورا و همکاران (2010)، کارایی مدل های اقلیمی را در آشکارسازی پیامدهای احتمالی تغییرات اقلیمی از دیدگاه کشاورزی نشان می‌دهد.

سپاسگزاری

نگارندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر حبیبی نوخندان و مسئولان محترم پژوهشکده اقلیم شناسی، ابراز می‌دارند.

یخبندان‌های دیر رس بهاره و شدید زمستانی به عنوان عوامل محدود و کنترل کننده توسعه دو گونه بادام و زردآلو، به ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر این دو گونه هسته‌دار حساس به نوسانات دمایی پرداخته است. نتایج آماری استخراج شده از داده‌های مدل اقلیمی بکار گرفته شده، نشان داد به طور متوسط فراوانی و احتمال وقوع یخبندان‌های دیررس بهاره در دوره اقلیمی آینده کاهش خواهد یافت. طبق نتایج بدست آمده، احتمال وقوع یخبندان سبک در ایستگاه مشهد از 43 درصد به 26 درصد و در سبزوار از 46 درصد به 10 درصد کاهش خواهد یافت. اما بر خلاف ایستگاه مشهد، در تربت حیدریه احتمال وقوع از 43 درصد به 50 درصد افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه شهرستان تربت حیدریه قطب تولید بادام در منطقه محسوب می‌شود، افزایش میزان ریسک سرمازدگی می‌تواند به عنوان یکی از اثرات محدود کننده و منفی تغییرات اقلیمی روی این محصول عنوان شود. همچنین نتایج محاسبات حاکی از کاهش احتمال وقوع یخبندان‌های سنگین بهاره در هر سه ایستگاه مشهد، تربت حیدریه و سبزوار است. این کاهش خطر برای ایستگاه مشهد از 50 به 27 درصد، در سبزوار از 67 به 20 درصد و در نهایت در تربت حیدریه از 67 به 13 درصد محاسبه شده است. به نظر می‌رسد فراوانی وقوع یخبندان‌های دیررس سنگین که باعث سرمازدگی و خسارات بیشتری می‌گردد، کاهش چشمگیری خواهد داشت. همچنین نتایج محاسبات نشان داد در کل سطح استان خراسان رضوی به طور متوسط تاریخ وقوع آخرین یخبندان دیر رس سبک و سنگین به ترتیب 13 و 7 زودتر از میانگین دوره گذشته به اتمام خواهد رسید به عبارتی طول دوره یخبندان کاهش خواهد یافت. یک چنین نتایج مشابهی را که بیانگر کاهش طول دوره یخبندان است، اسماعیلی و همکاران (1389) برای استان خراسان رضوی، ژنگ و همکاران (2005) برای منطقه خاورمیانه، رابینسون (2002) و هینو و همکاران (1999) برای اروپای شمالی و مرکزی و بونسال و همکاران (2001) برای کانادا گزارش دادند. نتایج حاصل از پهنه بندی تاریخ وقوع آخرین یخبندان، نشان می‌دهد علی‌رغم کاهش فراوانی وقوع یخبندان در

منابع مورد استفاده

- اسماعیلی ر، 1386. بررسی یخبندان‌های دیررس بهاره از دیدگاه آماری - سینوپتیکی و اثرات آن بر محصولات باغی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- اسماعیلی ر، حبیبی نوخندان م، فلاح قاله‌ری غ، 1389. ارزیابی تغییرات طول دوره رشد و یخبندان ناشی از تغییرات اقلیمی، مطالعه موردی خراسان رضوی، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره 73. صفحه‌های 69-82.
- امیر قاسمی ت، 1381. سرمازدگی گیاهان (خطر یخبندان-پیش بینی و حفاظت). نشر آیندگان. تهران.
- ایمانی ع، 1376. بررسی تاثیر برخی از صفات بیولوژی و فیزیولوژی بر روی عملکرد ارقام بادام انتخابی. رساله دکتری باغبانی دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
- برزگر ب و سلطانی ا، 1386. اثر تغییر اقلیم بر عملکرد نخود در شرایط دیم شمال غرب ایران. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، تیرماه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- بی‌نام 1384. بررسی مدل مناسب اقلیم برای ایران و منطقه، انتشارات جهاد کشاورزی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.
- بی‌نام، 1386. سالنامه کشاورزی جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.
- جعفری مقدم م، حاجی‌زاده ح، سلطانی ا و زینتلی ا، 1386. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم جهانی بر آب و هوای آینده خراسان. دومین همایش ملی کشاورزی و بوم شناختی ایران. تیرماه. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- رسولزادگان ی، 1370. میوه‌کاری در مناطق معتدله. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- شائمی برزکی ا و حبیبی نوخندان م، 1388. گرمایش جهانی، پیامدهای زیستی اکولوژیکی، چاپ اول، انتشارات ترجمان خرد، مشهد.
- صمدی نقاب س، 1386. پیش‌بینی خشکسالی با روش ریز گردانی خروجی الگوهای GCM. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره 8. صفحه‌های 193-212.
- کوچکی ع، شریفی ح و زند ا، 1377. پیامدهای اکولوژیکی تغییر اقلیم، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی. مشهد.
- مومنی م، 1382. تغییر اقلیم و اثرات آن بر ناپایداری اکولوژیکی ایران. سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم. تهران.

میرمحمدی میبدی ع و ترکش اصفهانی س، 1382. مدیریت تنش های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی، انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان.

نجاتیان م، 1387. زردآلوی ایرانی، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

Anonymus. Climate Change 2007. Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva.

Anonymus.2009. Commission of the European Communications. Annex to the commission staff working document, adapting to climate change: the challenge for European agriculture and rural areas, accompanying document to the White Paper on climate change. Pp 20–50, Commission Staff Working Document.

Bonsal B, Zhang RX, Vincent, LA and Hogg WD, 2001. Characteristics of daily and extreme temperature. Canada J Climatol 14: 1959-1979.

Carroll E, Sparks T, Donnelly A, Cooney T, 2009. Irish phenological observations from the early 20th century reveal a strong response to temperature, Biology and Environment, Pp116-126. Proceedings of the Royal Irish Academy, Vol.109B.

Cayan DR, Kammerdiener S, Designer M, Capiro J and Peterson D, 2001. Change in the onset of spring in the western United Sate. Bull Am Meteor Soc 82: 399-415.

Crepinsek Z, Kajfez-Bogataj L, Bergant K, 2006. Modeling of weather variability effect on phytophenology. Ecological Modelling 194: 256-265.

Ding Yihui1, Ren Guoyu, Zhao Zongci, Xu Ying, Luo Yong, Li Qiaoping and Zhang Jin, 2006. Detection, attribution and projection of climate change over China, an overview of the recent progress. China National Report on Meteorology and Atmospheric Sciences (2003-2006), Report No.12.

Fengmei Yao, Yinglong Xu, Erda Lin, Masayuki Yokozawa, Jiahua Zhang 2007. Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China. Climatic Change 80: 395-409.

Heino R and Coauthors G, 1999. Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe. Climate Change 42: 151-181.

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.

Orlandi F, Ruga L, Romano B and Fprnaciari M, 2005. Olive flowering as an indicator of local climate changes. Theoretical and Applied Climatology 81: 169-176.

Reidsma P, Evert F and Lansink AO, 2007. Analysis of farm performance in Europe under different climatic and management conditions to improve understanding of adaptive capacity. Climate Change 84: 403-422.

- Robenson SM, 2002. Increasing growing season in Illinois during the 20th century. *Climate Change* 52: 219 -238 .
- Sakalauskiene S, Brazaityte A and Sakalauskaite J, 2008. Complex influence of different humidity and temperature regime on PEA photosynthetic indices in VI-VII organogenesis stages. Pp.106. Abstracts of International Scientific Conference, actualities in plant physiology. 12-13 June Lithuanian University of Agriculture, Babtai.
- Semenov AM, Brooks, RJ, Barrow EM and Richardson CW, 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Research* 10: 95-107.
- Smith D, Wvan W, Michael C and John W, 2010. An analysis of climate change impacts on irrigated crop water requirement in the SA MDB region. CRC for irrigation future. Technical report No 15.10. and CSIRO land and water science, report No 05/10.
- Wielgolaski FE, 1999. Starting dates and basic temperatures in phenological observations of plants. *International Journal of Biometeorology* 42:158-168.
- Zhang X, Aguilar E, Sensoy S, Melkonyan H, Tagiyeva U, Ahmed N, Kutaladze N, Rahemzadeh F, Taghipour A, Hantosh T H, Albert P, Semawi M, Karem Ali M, Halal Said Al –Shabibi A, Al –Oulan Z, Taha Zatar I, Dean Khalet Al, Hammond S, Demircan M, Eken M, Adiguzel M, Alexander MT, Peterson C and Walis T, 2005. Trends in Middle East climate extremes indices during 1930-2003. *Journal of Geophysical Research–Atmospheres* (in press).
- Zhou Tianjun, and Yu Rucong, 2006b. 20th century surface air temperature over China and the global simulated by coupled climate models. *Journal of Climate* 19:5843-5858.