تأثیر تغییر اقلیم بر تولید سیب زمینی و ارزیابی راهکارهای سازگاری در شرایط آب و هوایی منطقه فریدونشهر

ظهراب اداوی[۱*]، محمود رضا تدین [۲]و ابوالفضل باغبانی آرانی [۱]

[۱]بخش کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، [۲] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٤/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۰۷/۰٤)

چکیده

به‌منظور بررسی آینده اقلیمی منطقه فریدونشهر اصفهان برای صد سال آینده و اثر آن بر عملکرد غده سیب زمینی، داده‌های اقلیمی روزانه شامل دمای حداقل و حداکثر، بارش و ساعات آفتابی مربوط به این منطقه در طول دوره ۱۳٦۰ تا ۱۳۹۰ جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از مدل LARS-WG داده‌های اقلیمی یک سال نمونه برای فریدونشهر در سه دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰٤۵، ۲۰٤٦ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷٦ تا ۲۱۰۵ میلادی با استفاده از دو مدل HadCM3 و IPCM4 تحت سه سناریو استاندارد A2، B1 و A1B برآورد شد و به‌عنوان ورودی برای مدل SUBSTOR-Potato برای شبیه سازی عملکرد غده سیب زمینی تحت اقلیم آینده و با استفاده از نرم افزار DSSAT انجام شد. به منظور واسنجی و اعتباردهی مدل رشد، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تاریخ کاشت به‌عنوان کرت اصلی در سه سطح (۱۵ اردیبهشت، ۱ و ۱۵ خرداد) و ارقام مختلف سیب زمینی به‌عنوان کرت فرعی در سه سطح (آگریا، سانته و آریندا) بودند. نتایج نشان داد که مدل LARS-WG از پتانسیل قابل قبولی (RMSE<30) در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی منطقه فریدونشهر برخوردار بوده و دقت بیشتری در شبیه‌سازی دمای بیشینه در مقایسه با دمای کمینه و بارندگی دارد. دمای بیشینه و کمینه در کلیه مدل‌های گردش عمومی و سناریوهای مورد بررسی نسبت به شرایط کنونی افزایش و بارندگی نیز کاهش نشان داد. با گذشت زمان اثرات منفی تغییر اقلیم بر عملکرد سیب‌زمینی افزایش نشان داد، به‌طوری‌که به‌ترتیب در مدل‌های HadCM3 و IPCM4 و سناریوهای A2، B1 و A1B کاهش (۳/٦٤، ۹/۸۵ و ۵/٤۱ درصدی) و (۲/۳۳، ۱۲/۷۲ و ٦/۰۸ درصدی) عملکرد غده در سال ۲۰۹۰ نسبت به ۲۰۳۰ مشاهده شد. به‌طور کلی، در آینده شاهد اقلیمی با بارش کمتر و دمای بالاتر نسبت به شرایط کنونی برای منطقه فریدونشهر و در نتیجه کاهش عملکرد سبب‌زمینی در فریدونشهر خواهیم بود. ارزیابی روش‌های سازگاری به شرایط اقلیمی آینده نشان داد که کشت ارقام مقاوم (آریندا) در تاریخ زودتر (۱۵ اردیبهشت) یا دیرتر (۳۰ خرداد) به‌دلیل عدم انطباق گلدهی با حداکثر دما، به‌عنوان بهترین راهکار مدیریت زراعی در منطقه در جهت کاهش اثرات سوء تغییر اقلیم می‌باشد.

کلمات کلیدی: شبیه سازی، عملکرد سیب‌زمینی، LARS-WG ، مدل گردش عمومی HadCM3 و IPCM4

مقدمه

در سال‌های اخیر تغییرات قابل توجهی در دما و بارندگی در بعد جهانی و منطقه‌ای، هم از لحاظ مقدار و هم زمان وقوع به‌عنوان تغییر اقلیم اتفاق افتاده است که به‌تبع آن اثرات

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: . Z_adavi@pnu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

مختلفی بر نهاده‌ها و تولیدات کشاورزی گذاشته است (Wolf *et al*., 2010). علی‌رغم عدم قطعیت‌های موجود در پیش‌بینی‌های مربوط به تغییرات اقلیمی آینده، وقوع این پدیده مورد پذیرش عمومی محققین بوده و پیامدهای ناشی از آن بر تولیدات کشاورزی محرز می‌باشد (کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹). بر اساس آخرین گزارش مجمع بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC)، میانگین درجه حرارت جهان تا ۵۰ سال آینده ۲/۵-۰/٦ درجه سانتی‌گراد و تا پایان قرن حاضر ٦/٤-۱/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و دامنه این افزایش درجه حرارت در مقیاس منطقه‌ای بسیار زیاد خواهد بود (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷). با وجود اینکه تغییراقلیم در برخی از مناطق جهان به ویژه نواحی واقع در عرض‌های شمالی بالاتر از ۵۵ درجه، اثرات مثبتی بر تولیدات کشاورزی به همراه خواهد داشت (Ewert *et al*., 2005) ولی اثرات منفی این تغییرات در مناطق گرم و خشک بسیار شدید خواهد بود (Parrya *et al*., 2004; Gunderson *et al*., 2000)، به‌طوری‌که در کشورهای در حال توسعه، افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی شدیدتر بوده (Sayre *et al*., 1997) و به علاوه فراوانی و شدت وقوع پدیده‌های نادر اقلیمی (خشکسالی، گرما، سرما و سیل) نیز تشدید خواهد شد (IPPC, 2001). نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده است همگی موید بروز این پدیده در کشور بوده‌اند (Moradi *et al*., 2014). البته این تحقیقات عمدتاً بر شاخص‌های اقلیمی تمرکز داشته و اثرات این تغییرات بر تولیدات کشاورزی کمتر مورد توجه قرارگرفته است. در این راستا، کوچکی و نصیری (۱۳۸۷) در پیش بینی عملکرد گندم برای سال ۲۰۵۰ میلادی در ۲۵ ایستگاه کشت گندم در ایران نشان داد که اگرچه غلظت دی اکسیدکربن تأثیر منفی افزایش درجه حرارت را تا حدودی تعدیل می‌کند ولی در شرایط اقلیمی سال هدف عملکرد گندم آبی در مناطق مختلف تولید در محدوده ای بین ١٤ تا ۲۱ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین در ارزیابی روش‌های سازگاری به شرایط اقلیمی آینده نشان داد که تغییر تاریخ کاشت و اصلاح ارقامی از گندم با دامنه مقاومت بالاتر به گرما در مرحله گلدهی تأثیر چشمگیری در بهبود عملکرد خواهند داشت.

اداوی (۱۳۹۳) گزارش کرد که تغییر اقلیم و گرم شدن زمین در منطقه فریدونشهر (کاهش میزان بارندگی و افزایش میانگین دما در صد سال آینده) باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی و کاهش عملکرد غده سیب زمینی شد. کاهش دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر در مورد پدیده تغییر اقلیم در ایران و تأثیر آن بر عملکرد محصولات کشاورزی، مستلزم انجام مطالعات گسترده در مقیاس منطقه‌ای و پیش‌بینی واکنش سیستم‌های تولید کشاورزی هر منطقه به این تغییرات می‌باشد (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷). با این حال در ایران برخی مطالعات در رابطه با تغییر اقلیم در بخش کشاورزی صورت گرفته است (کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹، کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷).

با وجودی که در طی سال‌های اخیر، آزمایش‌های انجام شده در محیط‌های کنترل شده اطلاعات زیادی را در مورد تأثیر افزایش درجه حرارت و یا غلظت دی اکسید کربن بر فرایندهای رشد و نمو گیاهان فراهم کرده است، ولی این نوع مطالعات بسیار پر هزینه بوده و اجرای آن‌ها به ابزارهای دقیق وابسته است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰). توسعه روش‌های مدل‌سازی، جایگزینی مناسب و کم هزینه برای این نوع مطالعات است که در حال حاضر مورد توجه محققین قرار گرفته است. روش‌های مختلفی برای این کار وجود دارد که معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی است. مدل‌های گردش عمومی GCM ابزار مناسب و در عین حال دقیقی برای پیش‌بینی شرایط اقلیمی‌آینده بوده و داده‌های لازم برای اجرای مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو محصولات زراعی تحت شرایط تغییر اقلیم را فراهم می‌سازند (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹).

مجموع سطح زیر کشت سیب زمینی در سال زراعی ۱۳۹۳- ١٣٩٤ در استان اصفهان حدود ١٦٦٠٠ هکتار گزارش شده‌است و تقریباً ٤٦٥ هزار تن از تولید سیب زمینی کشور را شامل می‌شود و منطقه فریدونشهر با سطح زیر کشت بیش از ۲۵۰۰ هکتار و میانگین عملکرد غده ۲۵ تن در هکتار، یکی از مهم‌ترین مناطق مستعد کشت سیب زمینی در کشور و به‌عنوان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

قطب تولید سیب زمینی در اصفهان می‌باشد (اداوی، ۱۳۹۳، آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹٤).

به منظور کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم و ثبات تولید منطقه‌ای، استراتژی‌های افزایش سازگاری به شرایط تغییر اقلیم ضروری به نظر می‌رسد. راهکارهای سازگاری بسته به سیستم کشاورزی، منطقه و سناریوهای تغییر اقلیمی متفاوت می‌باشد از مؤثرترین این سازگاری‌ها، تاریخ کاشت و استفاده از ارقام مقاوم به شرایط گرمتر می‌باشد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۲). عملکرد هر گیاه متأثر از عوامل مختلف محیطی، ژنوتیپ و مدیریت نهاده ها (آبیاری و کود) می‌باشد. یکی از پارامترهای مهم محیطی در هر منطقه تاریخ کاشت است. واضح است که عکس‌العمل ارقام مختلف به تاریخ کاشت یکسان نیست؛ به‌طوری‌که هر رقم می‌تواند پتانسیل تولید بالایی را در تاریخ کاشت مطلوب خود داشته باشد. ترکیب مناسب ژنوتیپ و تاریخ کاشت در گیاهان زراعی یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر کسب عملکرد مطلوب و اقتصادی است. در تاریخ کاشت مناسب، مراحل رویشی و زایشی گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده و موجب افزایش بازدهی فتوسنتز، افزایش انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه‌ها و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود. معمولاً تاریخ کاشت با سایر مدیریت‌های زراعی (انتخاب ارقام مقاوم، مدیریت نهاده ها و غیره) اثر متقابل در کاهش یا تخفیف اثرات منفی تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی نشان می‌دهد (باقری و بلوچی، ۱۳۹۲). بنابراین با توجه به روند تغییرات اقلیمی اخیر و گرم شدن هوا و تأثیر آن بر عملکرد محصولات زراعی (از جمله سیب زمینی)، اگر کشاورزان استراتژی‌های سازگاری مناسب را در نظر نگیرند، بدلیل کوتاه شدن دوره گلدهی و از طرفی طول فصل رشد، سیب زمینی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و گرمایش زمین، ممکن است عملکرد غده آن در این شرایط کاهش یابد. بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی آینده اقلیمی منطقه فریدونشهر اصفهان برای صد سال آینده با استفاده از مدل LARS-WG و بر اساس دو مدل گردش عمومی HadCM3 و IPCM4 تحت سه سناریو استاندارد A2، B1 و A1B و اثر آن بر عملکرد غده سیب زمینی در فریدونشهر و ارزیابی راهکارهای سازگاری (تاریخ کاشت و ژنوتیپ) به شرایط آینده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی برای شهرستان فریدونشهر واقع در استان اصفهان در ۳۲ درجه و ٥٦ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۷ دقیقه عرض شرقی با ارتفاع ۲۵۳۰ متر از سطح دریا انجام شد. اقلیم این ناحیه در طول دوره زمانی ۲۵ ساله (۱۹۸۸-۲۰۱۲) سرد کوهستانی با میانگین دمای حدود ۹/۵ درجه سانتی‌گراد و بارندگی ٦۰۰ میلی‌متر است.

رقم و تاریخ کشت سیب زمینی: سیب زمینی کشت شده از ارقام رایج کشت در منطقه (آگریا) که در تاریخ ۱۳۹۳/۳/۱ (تاریخ کشت رایج منطقه) با تراکم بوته ۵/۳۳ بوته در متر مربع در منطقه فریدونشهر کشت گردید و در تاریخ ۹۳/۷/۱۳ برداشت شد.

به منظور واسنجی و اعتباردهی مدل رشد، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تاریخ کاشت به‌عنوان کرت اصلی در سه سطح (۱۵ اردیبهشت، ۱ و ۱۵ خرداد) و ارقام مختلف سیب زمینی به‌عنوان کرت فرعی در سه سطح (آگریا، سانته و آریندا) بودند. در طول دوره رشد کود اوره (٤٦ درصد نیتروژن) در دو نوبت قبل از کاشت و ۵۰ روز بعد از کاشت به زمین اضافه شد. حجم آب مصرفی برای ارقام آریندا، سانته و آگریا با توجه به طول دوره رشد هر رقم زودرس، میان رس و دیررس به ترتیب حدود ۱۲، ١٤ و ١٦ هزار متر مکعب در هکتار بود. در طول فصل رشد، وجین علف هرز در ۳ نوبت با دست انجام گرفت.

مدل اقلیمی و جمع‌آوری اطلاعات: مجمع بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC) برای بررسی روند انتشار گازهای گلخانه‌ای در شرایط تغییرات اقلیمی‌آینده، سناریوهای استانداردی بر اساس متغیرهای اقتصادی- اجتماعی،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

تکنولوژیکی و انرژی تعریف نموده است (IPPC, 2007). دو مدل گردش عمومی (Hadley Centre Coupled (HadCM3 Model (Mitchell *et al.*, 1995) و (IPCM4)، InstitutePierre Simon Laplace (Stratonovitch and Semenov, 2010) تحت تأثیر سه سناریوی (Special Report on Emissions Scenarios (SRES-B1، SRES-A2 و SRES-A1B برای این تحقیق انتخاب شده است.

برای تهیه پارامترهای اقلیمی به‌صورت روزانه به منظور شبیه‌سازی فصل رشد احتمالی در هر دوره اقلیمی مورد بررسی، از مدل LARS-WG (Long Ashton Research Station-Weather Generator) (Stratonovitch and Semenov, 2010) استفاده شد.

داده‌های اقلیمی روزانه شامل تابش ($Mj\ m^{-2}\ day^{-1}$)، بارندگی (mm) و دمای حداکثر و حداقل (^{o}C) برای ٤ دوره زمانی (۱۳۹۰-۱۳٦۰ (سال مبنا)، ۱٤۱۰، ۱٤٤۰ و ۱٤۷۰) توسط این مدل شبیه‌سازی گردید.

جهت پیش‌بینی شرایط اقلیمی آینده در منطقه فریدونشهر داده‌های اقلیمی روزانه شامل: دمای حداقل و حداکثر، بارش و ساعات آفتابی مربوط به این منطقه در طول دوره ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۲ جمع‌آوری شد. به منظور شبیه‌سازی فصل رشد احتمالی در هر دوره اقلیمی مورد بررسی، از مدل LARS-WG استفاده شده است و سپس خروجی مدل برای سال‌های مشاهده شده (مبنا) با استفاده از رفتار آب و هوای منطقه و سری‌های زمانی تست شد. دقت خروجی‌های مدل LARS-WG با استفاده از آزمون میانگین مربعات ریشه RMSE (Root Means Square Error) برای ایستگاه مورد نظر اعتبار سنجی شد. سپس با استفاده از مدل LARS-WG داده‌های اقلیمی یک سال نمونه برای فریدونشهر در سه دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰٤۵، ۲۰٤٦ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷٦ تا ۲۱۰۵ میلادی با استفاده از دو مدل گردش عمومی HadCM3 و IPCM4 تحت سه سناریو استاندارد A2، B1 و A1B برآورد شده است.

اعتبارسنجی مدل (Validation of Model) گیاهی سیب زمینی مدل SUBSTOR-Potato: با استفاده از داده‌های حاصل از آزمایشی دو ساله که در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در ناحیه فریدونشهر واقع در استان اصفهان به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفته بود، اعتبارسنجی شد. عملیات کاشت، داشت و برداشت در دو سال آزمایش به‌صورت مشابه انجام گرفت. برای واسنجی مدل از داده های سال اول و برای اعتبار سنجی مدل از داده‌های سال دوم آزمایش استفاده شد. ویژگی‌های فیزیولوژیک مورد مطالعه شامل سنجش کلرفیل a، b و کل و کارتنوئید بود. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها از روش آرنون استفاده شده است (Arnon, 1949).

تعیین اعتبار مدل اقلیمی: مقایسه بین مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل LARS-WG و مقادیر مشاهده شده برای پارامترهای اقلیمی شامل تابش خورشیدی، دمای حداقل و حداکثر و بارندگی توسط شاخص جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، بر اساس رابطه زیر انجام شد (Loague and Green, 1991; Nash and Sutcliffe, 1970). در این تحقیق از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، جذر میانگین مربعات انحراف‌ها (RMD)، کارایی مدل (ME)، خط ۱:۱ و رگرسیون خطی برای مقایسه نتایج مدل با واقعیت استفاده شد، که از روابط زیر محاسبه شدند (Loague and Green, 1991; Nash and Sutcliffe, 1970).

$$RMSE = \frac{100}{\bar{O}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$RMD = \frac{100}{\bar{O}} \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i - O_i}{n} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2} \quad \text{معادله (۳)}$$

Pi: مقادیر پیش‌بینی شده، O_i: مقادیر اندازه‌گیری شده، n: تعداد مشاهدات، $\bar{O}$: میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده

هر چقدر مقدار عددی RMSE و RMD به صفر نزدیکتر باشد، نشان دهنده شبیه سازی خوب مدل و خطای کمتر است (Jamieson *et al.*, 1991). در این راستا، کوچکی و نصیری (۱۳۸۷) نشان دادند که شبیه سازی عملکرد گندم توسط مدل استفاده شده به دلیل (RMSE% = 16/8) از دقت مطلوبی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

برخوردار است.

مدیریت تاریخ کاشت و ژنوتیپ به عنوان استراتژی های سازگاری: به منظور تخفیف اثرات منفی تغییر اقلیم بر رشد و نمو گیاه سیب زمینی، انتخاب رقم مقاوم و تغییر در تاریخ کاشت به عنوان راهکارهای سازگاری در نظر گرفته شدند. ارقام مورد کاشت سیب زمینی شامل رقم آگریا (رقم رایج کشت در منطقه)، رقم آریندا (رقم زودرس) و سانته (رقم دیررس) انتخاب شدند. با توجه به اینکه تاریخ کشت رایج در منطقه برای تولید سیب زمینی ۱ خرداد می‌باشد و همانطور که قبلاً اشاره شد، از آنجایی که حساسترین مرحله رشد سیب زمینی به گرما، مرحله گلدهی آن می‌باشد. برای سازگاری سیب زمینی به گرمایش هوا، راهکارهای سازگاری بصورتی در نظر گرفته شد، که این مرحله با حداکثر دمای هوا مواجه نشود. بدین منظور تأثیر دو تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد بر کاهش اثرات تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

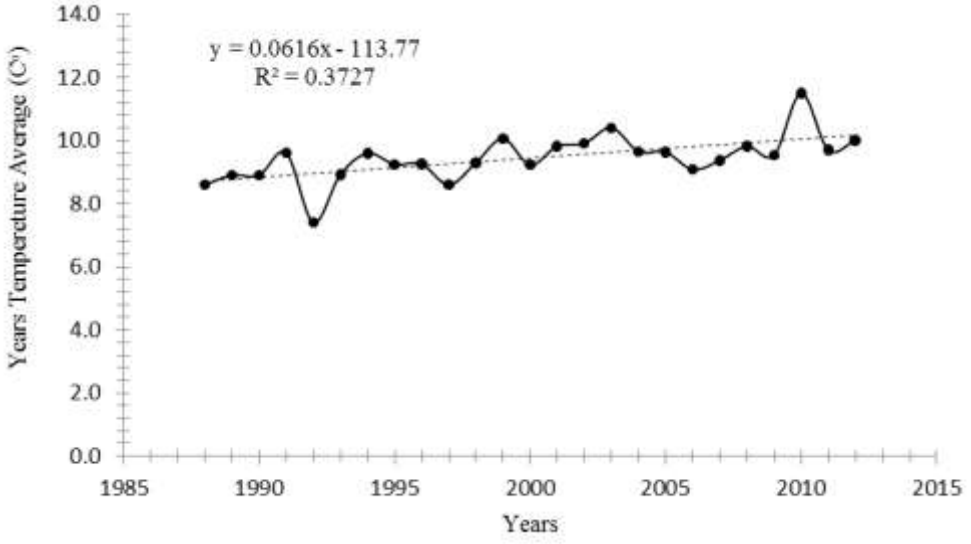
بررسی روند تغییرات دراز مدت میانگین دما برای منطقه فریدونشهر: بررسی روند تغییرات ۲۵ ساله دما (۲۰۱۲-۱۹۸۸) برای منطقه فریدونشهر نشان داد که با گذشت زمان میانگین سالانه دمای این منطقه روند افزایشی داشته است (شکل۱). به‌طوری‌که سالانه حدود ۰/۰۶ درجه سانتی‌گراد به میانگین دمای منطقه افزوده شده است و بالاترین میانگین دمای ثبت شده برای منطقه فریدونشهر در سال ۲۰۱۰ با حدود ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد بود (شکل۱). این نتایج موضوع تغییر اقلیم برای این منطقه را تصدیق می‌کند.

اعتبارسنجی داده‌های حاصل از LARS-WG: نتایج اعتباردهی داده‌های حاصل از LARS-WG نشان داد که LARS-WG دقت بیشتری در شبیه‌سازی دمای بیشینه در مقایسه با دمای کمینه و بارندگی داشت (شکل ۲). بیشینه دمای شبیه‌سازی شده توسط LARS-WG با اختلاف ۱/۴۸٪ ± از داده‌های مشاهده شده برآورد گردید، به‌طوری‌که RMSE به‌دست آمده برای بیشینه دما برابر ۱/۴۸ بود که بیانگر دقت بالای LARS-WG در شبیه‌سازی بیشینه دما می‌باشد (شکل ۲). با توجه به مقدار RMSE محاسبه شده برای بارندگی (۲۷/۸۴٪) و کمینه دما (۱۱/۷٪)، می‌توان بیان کرد که LARS-WG میزان دمای کمینه را با دقت بالاتری در مقایسه با بارندگی شبیه‌سازی می‌کند (شکل ۲)، به‌طوری‌که میزان بارندگی با اختلاف ۲۷/۸۴٪ ± از داده‌های مشاهده شده شبیه‌سازی شد در حالی‌که این اختلاف برای کمینه دما برابر ۱۱/۷٪ ± بود (شکل ۲). با توجه به شکل ۲، مقدار بارندگی در اکثر ماه‌های سال بیشتر از مقدار واقعی پیش‌بینی شد که این امر منجر به پایین بودن دقت LARS-WG در شبیه‌سازی بارندگی گردید. بیشترین میزان بارندگی شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در منطقه فریدونشهر در ماه اسفند و کمترین بارندگی در ماه‌های خرداد و تیر بود. به‌طور کلی، نتایج اعتبارسنجی نشان داد که مدل LARS-WG قابلیت قابل قبولی در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی (بارندگی، دمای بیشینه و کمینه) برای منطقه فریدونشهر دارد و می‌توان از این داده‌های اقلیمی برای شبیه‌سازی فصل رشد احتمالی در شرایط تغییر اقلیم آینده و مطالعات مربوط به تأثیر این عوامل اقلیمی بر عملکرد گیاهان زراعی استفاده کرد.

اثر تغییر اقلیم بر شرایط اقلیمی فریدونشهر در آینده: همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها نیز اشاره شد، میزان بارندگی در دو مدل گردش عمومی HadCM3 و IPCM4 و برای سه سناریوی A1B، B1 و A2 در سه دوره زمانی ۲۰۳۰ (۲۰۴۵-۲۰۱۵)، ۲۰۶۰ (۲۰۷۵-۲۰۴۶) و ۲۰۹۰ (۲۱۰۵-۲۰۷۶) توسط نرم افزار LARS-WG شبیه‌سازی گردید که میزان و روند بارندگی در طول سال در شکل (۳) برای مدل گردش عمومی HadCM3 و شکل (٤) برای مدل گردش عمومی IPCM4 نشان داده شده است. در مدل گردش عمومی HadCM3، در سناریوهای A1B و A2، میزان بارندگی در شرایط اقلیمی آینده کاهش نشان داد، به‌طوری‌که میزان بارندگی سالیانه در طی سال‌های ۲۰۳۰ تا سال ۲۰۹۰ از ٦۳٦ به ۵۲۵ میلی‌متر در سناریوی A1B (کاهش ۱۷ درصدی) و در سناریوی A2 از ٦۱۸ به ٤۷۱ میلی‌متر کاهش خواهد یافت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

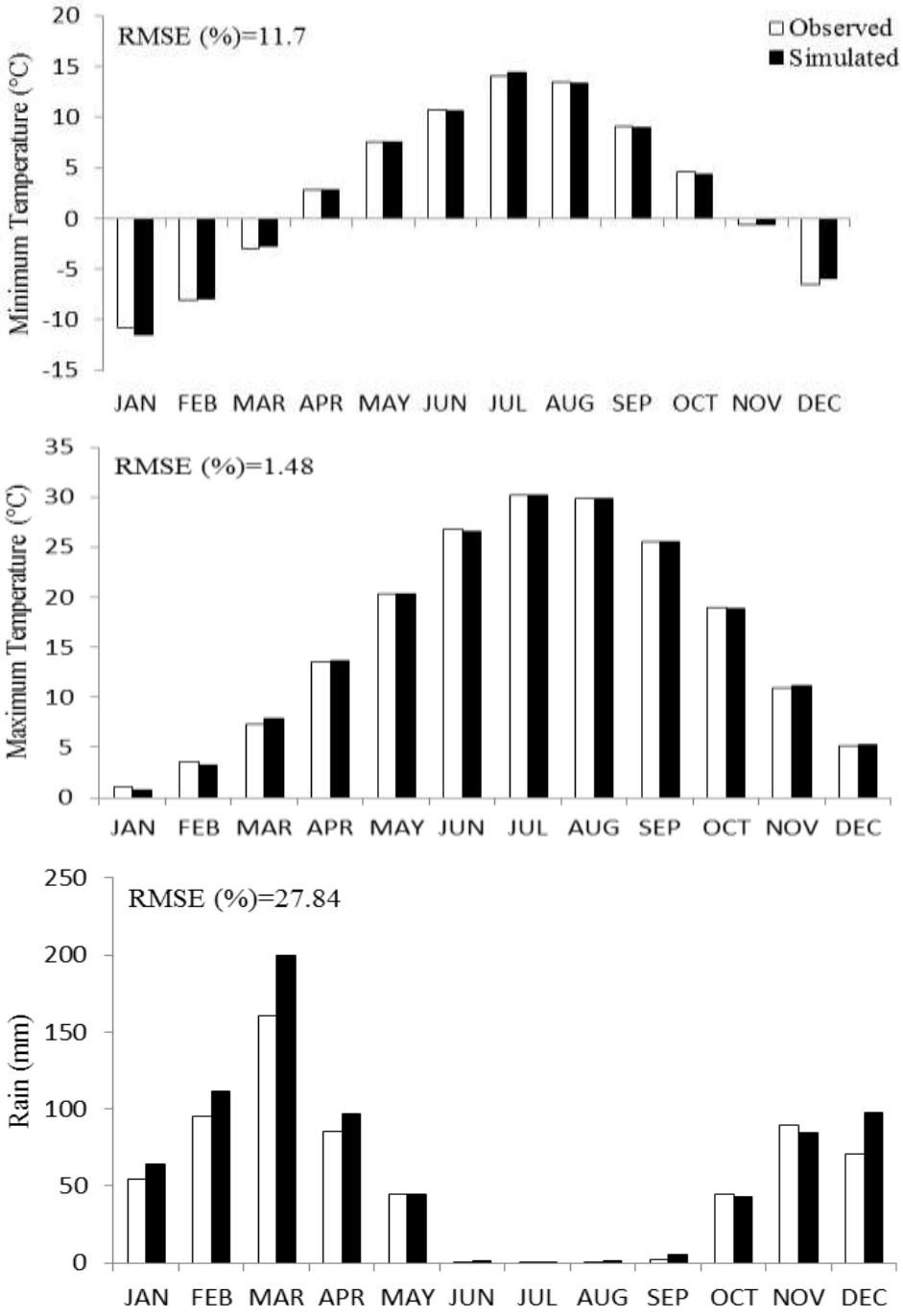


شکل۱- روند تغییرات ۲۵ ساله (۲۰۱۲- ۱۹۸۸) میانگین درجه حرارت سالانه برای منطقه فریدونشهر

(کاهش ٢٤ درصدی). در سناریوی B1 نیز روند کاهشی در میزان بارندگی سالیانه تا سال ۲۰٦۰ مشاهده شد، در صورتی‌که در سال ۲۰۹۰ میزان بارندگی افزایش جزئی نسبت به سال ۲۰٦۰ نشان داد و میزان بارندگی طی سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۹۰، کاهش ۱۳ درصدی را نشان داد (شکل ۳). Rupa Kumar و همکاران (۲۰۰٦) در بررسی روند تغییرات اقلیمی در آینده، در سناریوهای مختلف گزارش کردند که دامنه تغییرات میزان بارندگی نسبت به سال مبنا در شرایط تغییر اقلیم آینده در کشور هند بین ۱۵ تا ٤۰ درصد کاهش خواهد یافت. عباسی و همکاران (۱۳۸۹) نیز افزایش میزان بارندگی در مدل گردش عمومی ECHO-G تحت سناریوی A1 را در شرایط اقلیمی خراسان برای دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از مدل LARS-WG پیش‌بینی کردند. در پژوهش حاضر بیشترین میزان بارندگی سالانه، در مدل گردش عمومی HadCM3، در سناریوی B1 در سال ۲۰۳۰ (٦۸۰ میلی‌متر، افزایش ۵ درصدی نسبت به سال مبنا) و کمترین میزان بارندگی در سناریوی A2 در سال ۲۰۹۰ (٤۷۱ میلی‌متر، کاهش ۲۷ درصدی نسبت به سال مبنا) پیش‌بینی شد (شکل ۳). در بین سال‌های مورد ارزیابی، بیشترین میزان بارندگی سالانه در تمام سناریوها در سال ۲۰۳۰ شبیه‌سازی شد (شکل ۳). با توجه به شکل ۳، به نظر می‌رسد در مدل گردش عمومی HadCM3، الگوی بارندگی به‌ویژه در سناریوی B1 در سال‌های ۲۰٦۰ و ۲۰۹۰ تغییر می‌یابد، به‌طوری‌که میزان بارندگی در اوایل سال میلادی (زمستان) کاهش یافته و در انتهای سال (پاییز) افزایش می‌یابد.

در مدل گردش عمومی IPCM4، میزان بارندگی به‌طور میانگین در سناریوی A1B در مقایسه با سناریوهای A2 و B1 بیشتر بود (شکل ٤). بیشترین میزان بارندگی سالانه در مدل گردش عمومی IPCM4، در سناریوی A2 و در سال ۲۰٦۰ (٦۹۹ میلی‌متر) برآورد گردید و کمترین میزان بارندگی نیز در سناریوی B1 در سال ۲۰۹۰ (٤۹۵ میلی‌متر) شبیه‌سازی شد (شکل ٤). در سناریوی B1 در مدل گردش عمومی IPCM4 توزیع بارندگی در سال‌های ۲۰٦۰ و ۲۰۹۰ نسبت به سال ۲۰۳۰ بهتر بود، به‌طوری‌که در ماه‌هایی‌که در سال ۲۰۳۰ بارندگی وجود نداشت، مقداری بارندگی در این ماه‌ها در سال‌های ۲۰٦۰ و ۲۰۹۰ شبیه‌سازی شد، اما میزان بارندگی آخر سال در سال ۲۰۹۰ نسبت به سال ۲۰۳۰ کاهش اندکی نشان داد، با این وجود؛ میزان بارندگی اول سال (سال میلادی) با توزیع مناسبی در سال ۲۰۹۰ شبیه‌سازی شد (شکل ٤). روند تغییرات بارندگی در سناریوی A2 در مدل گردش عمومی IPCM4 در سال‌های مختلف اختلاف چندانی نشان نداد(شکل ٤). حداکثر میزان بارندگی روزانه نیز در مدل گردش عمومی IPCM4، در سناریوی B1 و در سال ۲۰۳۰ با ۱۰۳

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

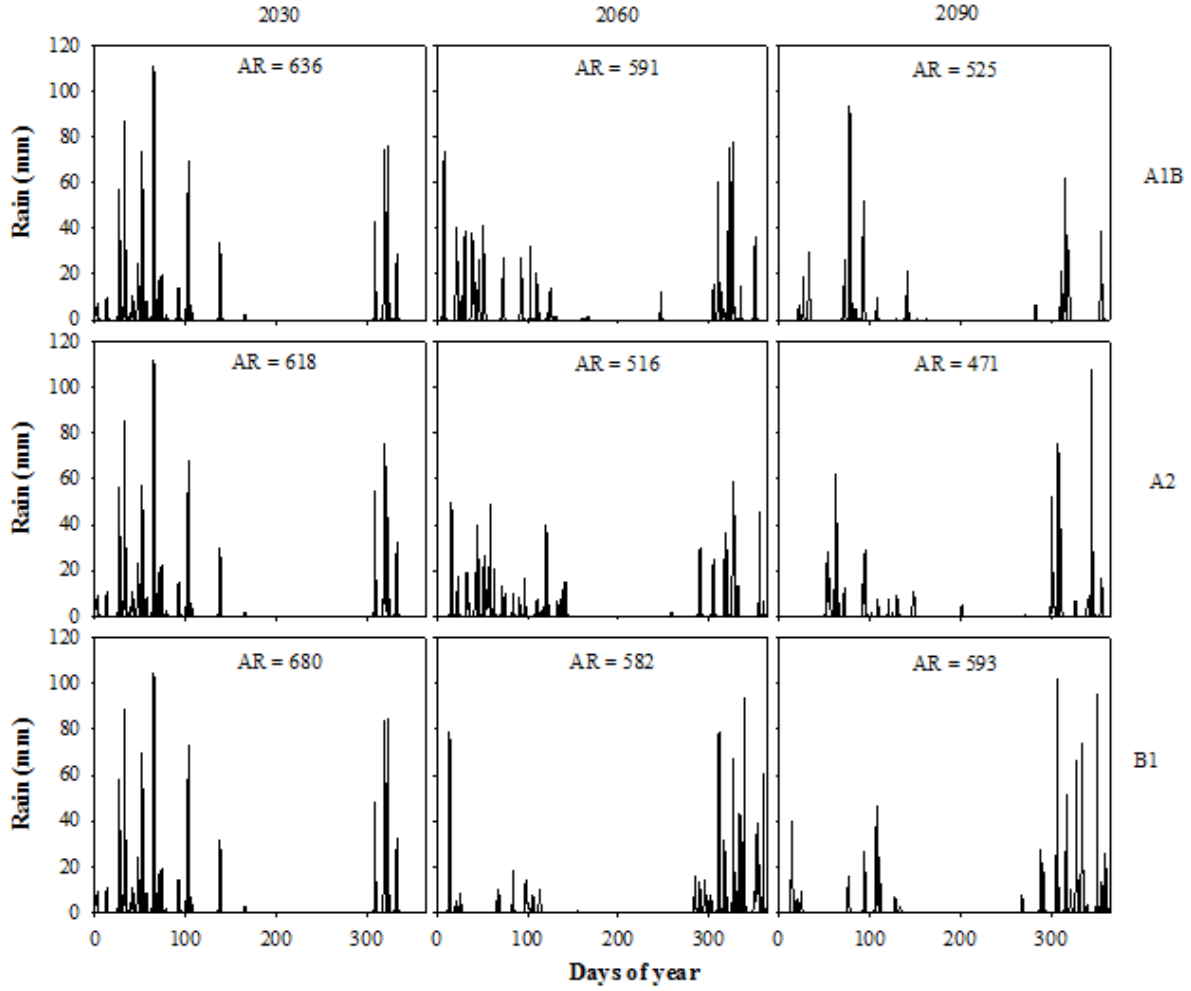


شکل ۲- اختلاف بین داده‌های اقلیمی (دمای بیشینه و کمینه و بارندگی) مشاهده شده و پیش‌بینی شده توسط مدل LARS-WG و تعیین اعتبار داده‌های اقلیمی با استفاده از RMSE.

میلی‌متر بارندگی بود (شکل ٤).

روند تغییرات دمای بیشینه در هر سه سناریوی A1B، B1 و A2 در مدل گردش عمومی HadCM3، با گذشت زمان از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۹۰ افزایش نشان داد (شکل ۵). بیشترین دمای بیشینه در مدل گردش عمومی HadCM3، در اکثر سال‌های مورد ارزیابی مربوط به سناریوی A2 می‌باشد، به‌طوری‌که در سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰٦۰ و ۲۰۹۰ به‌ترتیب دمای بیشینه در این سناریو برابر ۳۳/۳، ۳۵/۵ و ۳۹/۹ درجه سانتی‌گراد خواهد بود۲۰۹۰ که به‌ترتیب نسبت به سال مبنا تغییر ۰/٦-، ٦+ و ۱۹+ درصدی را خواهد داشت (شکل ۵). در مدل گردش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

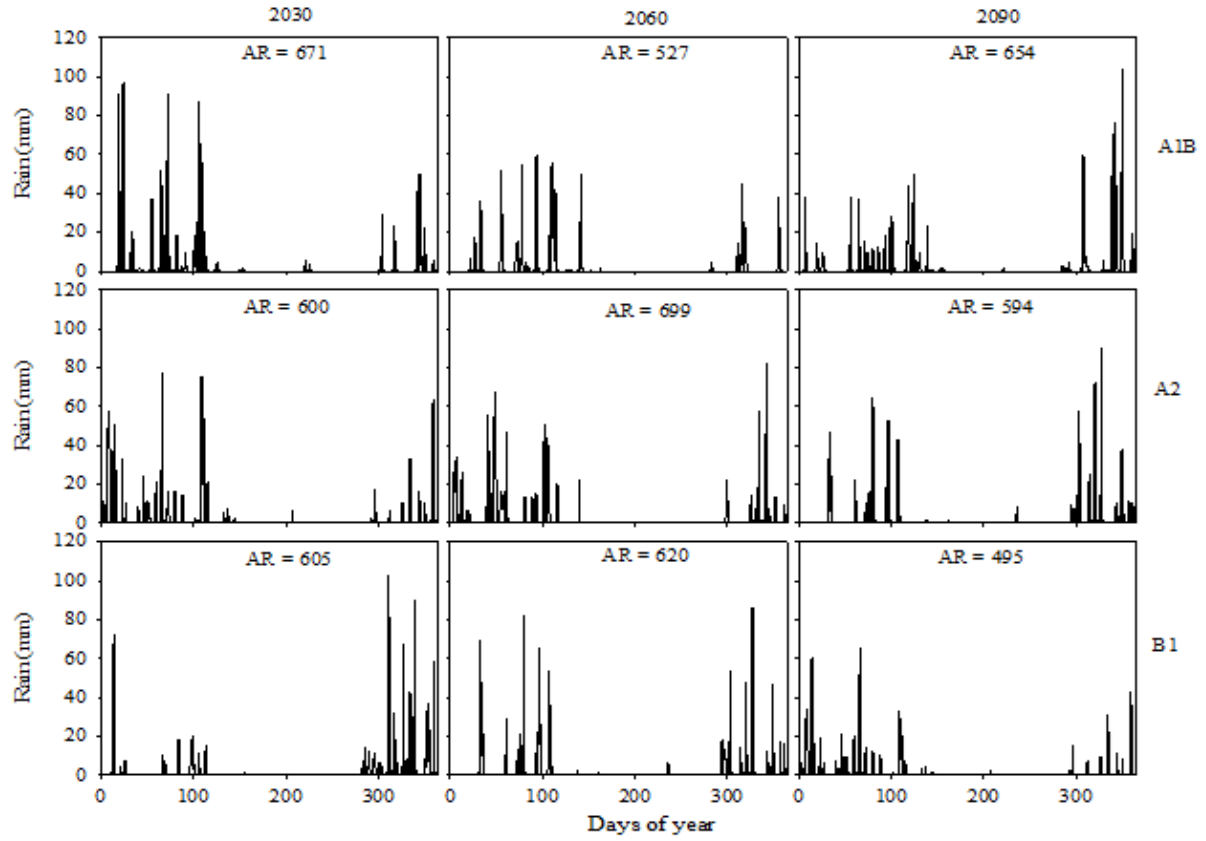


شکل ۳- روند و میزان بارندگی سالانه (AR) در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم برای سه دوره زمانی ۲۰۳۰، ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰در مدل گردش عمومی HadCM3.

عمومی HadCM3، با گذشت زمان، بیشترین دمای بیشینه در سناریوی B1 نسبت به سایر سناریوها کمتر بود، به‌طوری‌که در سال به ۳۷/۵ درجه سانتی‌گراد رسید که نسبت به سناریوی A1B و A2 به ترتیب ۳ و ٦ درصد کاهش نشان داد (شکل ۵). بنابراین، به نظر می‌رسد سناریوی B1 نسبت به دو سناریوی A1B و A2، افزایش گرمای کمتری در شرایط تغییر اقلیم آینده داشته باشد که با پیش‌بینی‌های انجام گرفته توسط Rupa Kumar و همکاران (۲۰۰٦) مطابقت دارد (شکل ۵). افزایش دما به میزان ۳ تا ٦ درجه سانتی‌گراد در سناریوهای مختلف در شرایط تغییر اقلیم آینده توسط Rupa Kumar و همکاران (۲۰۰٦) پیش‌بینی شد، همچنین آن‌ها گزارش کردند که این افزایش دما، در سناریوی مربوط به B2 کمتر از سناریوی A2 می‌باشد و بیان کردند که سناریوهای گروه B افزایش دمای کمتری را در شرایط تغییر اقلیم در آینده خواهند داشت. بنا به گزارشات مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC)، در سناریوهای گروه B فرض بر این است که در آینده رشد سریعی در بخش اقتصادی و تکنولوژی انجام گرفته و افزایش گازهای گلخانه‌ای تغییر چندانی نخواهد داشت و بنابراین افزایش دما در این سناریو نسبت به سایر سناریوها کمتر خواهد بود (IPPC, 2007; Wetterhall *et al.*, 2009).

بیشترین افزایش دمای بیشینه در مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سناریوی A2 در مقایسه با دیگر سناریوها نیز توسط Holden و همکاران (۲۰۰۳) پیش‌بینی شده‌است. روند تغییرات دمای بیشینه در مدل گردش عمومی IPCM4، تقریباً

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]



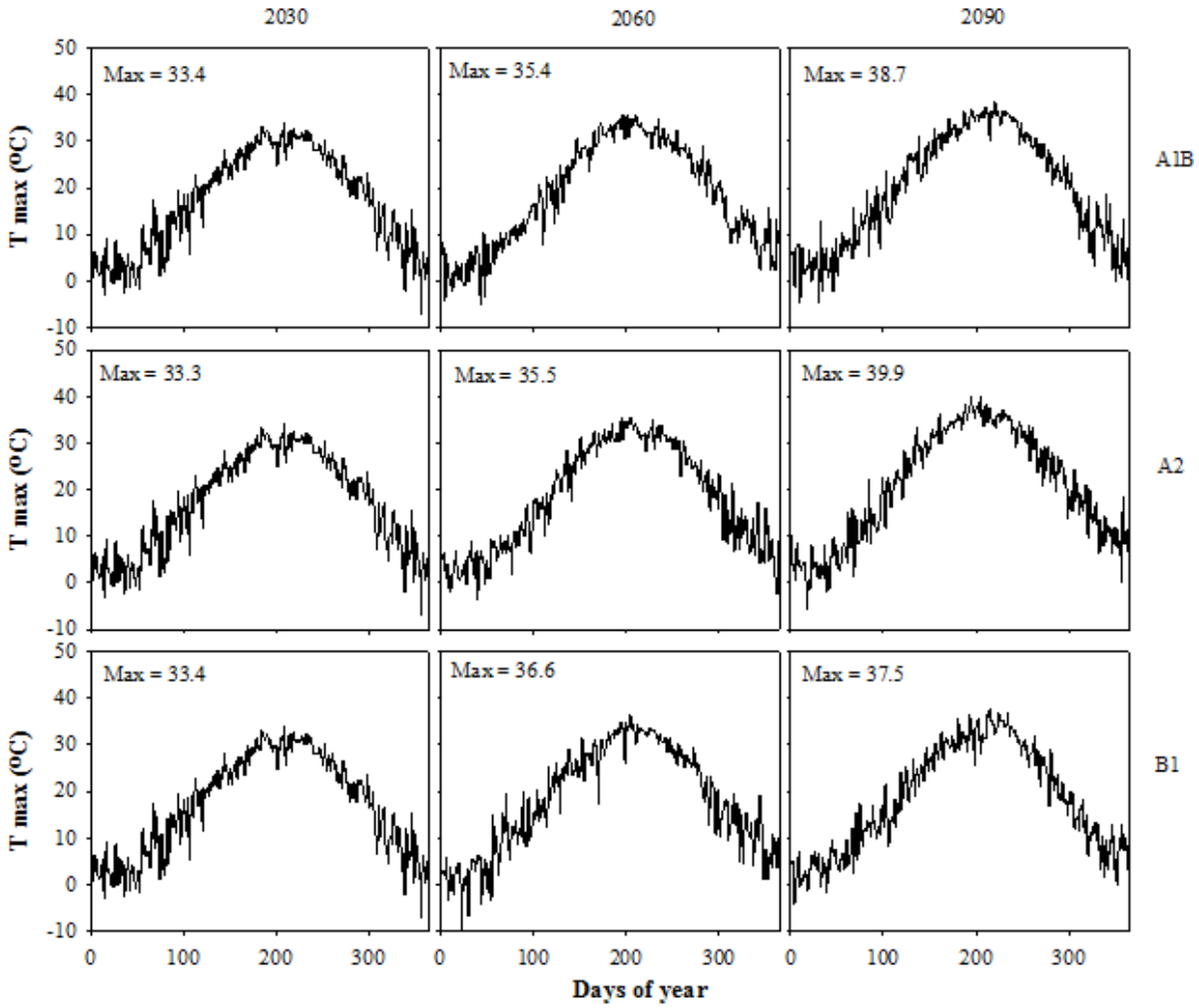
شکل ٤- روند و میزان بارندگی سالانه (AR) در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم برای سه دوره زمانی ۲۰۳۰، ۲۰٦۰ و ۲۰۹۰ در مدل گردش عمومی IPCM4.

مشابه با مدل گردش عمومی HadCM3 بود (شکل‌های ۵ و ٦). در مدل گردش عمومی IPCM4، کمترین دمای بیشینه در تمام سناریوهای مورد بررسی، در سال ۲۰۳۰ و بیشترین دمای بیشینه در سال ۲۰۹۰پیش‌بینی شد (شکل ٦). به‌عبارت دیگر نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با گذشت زمان، دمای بیشینه در هر سه سناریو افزایش می‌یابد که حاکی از افزایش دمای منطقه در سال‌های آینده خواهد بود.

عباسی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی روند تغییرات اقلیمی در شرایط آب و هوایی خراسان با استفاده از مدل آماری LARS-WG در مدل گردش عمومی ECHO-G تحت سناریوی A1 گزارش کردند که میانگین دما در دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ در اغلب ماه‌های سال افزایش خواهد یافت.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در مدل گردش عمومی IPCM4 نیز در اکثر سال‌ها بیشترین و کمترین دمای بیشینه، به‌ترتیب در سناریوی B1 و A2 اتفاق خواهد افتاد، به‌طوری‌که بیشترین دمای بیشینه، در سناریوی A2 در سال ۲۰۹۰ با دمایی معادل ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد (شکل ٦). لازم به ذکر است که در مدل گردش عمومی IPCM4 اختلاف زیادی بین دو سناریوی A2 و A1B وجود نداشت ولی با این وجود، به‌طور میانگین دمای بیشینه در سناریوی A2 بیشتر بود. به‌طور میانگین دمای بیشینه در اغلب سناریوها و زمان‌های پیش‌بینی شده، در مدل گردش عمومی HadCM3 نسبت به مدل IPCM4 بیشتر بود. اختلاف در پیش‌بینی‌های اقلیمی با انواع مختلف مدل‌های گردش عمومی (GCM) که ناشی از فرضیات به‌کار گرفته شده در مدل‌های گردش عمومی می‌باشد، توسط بسیاری از پژوهش‌گران گزارش شده و به همین دلیل استفاده بیشتر از یک مدل گردش عمومی روشی رایج در مطالعات تغییر اقلیم است (Rosenzweig and Tubiello, 2007).

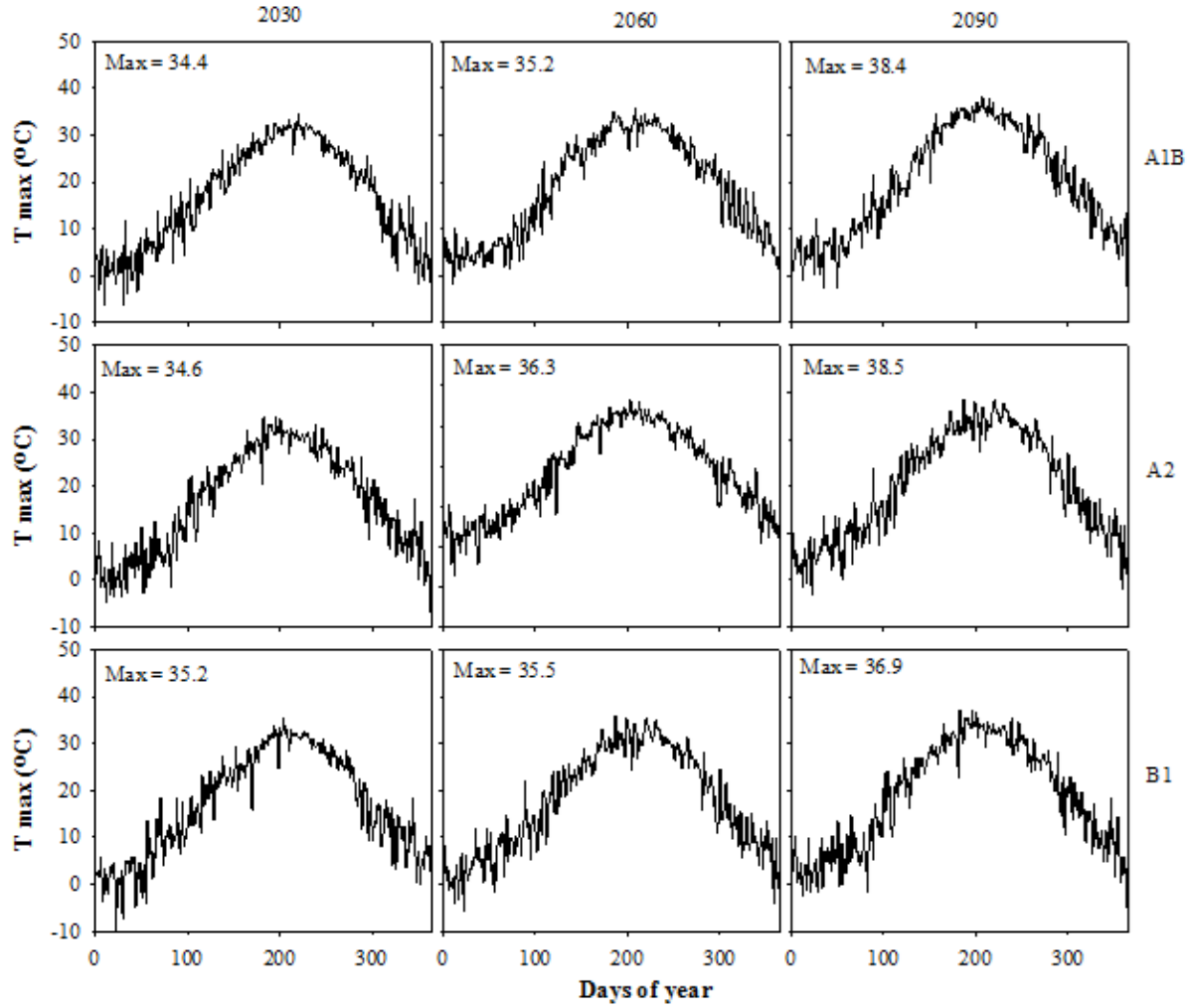
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]



شکل ۵- روند تغییرات دمای بیشینه در طول سال و بیشترین دمای بیشینه پیش‌بینی شده (max) (°C) در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم برای سه دوره زمانی ۲۰۳۰، ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ در مدل گردش عمومی HadCM3.

دمای کمینه: با گذشت زمان، در تمام سناریوها در مدل گردش عمومی HadCM3، دمای کمینه کاهش یافت، به‌طوری‌که در سناریوهای A1B و B1 در سال ۲۰۳۰ بیشترین دمای کمینه با ۲۲/۷ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی شد (شکل ۷). سناریوی B1 نسبت به سناریوهای A1B و A2 دارای دمای کمینه بالاتری در سال ۲۰۶۰ بود (به‌ترتیب افزایش ۹/۸ و ٤/۸ درصدی) و در سال ۲۰۹۰ نیز سناریوی A2 از دمای کمینه بالایی برخوردار بود، به‌طوری‌که نسبت به سناریوهای A1B و B1 به‌ترتیب افزایش ۱۳ و ٦ درصدی در دمای کمینه را باعث شد (شکل ۷). در بین سناریوهای مختلف در مدل گردش عمومی HadCM3، سناریوی A1B کمترین دمای کمینه را داشت، به‌طوری‌که دمای کمینه در این سناریو، ۲٦/۳- درجه سانتی‌گراد نشان داده شد (شکل ۷). افزایش دمای کمینه در شرایط اقلیمی آینده، امکان افزایش تولید برخی گیاهان را در آن زمان امکان‌پذیر خواهد ساخت، در این راستا Chen و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که در کشور چین، میانگین حداقل دما به میزان ۰/٤۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره ۳۰ ساله قبل از سال ۲۰۰۵ افزایش یافته‌است که این افزایش، تأثیر به‌سزایی بر تولید ذرت داشته‌است. بنابراین، با توجه به نتایج حاضر به نظر می‌سد کاهش دمای کمینه (منفی‌تر شدن) در منطقه فریدونشهر تحت مدل گردش عمومی HadCM3 به‌ویژه در سناریوی A1B، شرایط تولید برای گیاهان حساس به سرما

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

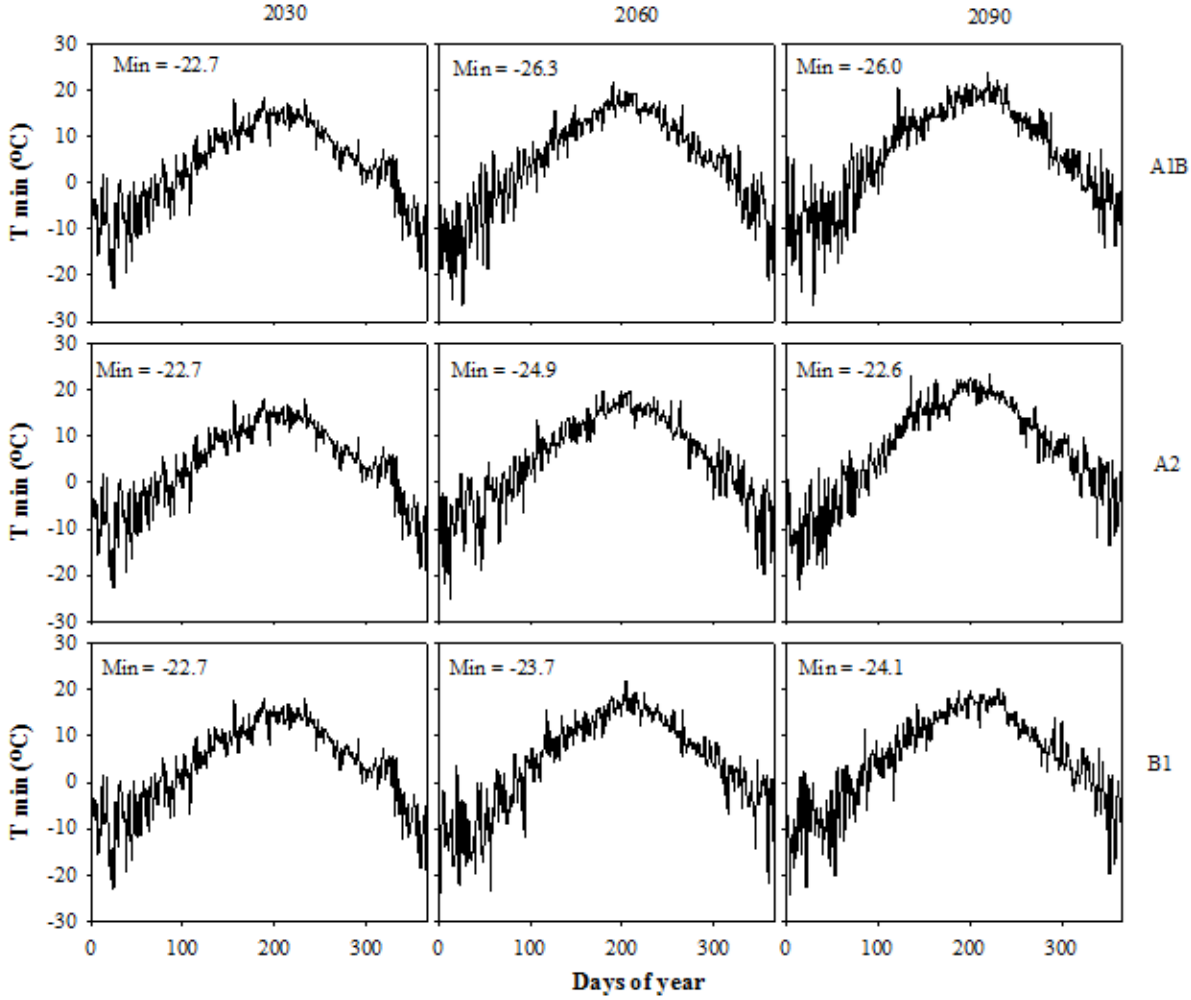


شکل ٦- روند تغییرات دمای بیشینه در طول سال و بیشترین دمای بیشینه پیش‌بینی شده (max) (°C) در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم برای سه دوره زمانی ۲۰۳۰، ۲۰٦۰ و ۲۰۹۰ در مدل گردش عمومی IPCM4.

را در آینده با مخاطراتی مواجه خواهد کرد.

در مدل گردش عمومی IPCM4، کمترین دمای کمینه در سناریوهای A2 در سال ۲۰٦۰ (۲۷/۵- درجه سانتی‌گراد) پیش‌بینی شد، درحالی‌که بیشترین دمای کمینه درسناریوی A1B در سال ۲۰۹۰ (۱۸/۹- درجه سانتی‌گراد) پیش‌بینی شد که به ترتیب نسبت به سال مبنا کاهش ۱۲/۷ و افزایش ۲۲/۵ درصدی در دمای کمینه را نشان دادند (شکل ۸). نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در مدل گردش عمومی IPCM4، تقریباً در اکثر موارد، دمای کمینه افزایش می‌یابد (مثبت‌تر شدن) در صورتی‌که در مدل گردش عمومی HadCM3 دمای کمینه کاهش (منفی‌تر شدن) نشان داد، بنابراین شبیه‌سازی دمای کمینه با توجه به نوع مدل گردش عمومی نتایج متفاوتی را به‌دنبال داشت که می‌تواند بر نحوه تصمیم‌گیری‌های مدیریتی تأثیرگزار باشد. در مدل گردش عمومی IPCM4 به‌ویژه در سناریوی A1B، با توجه به افزایش دمای کمینه (مثبت‌تر شدن)، انتظار می‌رود شرایط برای رشد گیاهان به‌ویژه گیاهان حساس به سرما در سال‌های آینده بهبود یابد (شکل ۸). افزایش درجه حرارت، به‌عنوان اصلی‌ترین پیامد تغییر اقلیم، پدیده‌ای مهم در تمامی مناطق جهان است. البته شدت تغییرات درجه حرارت و توزیع فصلی آن و در نتیجه اثرات آن بر رشد و نمو گیاهان زراعی در مقیاس جهانی بسیار متنوع می‌باشد (Challinor and Wheeler, 2008 ، کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

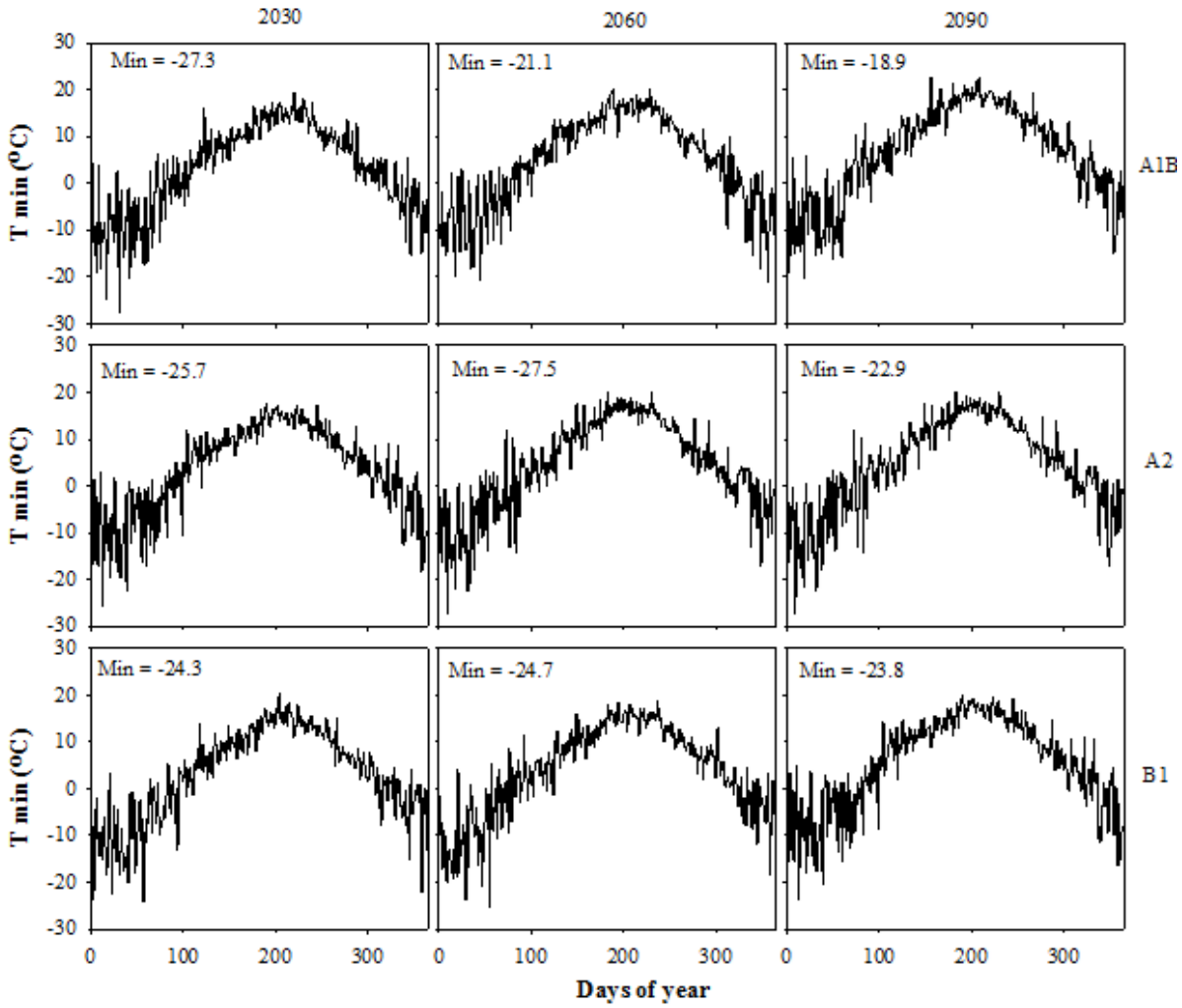


شکل ۷- روند تغییرات دمای کمینه در طول سال و کمترین دمای کمینه پیش‌بینی شده (min) در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم برای سه دوره زمانی ۲۰۳۰، ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ در مدل گردش عمومی HadCM3.

افزایش درجه حرارت در اثر تغییرات آینده اقلیمی در برخی نقاط جهان پیش‌بینی شده است و نتایج اجرای مدل‌های گردش عمومی بسته به نوع سناریوی تعریف شده در مدل‌ها، نتایج مختلفی را ارائه داده‌اند. بر اساس این پیش‌بینی‌ها میانگین افزایش درجه حرارت در مقیاس جهانی برای سال ۲۰۵۰ میلادی درسناریوهای مختلف تغییر اقلیم از ۳/۵ تا ۵/۰ درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد به‌علاوه، شدت تغییر درجه حرارت در مناطق مختلف تفاوت‌های چشمگیری را نشان می‌دهد (IPPC, 2007). وقوع تغییر در درجه حرارت ماهانه، بر بسیاری از شاخص‌های اگروکلیماتیک که وابسته به دما می‌باشند مؤثر خواهد بود که شامل درجه روزهای رشد برای بروز مراحل رشدی و نموی، سرعت تبخیر و تعرق و بروز مراحل فنولوژیک و سرعت و نوع فرایندهای فیزیولوژیک می‌باشد و در نتیجه الگوهای رشد و نمو گیاهان زراعی را تغییر خواهد داد.

عملکرد غده سیب‌زمینی: نتایج شبیه‌سازی عملکرد غده سیب‌زمینی رقم آگریا نشان داد که به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد غده در هر دو مدل گردش عمومی HadCM3 و IPCM4 تحت سناریوی B1 در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۹۰ به‌دست آمد ولی مدل HadCM3 عملکرد غده بالاتری را شبیه‌سازی نموده‌است. به‌ترتیب در هر دو مدل گردش عمومی در تمام سناریوها بیشترین و کمترین عملکرد غده سیب زمینی در سال ۲۰۳۰ و ۲۰۹۰ مشاهده شد (جدول ۱). اثرات منفی تغییر اقلیم (افزایش درجه حرارت) بر عملکرد غده سیب‌زمینی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]



شکل ۸- روند تغییرات دمای کمینه در طول سال و کمترین دمای کمینه پیش‌بینی شده (min) در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم برای سه دوره زمانی ۲۰۳۰، ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ در مدل گردش عمومی IPCM4.

با گذشت زمان افزایش نشان داد، به‌طوری‌که کمترین عملکرد غده برای تمام ارقام در دوره منتهی به سال ۲۰۹۰ برای کلیه سناریوها و مدل‌های گردش عمومی شبیه‌سازی شد (جدول ۱). در هر دو مدل، در تمام سناریوها، با گذشت زمان در آینده، میزان عملکرد غده کاهش خواهد یافت. در هر دو مدل بین سناریوهای مختلف و سال‌های مختلف، سناریوی B1 از بیشترین عملکرد غده و سناریوی A2 نیز کمترین میزان عملکرد غده سیب‌زمینی را به خود اختصاص داد. سناریوی A1B نیز از لحاظ عملکرد غده حدواسط دو سناریوی B1 و A2 است، به‌نحوی‌که میزان عملکرد غده در این سناریو در زمان مشابه کمتر از سناریوی B1 بود و از میزان عملکرد غده بیشتری در مقایسه با سناریوی A2 برخوردار می‌باشد (جدول ۱). کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی نسبت به شرایط کنونی (دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۸۸) در سناریوی A2 بیشتر از دو سناریوی B1 و A1B بود که دلیل این امر بالاتر بودن میانگین دمای هوا در سناریوی A2 نسبت به دو سناریوی دیگر و همچنین میانگین دمای بالا در سناریوی A1B نسبت به سناریوی B1 بود (شکل‌های ۵ و ٦). این موضوع با گزارش‌های مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC, 2007) مبنی بر افزایش میانگین دمای هوا تا سال ۲۱۰۰ میلادی در سناریوی A2 (٥/٤-۲ درجه سانتی‌گراد)، در سناریوی A1B (٤/٤-۱/۷ درجه سانتی‌گراد) و B1 (۲/۹-۱/۱ درجه سانتی‌گراد) مطابقت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

جدول ۱- عملکرد غده سیب‌زمینی در شرایط تغییر اقلیم آینده تحت سناریوهای مختلف در دو مدل HadCM3 و IPCM4

مدل گردش عمومی (GCM)	سناریو	سال	عملکرد غده (تن در هکتار)
HadCM3	A1B	۲۰۳۰	۲٤/۱۸
		۲۰٦۰	۲۳/٤٤
		۲۰۹۰	۲۳/۲۳
	A2	۲۰۳۰	۲۳/٤٤
		۲۰٦۰	۲۲/۵۲
		۲۰۹۰	۲۱/۱۳
	B1	۲۰۳۰	۲۵/۸۸
		۲۰٦۰	۲۵/۳۲
		۲۰۹۰	۲٤/٤۸
IPCM4	A1B	۲۰۳۰	۲۳/٦۱
		۲۰٦۰	۲۳/۳٤
		۲۰۹۰	۲۳/۰٦
	A2	۲۰۳۰	۲۳/۱۹
		۲۰٦۰	۲۲/۰۹
		۲۰۹۰	۲۰/۲٤
	B1	۲۰۳۰	۲۵/٤۸
		۲۰٦۰	۲٤/۷۷
		۲۰۹۰	۲۳/۹۳

اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر صفات فیزیولوژیک (میزان کلروفیل کل،کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید برگ)

داشت. کوتاه شدن دوره رشد گیاه به علت گرم شدن هوا، سبب می‌شود زمان کمتری برای پرشدن اندام اقتصادی گیاه مهیا شده و این عامل منجر به کاهش عملکرد گیاهان در مقایسه با زمان کنونی گردد (اداوی، ۱۳۹۳، Abraha and Savage, 2006).

Meza و همکاران (۲۰۰۸) نیز در شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی در کشور شیلی اظهار داشتند که تغییر اقلیم گیاهان را مجبور می‌کند تا در زمان کوتاهتری دوره رشد خود را کامل کرده و این موضوع باعث کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد گیاهان نسبت به شرایط کنونی می‌شود. با این وجود گزارشاتی نیز در زمینه افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی در شرایط اقلیمی آینده در سایر کشورها ارائه شده‌است Wolf and Van-Oijen, (Meza *et al*., 2008 ; 2003).

Wolf و Van-Oijen (۲۰۰۳) افزایش عملکرد غده در گیاه سیب‌زمینی را برای سال ۲۰۵۰ در بیشتر مناطق اروپا شبیه‌سازی نمودند. Lashkari و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی اثرات تغییر اقلیم گزارش کردند که سناریوی A2 دارای بیشترین تأثیر منفی بر عملکرد گیاهان بوده و سناریوی B1 کمترین اثر سوء بر عملکرد را دارا می‌باشد. ایشان همچنین کاهش عملکرد با گذشت زمان را در شرایط تغییر اقلیم آینده گزارش کردند که با نتایج به‌دست آمده در این مطالعه مطابقت داشت.

در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، مشخص گردید که پدیده تغییر اقلیم با ایجاد تنش‌های محیطی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

از جمله دمای بالا و خشکی در مراحلی از رشد گیاه، تأثیر منفی بر عملکرد غده سیب‌زمینی در منطقه فریدونشهر خواهد داشت. که این تنش‌های محیطی منجر به تغییر ریخت ظاهری و فیزیولوژی و کاهش رشد و نمو گیاهان از طریق اثرات مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد دستگاه فتوسنتز کننده گیاهان از جمله سیب زمینی می‌شود. پاسخ‌های ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی گیاهان پایهٔ شناسایی تأثیر تنش بر عملکرد نهایی آنها است (سماعی و همکاران، ۱۳۹۵).

محتوای کلروفیل یکی از عوامل کلیدی در تعیین شدت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (Ghosh *et al*., 2004). در گیاهان تحت شرایط تنش، کاهش معنی‌داری در محتوای کل کلروفیل، کلروفیل a و b مشاهده می‌شود (Ranjbar Fordoei and Dehghani Bidgholi, 2016). مطالعات نشان می‌دهد که محتوی کلروفیل با افزایش تنش‌های محیطی به‌علت تخریب آنزیمی کاهش می‌یابد (Xu and Zhou, 2005). در شرایط تنش به واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، افزایش ترکیبات فنلی و کاهش جذب نیتروژن از غلظت کلروفیل برگ، کاسته می‌شود (Tambussi *et al*., 2000).

جهت کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم و سازگاری با این شرایط، روش‌های به‌زراعی مختلفی مطرح می‌باشد که تغییر تاریخ کاشت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت زراعی در سازگاری به شرایط تغییر اقلیم در آینده مطرح است (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷). در مطالعات مختلف تغییر اقلیم، تغییر تاریخ کاشت به‌عنوان ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین راهکار سازگاری مورد تأکید قرار گرفته‌است (Moradi *et al*., 2014; Smit *et al*., 2000). یکی دیگر از راهکارهای مقابله با اثرات سوء تغییر اقلیم در آینده، استفاده از ارقام مختلف گیاهان می‌باشد. ارقام مختلف گیاهی با توجه به ویژگی‌های رشدی متفاوت از جمله تفاوت در طول ظهور مراحل فنولوژیک (Moradi *et al*., 2014) یا مقاومت بالا به درجه حرارت‌های بالا (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷)، پاسخ‌های متفاوتی به شرایط اقلیمی آینده می‌دهند. مقایسه ارقام زودرس، میان‌رس و یا دیررس در مطالعات تغییر اقلیم و انتخاب ارقام با سازگاری بیشتر به این تغییرات، یکی از مؤثرترین و کم هزینه‌ترین الگوهای سازگاری به تغییر اقلیم می‌باشد. بنابراین تغییر تاریخ کاشت و همچنین استفاده از ارقام مختلف در مقابله با شرایط تغییر اقلیم در آینده از جمله راهکارهای سازگاری می‌باشد که مطالعاتی نیز در این زمینه در کشورمان ایران انجام گرفته‌است (Moradi *et al*., 2014; Lashkari *et al*., 2012).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر تمامی صفات فیزیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثر برهمکنش آنها بر هیچکدام از صفات فیزیولوژیک معنی‌دار نگردید.

جدول مقایسه میانگین نشان داد که در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) بالاترین میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و b را تولید شد و کمترین مقدار هر چهار صفت در تاریخ کاشت دوم (۱ خرداد) به‌دست آمد. همچنین بیشترین میزان کارتنوئید هم در تاریخ کاشت اول (۱۵ اردیبهشت) مشاهده گردید که اختلاف آماری معنی‌داری با تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) نداشت (جدول ۲). همچنین جدول مقایسه میانگین نشان داد که در تمامی صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه، به‌ترتیب رقم آریندا (رقم زودرس) و سانته (رقم دیررس) نسبت به رقم آگریا (رقم رایج کشت منطقه)، بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). می‌توان نتیجه گرفت که در تاریخ کاشت دوم به‌دلیل برخورد زمان گلدهی با حداکثر دمای منطقه، گیاه با تنش محیطی مواجه شده و میزان کلروفیل‌ها و کارتنوئید کاهش بیشتری یافته‌است. نجف‌زاده اصل و احسانپور (۱۳۹۱) گزارش کردند که مقدار کلروفیل و کارتنوئید در سیب زمینی تحت تأثیر تنش محیطی (خشکی) کاهش می‌یابد. همچنین آنها نشان دادند که میزان کلروفیل و کارتنوئید در سیب زمینی تحت تأثیر رقم قرار گرفت و کاهش بیشتر محتوای کلروفیلی در رقم Concord ممکن است به‌دلیل حساسیت بیشتر، عدم سازگاری و مقاومت این رقم به تنش خشکی باشد.

اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد غده سیب زمینی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

جدول ۲- مقایسه میانگین تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر محتوای کلروفیل و کارتنوئید

عوامل آزمایش	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
	(میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ)			
تاریخ کاشت				
۱۵ اردیبهشت	۰/۵۲^{b}	۰/۲۱^{ab}	۰/۷۳^{b}	۷/۱٤^{a}
۱ خرداد	۰/۳۷^{c}	۰/۱۷^{b}	۰/۵٤^{c}	۵/۱۹^{b}
۱۵ خرداد	۰/٦۲^{a}	۰/۲۹^{a}	۰/۹۰^{a}	٦/۲۹^{ab}
ژنوتیپ				
آریندا	۰/۵۷^{a}	۰/۲٦^{a}	۰/۸۲^{a}	۷/۰۳^{a}
آگریا	۰/٤۳^{b}	۰/۱۹^{b}	۰/٦۲^{c}	۵/٤۹^{c}
سانته	۰/۵۱^{a}	۰/۲۲^{ab}	۰/۷۳^{b}	٦/۱^{b}

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تاریخ کاشت وژنوتیپ بر عملکرد غده سیب زمینی

تاریخ کاشت	ژنوتیپ	عملکرد غده سیب زمینی (تن در هکتار)
اول (۱۵ اردیبهشت)	آریندا	۳۸/۰۰^{a}
	آگریا	۲٤/۰۰^{c}
	سانته	۲۹/۱۳^{b}
دوم (۱ خرداد)	آریندا	۲۷/۲۵^{b}
	آگریا	۱۹/۰۰^{d}
	سانته	۲۱/۸۸^{cd}
سوم (۱۵ خرداد)	آریندا	۳۱/۳۳^{ab}
	آگریا	۲٤/۱۵^{c}
	سانته	۲۷/۲۳^{b}

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

در سطح یک درصد و اثر برهمکنش آنها در سطح پنج درصد بر عملکرد غده سیب زمینی معنی‌دار گردید.

جدول مقایسه میانگین اثر برهمکنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ نشان داد که در هر سه تاریخ کاشت، بالاترین عملکرد غده سیب زمینی را رقم آریندا در تاریخ کاشت اول (۱۵اردیبهشت) تولید کرد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) نداشت (جدول ۳). در هر سه تاریخ کاشت، رقم آگریا (رقم رایج) کمترین عملکرد غده سیب‌زمینی را تولید نمود. در مجموع نتایج نشان داد که رقم آریندا به‌دلیل برتری در تمامی صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه به خصوص میزان کلروفیل نسبت به ارقام دیگر، توانست عملکرد غده بالاتری تولید نماید (جدول ۳).

موسی‌پور گرجی و حسن آبادی (۱۳۹۱) بیان نمودند که عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی رقم آگریا در تمام طول رشد گیاه تحت تأثیر محیط بوده و تغییر در تاریخ کاشت، باعث تغییر در روند تغییرات عملکرد و اجزای آن به دلیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

تغییر در سرعت رشد محصول گردید. همچنین در موافقت کامل با نتایج این تحقیق، آنها نشان دادند که تاریخ کاشت بیست اردیبهشت و بیست خرداد برای کاشت رقم آگریا در کرج مناسب است و تغییر تاریخ کاشت به‌دلیل تأثیر بر شرایط محیطی، باعث تغییر طول دوره رشد، اختلاف در پوشش گیاهی و سطح فتوسنتزکننده و متعاقب آن اختلاف در میزان جذب تشعشع، از اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر تغییر عملکرد غده سیب‌زمینی می‌باشند.

نجف‌زاده اصل و احسانپور (۱۳۹۱) گزارش کردند که رقم Kenebec نسبت به رقم Concord سیب زمینی که در هر سه سطح خشکی میزان کلروفیل کل و کارتنوئید بیشتری داشت، وزن تر و خشک غده بیشتری هم تولید نمود.

در رقم آریندا تاریخ کاشت زودتر و دیرتر به‌دلیل عدم انطباق گلدهی با بیشترین میزان درجه حرارت منطقه (۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد)، بهتر از تاریخ کاشت رایج (۱ خرداد) عمل می‌کند. با توجه به نتایج، بهترین تاریخ کاشت برای هر دو رقم سانته و آریندا در شرایط تغییر اقلیم آینده در کشت زودتر و دیرتر از موعد این گیاه و در تاریخ ۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد حاصل شد. در موافقت با نتایج این تحقیق، درینی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که اثر تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد غده و بعضی از صفات فیزیولوژیک سیب زمینی و همچنین اثر برهمکنش آنها بر عملکرد کل غده سیب زمینی در جیرفت معنی‌دار بود به‌گونه‌ای‌که بیشترین عملکرد غده در رقم سانته و در تاریخ کاشت ۳۰ شهریور به‌دست آمد. مرادی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که برای سازگاری ذرت به گرمایش هوا، راهکارهای سازگاری به‌صورتی در نظر گرفته شد که کشت زودتر ذرت باعث عدم انطباق گلدهی ذرت با وقوع حداکثر دما گردیده و اثرات منفی گرما در مرحله حساس گلدهی تعدیل شده و افزایش عملکرد را نسبت به تاریخ کاشت‌های دیگر باعث می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

مدل LARS-WG از پتانسیل قابل قبولی (RMSE<30) در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی منطقه فریدونشهر برخوردار می‌باشد. نتایج اعتباردهی داده‌های حاصل از LARS-WG نشان داد که LARS-WG دقت بیشتری در شبیه‌سازی دمای بیشینه در مقایسه با دمای کمینه و بارندگی داشت. مقدار بیشینه و کمینه دما در اکثر دوره‌ها و سناریوهای مورد بررسی در هر دو مدل اقلیمی مورد بررسی نسبت به زمان کنونی افزایش نشان داد و از طرف دیگر میزان بارندگی کاهش چشمگیری را نشان داد. به‌طور کلی، بر اساس داده‌های شبیه‌سازی شده در آینده شاهد اقلیم گرم و خشک‌تری نسبت به شرایط کنونی خواهیم بود. شبیه‌سازی نشان داد که پدیده تغییر اقلیم تأثیر منفی بر عملکرد غده سیب‌زمینی در منطقه فریدونشهر خواهد داشت و عملکرد غده سیب‌زمینی تحت تأثیر سناریوها و مدل‌های گردش عمومی مورد بررسی در هر سه دوره زمانی نسبت به شرایط کنونی (دوره زمانی ۲۰۱۲–۱۹۸۸) کاهش خواهد یافت. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، مشخص گردید که پدیده تغییر اقلیم و گرمایش هوا، با ایجاد تنش‌های محیطی در مراحلی از رشد گیاه (به خصوص گلدهی)، تأثیر منفی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک مرتبط با دستگاه فتوسنتز کننده (رنگدانه‌های فتوسنتزی) گیاه داشته و از این طریق باعث کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی در منطقه فریدونشهر می‌گردد و راهکارهای سازگاری به تغییر اقلیم باید به گونه ای در نظر گرفته شود که کشت ارقام مقاوم (آریندا) در تاریخ زودتر (۱۵ اردیبهشت) یا دیرتر (۳۰ خرداد) به‌دلیل عدم انطباق گلدهی با حداکثر دما به‌عنوان بهترین راهکار مدیریت زراعی در منطقه در جهت کاهش اثرات سوء تغییر اقلیم معرفی شود.

منابع

اداوی، ز. (۱۳۹۳) بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد سیب زمینی و استراتژی‌های سازگاری در منطقه فریدونشهر اصفهان. رساله دکتری دانشگاه شهرکرد، ایران.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

آمارنامه کشاورزی. (۱۳۹٤) جلد اول، محصولات زراعی. http://www.maj.ir

باقری، ف. و بلوچی، ح. (۱۳۹۲) اثر تاریخ کاشت بر برخی صفات کمی و کیفی نه رقم سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) در منطقه یاسوج. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی جلد ۳ شماره ۹: ٤۲-۲۹.

درینی، ع.، فتحی، ق.، قرینه، م. ح.، عالمی سعید، خ.، خدادادی، م. و سیادت، س. ع. (۱۳۹۲) اثر تاریخ کاشت و کاربرد آنتی‌فریز بر عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب زمینی در کشت پاییزه در منطقه جیرفت. مجله بهزراعی نهال و بذر ٤: ٤٥۹-٤٤۳.

سمائی، م.، مدرس ثانوی، س. ع.، موسی‌پور گرجی، ا. و زند، ا. (۱۳۹٥) بررسی تحمل ژنوتیپهای سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به تنش کم‌آبی. علوم گیاهان زراعی ایران ٤: ٥٤۰-٥۲۷.

عباسی، ف.، بابائیان، ا.، حبیبی نوخندان، م.، گلی مختاری، ل. و ملبوسی، ش. (۱۳۸۹) ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده با کمک مدل MAGICC-SCENGEN. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی ۷۲: ۱۱۰-۹۱.

کوچکی، ع.، سلطانی، ا.، شریفی، ح. و کمالی، غ. ع. (۱۳۸۰) اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات رشد، نمو و عملکرد آفتابگردان و نخود آبی و دیم در شرایط تبریز. علوم و صنایع کشاورزی ۱: ۱٦٤- ۱٥٥.

کوچکی، ع. و کمالی، غ. ع. (۱۳۸۹) تغییر اقلیم و تولید گندم دیم در ایران. مجله‌ی پژوهش‌های زراعی ایران ۸: ٥۲۰ - ٥۰۸.

کوچکی، ع. و نصیری، م. (۱۳۸۷) تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزیش غلظت CO_2 بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری. مجله‌ی پژوهش‌های زراعی ایران ۱: ۱٥۳ - ۱۳۹.

مرادی، ر. کوچکی، ع. و نصیری محلاتی، م. (۱۳۹۲) تأثیر تغییر اقلیم بر تولید ذرت و ارزیابی تغییر تاریخ کاشت بعنوان راهکار سازگاری در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ٤: ۱۲۹-۱۱۱.

موسی‌پور گرجی، ا. و حسن آبادی، ح. (۱۳۹۱) آنالیز رشد و روند تغییرات برخی صفات سیب زمینی رقم آگریا در تاریخ‌های مختلف کاشت. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲: ۲۰۸-۱۸۷.

نجف‌زاده اصل، س. و احسانپور، ع. (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی دو رقم سیب زمینی (Concord و Kenebec) در شرایط کشت درون شیشه. دو فصلنامه علمی -پژوهشی خشک بوم ۱: ۸۲-۷۰.

Abraha, M. G. and Savage, M. J. (2006) Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. Agriculture Ecosystem and Environment 115: 150–160.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-150.

Challinor, A. J. and Wheeler, T. R. (2008) Crop yield reduction in the tropics under climate change: Processes and uncertainties. Agricultural and Forest Meteorology 148: 343-356.

Chen, S. X. Zhang, H. Sun, T. Ren, and Wang, Y. (2010) Effects of winter wheat row spacing on evapotranpsiration, grain yield and water use efficiency. Agricultural Water Management 97: 1126–1132.

Ewert, F. Rounsevell, M. D. A. Reginster, I. Metzger, M. G. and Leemans, R. R. (2005) Future scenarios of european agricultural land use. I. Estimating changes in crop productivity. Agriculture, Ecosystem and Environment 107: 101–116.

Ghosh, P. K. Ajay, K. K. Bandyopadhyay, M. C. Manna, K. G. Mandal, A. K. and Hati, K. M. (2004) Comprative effectivence of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics Π. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology 95: 85-93.

Gunderson, C. A. Norby, R. J. and Wullschleger, S. D. (2000) Acclimation of photosynthesis and respiration to simulated climatic warming in northern and southern populations of Acer saccharum: laboratory and field evidence. Tree Physiology 20: 87–96.

Holden, N. M. Brereton, A. J. Fealy, R. Sweeney, J. (2003) possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. Agricultural and Forest Meteorology 116: 181–196.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]

IPCC (2001) Climate change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability (eds. McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, Dokken, D. J. and White, K. S.) Pp. 910-957. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC. (2007) Summary for policy makers. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group i to the fourth assessment report. Cambridge University Press, Cambridge.

Jamieson, P. D., Porter, J. R., and Wilson, D. R. (1991) A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Field Crops Reserch 27: 337-350.

Lashkari, A., Alizadeh, A. and Bannayan Awal, M. (2012) Mitigation of climate change impacts on maize productivity in northeast of iran: a simulation study. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 17: 1-16.

Loague, K. and Green, R. E. (1991) Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. Journal of Contam Hydrology 7: 51–73.

Meza, F. J. Silva, D. and Vigil, H. (2008) Climate change impacts on irrigated maize in Mediterranean climates: Evaluation of double cropping as an emerging adaptation alternative. Agricultural Systems 98: 21–30.

Mitchell, J. F. B. John, T. C. Gregory, J. M. and Tett, S. (1995) Climate response to increasing levels of greenhouse gases as sulphate aerosols. Nature 376: 501-504.

Moradi, R. Koocheki, A. and Nassiri-Mahallati, M. (2014) Adaptation of maize to climate change impacts in Iran. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 19: 1223-1238.

Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V. (1970) River flow forecasting through conceptual models. Part I: A discussion of principles. Journal of Hydrology 10: 282–290.

Parrya, M. L., Rosenzweigb, C., Iglesiasc, A., Livermored, M. and Fischere, G. (2004) Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. Global Environmental Change 14: 53-67.

Ranjbar Fordoei, A. and Dehghani BidgholiB, R. (2016) Impact of salinity stress on photochemical efficiency of photosystem II, chlorophyll content and nutrient elements of Nitere Bush (*Nitraria schoberi* L.) plants. Journal of Range Science 6: 3-9.

Ranjbarfordoei, A. Samson, R. and Van Damme, P. (2013) Some ecophysiological characteristics of arta (*Calligonum comosum Herit*) in response to drought stress. Forest. Science. Pract 15: 114–120.

Rosenzweig, C. and Tubiello, F. N. (2007) Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change 12: 855–873.

Rupa-Kumar, K. A., Sahai, K., Krishna-Kumar, K., Patwardhan, S. K., Mishra, P. K., Revadekar, J. V., Kamala, K. and Pant, G. B. (2006) High-resolution climate change scenarios for India for the 21st century. Special section: Climate Change and India 90: 334-345.

Sayre, K. D., Rajaram, S. and Fischer, R. A. (1997) Yield potential progress in short bread wheat sin North West Mexico. Crop Science 37: 36-42.

Semenov, M. K. and Stratonovitch, A. (2010) Use of multi-model ensembles from climate models for assessment of climate change impacts. Climatic Research 41: 1-14.

Smit, B. I. Burton, R. J. T. Klein and Wandel, J. (2000) An anatomy of adaptation to climate change and variability. Climatic Change 45: 223–251.

Tambussi, E. A., Bartoli, C. G., Bettran, J., Guiamet, J. J. and Araus, J. C. (2000) Oxidative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology 108: 398-404.

Xu, Z. Z. and Zhou, G. S. (2005) Effects of water stress on photosynthesis and nitrogen metabolism in vegetative and reproductive shoots of Leymuschinensis. Photosynthetica 43: 29-35.

Wetterhall, F. Bardossy, A. Chen, D. Halldin, S. and Ch, X. U. (2009) Statistical downscaling of daily precipitation over Sweden using GCM output. Theor. Applied Climatology 96: 95-103.

Wolf, J., Adger, W., Lorenzoni, I., Abrahamson, V. and Raine, R. (2010) Social capital, individual responses to heat waves and climate change adaptation: An empirical study of two UK cities. Global Environmental Change 20: 44–52.

Wolf, J. and Van-Oijen, M. (2003) Model simulation of effects of changes in climate and atmospheric CO_2 and O_3 on tuber yield potential of potato (cv. Bintje) in the European Union. Agriculture, Ecosystems and Environment 94: 141–157.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.18.0]