نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷.
صفحات ۳۵ تا ۵۴

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران در دوره آینده

حمزه احمدی[1]، دانش آموخته دکتری اقلیم شناسی کشاورزی، گروه جغرافیا، دانشکده جغرافیای و علوم محیطی ، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

غلامعباس فلاح قالهری، دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیای و علوم محیطی، گروه جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

محمد باعقیده، دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیای و علوم محیطی، گروه جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

محمد اسماعیل امیری، استاد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، گروه باغبانی، دانشگاه زنجان،زنجان، ایران

دریافت مقاله :۱۳۹۶/۰۷/۱۲ پذیرش نهایی:۱۳۹۷/۰۱/۱۵

چکیده

تغییر اقلیم مهم‌ترین چالش پیش‌روی بشر است. زیر بخش باغبانی یکی از بخش‌های حساس به تغییرات اقلیمی است. در مطالعه حاضر برای آشکار سازی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران، از داده شبیه سازی شده برونداد مدل جفت شده HadGEM2-ES از سری مدلهای CMIP5، براساس سناریوهای واداشت تابشی RCP8.5 وRCP4.5 به عنوان سناریوهای بدبینانه و خوشبینانه، استفاده شد. نتایج نشان داد که انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در دوره آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. به طور نمونه، در آستانه زیستی درخت سیب براساس سناریوی RCP8.5 در دوره آینده میانی (۲۰۵۵-۲۰۲۰) و آینده دور (۲۰۹۰-۲۰۵۶)، به ترتیب ۱۱۳۲ و۲۱۷۱ درجه روز فعال بر انباشت گرمایی افزوده خواهد شد. این شرایط به ترتیب معادل ۵۱ و ۴۲ درصد افزایش پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب خواهد بود. براساس سناریوی RCP4.5، به ترتیب ۳۹۰ و ۶۸۰ درجه روز فعال، معادل ۹/۳ و ۱۵/۱ درصد افزایش انباشت گرمایی نسبت به دوره پایه رخ خواهد داد. از نظر توزیع فضایی کم‌ترین انباشت گرمایی در مناطق شمال غرب و البرز مرکزی محدوده کشت درخت سیب رخ خواهد داد. در چشم اندازهای طبیعی کم ارتفاع، دره‌ها و دشت‌های نواحی شمال شرق، نیمه جنوبی زاگرس مرکزی و اطراف دریاچه ارومیه، پتانسیل انباشت گرمایی بالاتری در آینده رخ خواهد داد. بنابراین یکی ازاثرات تغییر اقلیم بر درختان میوه، از طریق افزایش انباشت گرمایی در دوره آینده رخ خواهد داد. افزایش پتانسیل یا انباشت گرمایی موجب کاهش طول دوره رشد درختان میوه خواهد شد. در واقع درختان میوه سیکل رویشی و زایشی خود را زودتر تکمیل خواهند کرد.

واژه‌های کلیدی: انباشت گرمایی، تغییر اقلیم، درخت سیب، سناریوهای RCP، مدلهایCMIP5.

[1] . نویسنده مسئول: Email: hamzehahmadi2009@gmail.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

مقدمه

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی جهان را به مخاطره خواهد انداخت. در حال حاضر استقلال غذایی هر کشور در گرو مدیریت متغیرهای محیطی تأثیر گذار بر تولیدات کشاورزی است. تاثیر گرمایش جهانی بر تولیدات کشاورزی درمناطق خشک و نیمه خشک جهان بیش از مناطق معتدل خواهد بود. پیش‌بینی‌ها، بیانگر محدودیت بیشتر منابع آب و افزایش دمای هوا برای آینده ایران خواهد بود (ترکمان، ۱۳۹۴). دانشمندان بر این باورند که فعالیت بشر به علت تولید بیشتر دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای (به طور عمده متان و اکسیدهای نیتروژن) از دلایل مهم افزایش دما است (بنی هاشمی، ۱۳۹۵). گرم شدن هوای زمین که در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای و قطع جنگل‌ها و استفاده زیاد از مراتع بوده است نیز تغییرهایی را در سازش پذیری گیاهان و میزان فتوسنتز آنها، افزایش فساد پذیری مواد آلی، تغییر الگوی بارندگی و پیدایش خشکی، و گردغبار، فرسایش خاک، تاثیرنامطلوب بر منابع آب، غذا و زیست بوم‌ها ایجاد نموده است (صمدی یزدی، ۱۳۹۶). تولید کشاورزی در آینده بسیار متفاوت‌تر از شرایط گذشته خواهد بود و تغییرات آب و هوایی، چالش عمده در این زمینه خواهد بود. تغییر اقلیم می‌تواند اثر بالقوه‌ای بر روی کشاورزی داشته باشد، به طور نمونه کاهش طول فصل رشد و تجمع بالای واحدهای گرمایی از مهم‌ترین اثرات تغییر در الگوی دمای هوا و مولفه‌های وابسته به آن محسوب می‌شود (Machovina & Feeley, 2013). افزایش میانگین دمای سطح زمین بر اثر تولید گازهای گلخانه‌ای سبب ایجاد پدیده‌ای به نام تغییر اقلیم شده است (یعقوب زاده، ۱۳۹۵). محسوس شدن آثار تغییر اقلیم در زندگی روزمره جوامع در نقاط مختلف دنیا، باعث افزایش توجه عمومی به مسئله تغییر اقلیم گردیده است (قهرمان و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی‌های هیات بین الدول تغییر اقلیم در گزارش پنجم، به عنوان آخرین گزارش تغییر اقلیم نشان داد که میانگین دمای جهانی در دوره ۲۰۱۸ تا ۲۱۰۰ براساس سناریوی RCP4.5، ۰/۵ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد و براساس سناریوی RCP8.5 ۰/۷ تا ۳/۷ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۶ افزایش خواهد یافت (Wang et al, 2015). اقلیم یک نقش اساسی در تولید موفق محصولات باغی خزان کننده و خشکبار در تجارت جهانی ایفا می‌کند. فعالیت‌های باغبانی به شدت وابسته به شرایط آب و هوایی محل است (سبزی پروری و ولاشدی، ۱۳۹۴). تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین مسائل پیش‌رو در تولید و توسعه درختان میوه در آینده می‌باشد (اداوی، ۱۳۹۳). حساسیت بالای درختان میوه به شرایط اقلیمی و اثرات دگرگونی الگوهای دما و بارش بر رشد ونمو و توسعه درختان میوه، اهمیت تحقیقات جامع در زمینه تغییر اقلیم را آشکار می سازد. هر گونه تغییر در الگوی دمای هوا، موجب تغییر در مراحل فنولوژیکی، طول فصل رشد عملکرد و تغییر مولفه‌های اقلیم کشاورزی درختان میوه خواهد شد (Ramirez & Kallarackal, 2015). درخت سیب مهم‌ترین درخت میوه خزاندار بر حسب تولید است (راحمی ، ۱۳۸۹). این درخت یکی از کهن‌ترین درختان میوه خزان‌دار مناطق معتدله و سرد سیر در جهان است و قابلیت سازگاری در اقلیم‌های مختلف را دارد (ولاشدی و سبزی پرور، ۱۳۹۴). سیب مشهورترین میوه مناطق معتدله، از روزگار باستان در مناطق اروپا و آسیا کشت شده است. امروزه میوه سیب به صورت تجاری در کشورهای زیادی تولید شده و از نظر اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد (Ramirez & Davenport, 2013). اهمیت پدیده تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی و زیر بخش باغبانی به دلیل نقش مهم آن در امنیت غذایی همواره مورد توجه مطالعات بین المللی بده است. گوتیرز و همکاران (Gutierrez et al, 2009) به بررسی اثرات گرمایش جهانی بر روی درخت زیتون در کالیفرنیا و ایتالیا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که گرمایش جهانی با تغییر الگوهای دمایی، محدوده‌های کشت درختان میوه در اثر تجمع دمای زیاد جابجا خواهد کرد. گرب و کاپرو (Grab & Craparo, 2011) واکنش درخت سیب به تغییر اقلیم در جنوب غربی کیپ‌تاون در آفریقای جنوبی را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که درخت سیب واکنش بالایی به تغییرات اقلیمی نشان خواهد داد، به طوری که در این منطقه، تاریخ گلدهی درختان دیررس سیب در اثر افزایش دمای هوا جلوتر رخ خواهد داد. اولیو و همکاران (Avolio et al, 2012) به ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی درخت زیتون در کالابریا در جنوب ایتالیا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تجمع زودهنگام واحدهای گرمایی مورد نیاز در اثر افزایش دمای هوا، زمان رخداد مراحل فنولوژی درختان میوه را به طور جدی تحت تأثیر قرار خواهد داد، به طوری که

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

براساس سناریوی A۲ تا۲۱۰۰، زمان گلدهی درخت زیتون در جنوب ایتالیا تا بیش از ۱۰ روز به جلو خواهد افتاد. داربیچرو همکاران (Darbyshir et al,2013) پیامدهای گرمایش جهانی در آینده بر روی نیاز سرمایی درختان میوه خزان کننده در زمستان در منطقه استرالیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که تحت شرایط تغییر اقلیم آینده و افزایش میزان دمای هوا، مقدار نیاز سرمایی کاهش یافته اما انباشت گرمایی زیاد خواهد شد. ماچوینا و فریلی (Machovina & Freeley ,2013) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تغییر محدوده‌های کشت مناطق مناسب کشت موز صادراتی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تا سال ۲۰۶۰ ، محدوده مناطق مناسب کشت درخت موز در منطق حاره‌ایی به میزان ۱۹ درصد تغییر خواهد کرد. و در واقع در اثر افزایش دما و تجمع زودهنگام نیاز گرمایی، مناطقی که خارج از شـرایط مناسـب برای تولید موز بوده اند، به صـــورت مناســـب تغییر پیدا خواهند کرد. ونگ و همکاران (Wang et al, 2015) پیامدهای تغییر اقلیم بر روی محصول گندم در شرق استرالیا را بررسی نموده‌اند. آنها براساس ۱۹ مدل GCM تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 مشـــخص نمودند که تا ســـال ۲۱۰۰ ، در انباشـــت زودهنگام نیاز گرمایی، تاریخ گلدهی گندم به ترتیب ۱۰/۲ و ۱۷/۸روز، جلوتر رخ خواهد داد. راموس (۲۰۱۷) (Ramos ,2017) اثرات تغییر اقلیم بر درخت انگور در مناطق شمال شرقی اسپانیا را بررسی نمودند. در این مطالعه سه مرحله فنولوژی جوانه زنی، گلدهی و رسیدن میوه را تحت شرایط سناریوهای واداشت تابشـــیRCP8.5 و RCP4.5 تا ۲۰۷۰ بررســـی کردند. نتایج آنها نشـــان داد که تغییر اقلیم در آینده با تجمع واحدهای حرارتی بیشتر، موجب تسریع در زمان رخداد تمام مراحل فنولوژی درخت انگور می‌گردد. به طوری که براساس سناریوی RCP4.5 زمان رخداد مرحله گلدهی درخت انگور تا ۷ روز و براســـاس ســـناریو RCP8.5 تا ۱۲ روز در دهه ۲۰۷۰ در واریته‌های مختلف جلوتر رخ می‌دهد. زنگ و همکاران (Zhang et al, 2017) به بررســـی تغییرات مناطق مناســـب کشـــت برنج و ذرت در چین تحت شرایط تغییر اقلیم پرداختند. نتایج آنها نشان داد که یکی از اثرات تغییر اقلیم به صورت ازدیاد واحدهای گرمایی مراحل نمو گیاهان زراعی رخ خواهد داد.

فلاح قالهری (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر محدوده‌های کشـــت مرکبات در ایران پرداختند. نتایج برمبنای ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی ECHO-G تحت ســـناریوهای انتشـــار تا ۲۰۳۹، نشـــان داد که گرمایش جهانی محدوده‌های کشـــت و کیفیت مرکبات در ایران را تحت تأثیر قرار خواهد داد. به طوری‌که محدوده کشـــت مرکبات در آینده در اثر افزایش دمای هوا و ازدیاد واحدهای گرمایی، به مناطق مرکزی ایران جابجا خواهد شـــد. غریبی (۱۳۹۱) وضـعیت مرحله فنولوژی گلدهی و احتمال وقوع خسـارت در درخت زیتون بر مبنای پارامترهای دمایی در منطقه طارم علیا را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که مجموع ساعات سرمایی یا CUH دریافتی زیتون دارای روند منفی بوده و به عبارتی یعنی زمســـتان‌های گرمتری در آینده رخ خواهد داد. در مقابل واحدهای گرمایی روند افزایش بالایی را نشـــان می‌دهند. این شرایط خسارت زیادی بر درخت زیتون وارد خواهد ساخت. سبزی پرور و ولاشدی (۱۳۹۴) اثر تغییر اقلیم بر روند تامین نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار (مطالعه موردی: استان همدان) را بررسی نمودند. نتایج مدل‌های مختلف GCM در قالب مدل Lars-WG تحت گزارش چهارم IPCC نشان داد که نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار در منطقه همدان کاهش خواهد یافت و در افق زمانی سال‌های ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ به میزان ۲۵ تا ۴۰ درصد از انباشت سرما در فصل زمستان کاسته خواهد شد. این شرایط در اثر افزایش دمای هوا رخ خواهد داد. این شرایط تولید محصولات آجیلی را به مخاطره خواهند انداخت. ترکمان (۱۳۹۴) به بررســـی اثر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم آینده بر ویژگی‌های زراعی و تولید ســـیب زمینی در ایران پرداختند. نتایج براساس سناریوهای واداشت تابشی و نتایج مدلهای GFDL-ESM2G و HadGEM2-ES نشان داد که در اثر افزایش و تجمع زودهنگام نیاز گرمایی مراحل فنولوژی، طول مراحل فنولوژی گیاه ســـیب زمینی کوتاهتر خواهد شد و مناطق کشت به تبع دچار تغییر خواهند شد. کوچکی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران و پیش‌بینی و ضعیت آگروکلیماتیک آینده پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تا ۲۰۵۰ میلادی میانگین دمای سالانه بین ۳/۵ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و بیشترین اثرات منفی تغییر اقلیم بر شاخص‌های آگروکلیماتیک در جنوب، شرق و مرکز کشور بروز خواهد کرد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

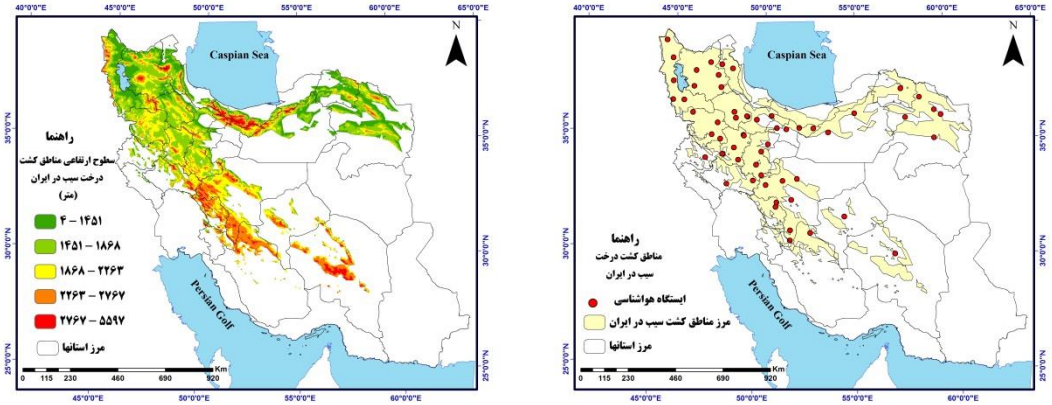
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

جمعیت ایران در حال حا ضر حدود ۷۹ میلیون نفر برآورد شده ا ست. پیش بینی می شود که با نرخ ر شد ۱/۴ در صدی، جمعیت کشـــور، در ســـال ۱۴۰۴ خورشـــیدی (۲۰۲۵ میلادی) برابر ۹۰ میلیون و در ۱۴۲۹ (۲۰۵۰ میلادی) حدود ۱۱۵ میلیون نفر می‌شود (صمدی یزدی، ۱۳۹۶). زیر بخش باغبانی مزیت شناخته شده اقتصاد کشاوزی ایران است. احداث باغ و تولید میوه نیاز به ســـرمایه گذاری بالایی دارد. تنش‌ها و مخاطرات محیطی به دلیل تغییرات آب و هوایی، می‌تواند تولیدات باغ‌های میوه را تحت تأثیر قرار بدهد. زیر بخش باغبانی به دلیل اینکه زمان طولانی‌تری تا تولید محصـــول نیاز دارد، لذا از تغییرات الگوهای اقلیمی بیشتر تأثیر می‌پذیرد. کاهش درآمد به دلیل پیامدهای تغییر اقلیم خود دلیل عمده‌ای برای کاهش انگیزه باغداران، رهاســـازی باغات و تغییر کاربری می‌باشـــد. تغییر اقلیم آینده یکی از اولویت‌های کشـــورهای جهان برای برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم گیری‌ها محسوب می شود. بنابراین بررسی ابعاد تهدید جهانی تغییر اقلیم و پیامدهای آن در بخش باغبانی و تولیدات باغی، به منظور آگاهی بخشی به برنامه ریزان و دست اندرکاران بخش کشاورزی و باغبانی کشور در جهت مقابله با تأثیرات آن بر تولید پایدار محصـولات باغی کشـور حائز اهمیت می‌باشـد. تحقیق حاضـر در نظر دارد اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران به عنوان یکی از محصولات استراتژیک را براساس سناریوهای واداشت تابشی و آخرین گزارش تغییر اقلیم تحت عنوان گزارش پنجم، مورد بررسی قرار بدهد.

داده‌ها و روش کار

با توجه به اهداف تحقیق، کل کشور در حالت اولیه مورد توجه تحقیق حاضر بوده است که با سلسله بررسی‌های ممتد براساس آمار و اطلاعات ایستگاههای هواشناسی سراسر کشور و اطلاعات میدانی و کتابخانه‌ای، مناطق عمده کشت درخت سیب براساس شرایط اقلیمی مکانیابی شده که نقشه مناطق مناسب کشت درخت سیب در شکل (۱) مشخص شده است. مناطق و محدوده مناسب کشت درخت سیب در ایران از نظر اقلیمی، مساحتی معادل ۲۹۵۵۹۴/۲۷ کیلومتر مربع، برابر با ۳۰ درصد از سطح مساحت کشور را شامل می شود. ماهیت درخت سیب به عنوان یک درخت خزان کننده سردسیری با نیاز سرمایی بالا، موجب شده تا مناطق کشت این درخت، بیشتر مناطق مرتفع و کوهستانی را پوشش بدهد (شکل ۱).

تحقیق حاضـــر با روش آماری – تحلیلی انجام گردید. در این مطالعه دو نوع داده زیربنای تحقیق را تشـــکیل می‌دهند؛ داده‌های دوره پایه یا دوره گذشته و داده‌های شبیه سازی شده برونداد مدل برای دوره آینده. داده مشاهده‌ای از سازمان هواشناسی کشور تهیه و پالایش شد. این داده، ۵۳ ایستگاه هواشناسی مناطق کشت درخت سیب که در مناطق مرتفع و سردسیر کشور نیز واقع شده‌اند، را پوشش می‌دهد. پراکنش و موقعیت جغرافیایی ایستگاههای منتخب در مناطق کشت درخت سیب در ایران در شکل (۱) مشخص شده است. دوره آماری ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ به عنوان دوره پایه یا گذشته برای دستیابی به اهداف تحقیق مشخص گردید.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه با پراکنش ایستگاهها (شکل سمت راست) و وضعیت ارتفاعی مناطق کشت درخت سیب در ایران (شکل سمت چپ)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

از آنجایی برونداد مدلهای گردش جهانی قابلیت لازم برای بعد محلی ندارند، لذا برای جبران این نقیصه بایستی از روش‌های ریزمقیاس گردانی استفاده شود. در این راستا برای شبیه سازی اقلیم دوره آینده از نرم افزار MarkSIMGCM برای ریزمقیاس نمایی خروجی مدلهای AOGCM ا ستفاده شد. نرم افزار مذکور به عنوان یک ابزار مبتنی بر وب، با ا ستفاده از مدل تصادفی مرتبه سوم مارکوف داده‌های دمای کمینه و بیشینه، بارش و تابش آفتاب به روزانه ریزگردانی می‌کند (Nouri et al, 2017 ; Jones & Thornton, 2013). این نرم افزار برای ریزمقیاس نمایی دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ را به عنوان دوره پایه در نظر می‌گیرد. این نرم افزار براساس ۱۷ مدل AOGCM از سری مدلهای CMIP5 براساس آخرین گزارش تغییر اقلیم (گزارش پنجم) تحت عنوان سناریوهای وادا شت تابشی اجرا می شود. این نرم افزار با توجه به اینکه مبتنی بر وب ا ست برای کلیه نقاط کره زمین به راحتی قابل در سترس ا ست. مدلهایی که در این نرم افزار تعبیه شده جزو منا سب ترین مدلها از نظر تفکیک مکانی محسوب می‌شوند. این ابزار به عنوان یکی از ریزمقیاس کننده های نوظهور برای مدلسازی در مطالعات کشاورزی ابداع و توسعه داده شده است (Nouri et al, 2017). در این تحقیق از برونداد مدل HadGEM2.ES به عنوان یکی از مدلهای CMIP5 با تفکیک مکانی مناسب استفاه شد. ابزارMarkSimGCM یک برنامه فورترن جهت‌دار توسعه داده شده تا برونداد ریزمقیاس نمایی بررسی شود و این با یک GUI رابط کاربر گرافیکی در Google Earth ارتباط داده شده است. این ابزار به طور آزادنه از درگاه[1] قابل دسترس می باشد. کاربر با انتخاب محل مورد نظر (برنامه قابلیت فراهم سازی برای هر نقطه از کره زمین برای دسترسی به نرمال داده‌های اقلیم اینده دارا می‌باشد) و انتخاب یکی از مدل‌های GCM و یکی از چهار سناریو تغییر اقلیم براساس آخرین گزارش هیات بین الدول تغییر اقلیم (IPCC AR5) به ریزمقیاس نمایی بپردازد.

مدل HadGEM2.ES مولفه‌های عمده‌ای چون جو، اقیانوس و یخ دریا با و بدون بعد عمودی در مدل جو تا ا ستراتو سفر و مولفه‌های سامانه زمینی شامل چرخه کربن خشکی و اقیانوسی و در شیمی جو را در بر می‌گیرد (Jones & Thornton, 2013). فاز پنجم پروژه مدل‌های جفت شده بین مقایسه ای CMIP5 به عنوان جدیدترین مدلها، یک پرتکل آزمایشی استاندارد برای مطالعه برونداد مدلهای جوی – اقیانوسی گردش عمومی جو محسوب می‌شود. هدف از این مدلها ارائه چارچوبی برای آزمایش‌های تغییر اقلیم در قالب شبیه سازی براساس گزارش پنجم IPCC می‌باشد. به طور کل این مدلها (۱) ارزیابی اینکه چطور مدلها گذ شته نزدیک را شبیه سازی می‌کنند (۲) ارائه پیش نگری‌های از تغییر اقلیم آینده در دو مقیاس زمانی؛ دوره نزدیک (تا ۳۵ سال) و دوره بلند مدت (تا ۲۱۰۰)، (۳) درک بعضی از فاکتورهایی که در پیش نگری‌های مدلها نقش آفرینی می‌کنند یه طور نمونه می‌توان به ارزیابی پس خورهایی مانند ابرها و چرخه کربن ا شاره نمود (Jones & Thornton, 2013).

در ادامه داده دوره آینده یا داده شبیه سازی شده برای دوره آینده میانی (۲۰۵۵-۲۰۲۰) و آینده دور (۲۰۵۶-۲۰۹۰) براساس سناریوی بدبینانه RCP8.5 و سناریوی خوشبینانه RCP4.5 تنظیم گردید. از آنجایی که برونداد و عملکرد هر مدل باید راستی آزمایی شود، لذا در این راستا براساس شاخص‌های اعتبارسنجی یا خطا سنجی عملکرد مدل برای شبیه سازی داده تغییر اقلیم آینده ارزیابی شد. آمارها یا معیارهای RMSE، MAE MBE و R^2 جزو متداول‌ترین معیارهای برای خطاسنحی محسوب می‌شوند. این معیارها از طریق معادله‌های ۱ تا ۴ محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}} \qquad (۱)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i}^{n}(P_i - O_i)}{n} \qquad (۲)$$

1- http://gismap.ciat.cgiar.org/MarkSimGCM

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

$$MAE = \frac{\sum_{i}^{n} |P_i - O_i|}{n} \quad (۳)$$

$$R^2 = \frac{\left(\sum (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})\right)^2}{\sum (P_i - \bar{P})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2} \quad (۴)$$

افزایش دمای هوا تنش جدی برای درختان مناطق سردسیر است. در این راستا به منظور شناسایی وضعیت و الگوی انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران در دوره آینده نسبت به دوره پایه، تاریخ آخرین و اولین رخداد آستانه‌های دمایی (صفر، ۴/۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد) برا ساس آمار دمای روزانه در دوره بلند مدت م شخص شد. آ ستانه ۴/۵ درجه سانتی‌گراد، آ ستانه زیستی درخت سیب ا ست. در این را ستا با شنا سایی اولین و آخرین زمان رخداد آ ستانه‌های مذکور از طریق دماهای کمینه، به صورت تجمعی میانگین دمای روزانه تا آستانه مذکور محاسبه شد. در ادامه معادله خط رگرسیونی بر روی مدل رقومی ارتفاع اجرا گردید و در نهایت نقشه توزیع مکانی یا الگوی فضایی انباشت گرمایی در آستانه‌های مختلف برای دوره پایه و آینده در مناطق کشت درخت سیب در ایران ترسیم گردید. این عملیات با استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] در قالب ابزارهای تحلیل مکانی و مدل رقومی ارتفاع (DEM) براساس نرم افزارArcGIS10.2 مشخص گردید.

شرح و تفسیر نتایج

- **ارزیابی علکرد مدل HadGEM2-ES از شبیه سازی دمای و بارش دوره آینده**

در این راستا جهت اطمینان از صحت نتایج مدل HadGEM2-ES در شبیه‌سازی رفتار تغییرات دما و بارش دوره آینده تا افق ۲۰۹۰ براساس سناریوهای واداشت تابشی RCP8.5 وRCP4.5 در منطقه مورد مطالعه نسبت به دوره گذشته یا پایه، شاخص‌های خطایابی یا اعتبار سنجی برروی ۸ ایستگاه هواشناسی منتخب در مناطق مختلف کشت درخت سیب انجام شد (جداول ۱ و ۲). با توجه تعدد زیاد ایستگاهها فقط سناریوی RCP8.5 اینجا ارائه شده است.

نتایج نشان داد که برونداد مدل جفت شده جوی - اقیانوسی HadGEM2.ES براساس سناریوهای واداشت تابشی و ابزار ریزمقیاس گردانی MarksimGCM، از نتایج وعملکرد بالا و مناسبی برخودار می‌باشد. پردازش‌ها نشان داد که مدل جفت شده HadGEM2.ES از توانمندی بالایی در شبیه سازی دمای هوا نسبت به بارش برخوردار می‌باشد. برونداد مدل مذکور از شبیه سازی دمای کمینه و بیشینه دوره آینده براساس سناریوهای RCP8.5 وRCP4.5 نسبت به دوره گذشته در تمام ایستگاههای مورد مطالعه، به طور متوسط از ضریب همبستگی ۰/۹۹ و ضریب تعیین۰/۹۸ برخوردار می‌باشد. نتایج مقدار شاخص‌های میانگین قدر مطلق خطاها (MAE)، میانگین مربع خطاها(MBE) و ریشه میانگین مربع خطاها (RMSE) در پارامتر دمای کمینه و بیشینه بسیار کمتر از پارامتر بارش مشاهده شد. در واقع نتایج شبیه سازی مدل جفت شده HadGEM2.ES برای رفتار دمای کمینه و بیشینه دارای دقت بالا و تقریباً یکسان بوده است. شبیه سازی بارش در تمام ایستگاهها خیلی متغیرتر از پارامتر دما بوده است. نتایج نشان داد که شبیه سازی بارش با عدم قطعیت بالاتری همراه بوده و هر چه قدر دوره آینده دورتر می‌شود این عدم قطعیت شدت بیشتری پیدا می‌کند. به طور کل مدل مذکور در شبیه سازی بارش از دقت کمتری نسبت به دما برخوردار می‌باشد که این امر ناشی از پیچیده بودن فرایند بارش و همچنین ساختار مدلهای اقلیمی است.

1- Geographical Information System (GIS)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

جدول ۱- نتایج بررسی عملکرد مدل HadGEM2-ES در شبیه سازی تغییرات دما و بارش دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) براساس سناریوی RCP8.5 با استفاده از شاخص‌های خطاسنجی نسبت به دوره پایه

ایستگاه هواشناسی	پارامتر اقلیمی	R	R^2	MAE	MBE	RMSE
کرج	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۰۲	۵/۳۲	۲/۳۱
	دمای بیشینه	۰,۹۸	۰/۹۷	۳/۳۱	۱۳/۴۸	۳/۶۷
	بارش	۰/۹۵	۰/۹۰	۴/۷۹	۳۷/۰۵	۶/۰۹
زنجان	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۶۸	۳/۱۲	۱/۷۷
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۸	۴/۲۵	۱۹/۴۳	۴/۴۱
	بارش	۰/۷۳	۰/۵۳	۱۲/۴۰	۳۱/۴۹	۱۲/۷۱
شاهرود	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۸۳
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۵۰	۶/۳۶	۲/۵۲
	بارش	۰/۹۴	۰/۸۸	۲/۵۵	۹/۷۲	۳/۱۲
مشهد	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۴۹	۰/۳۶	۰/۶۰
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۶۱	۳/۰۶	۱/۷۵
	بارش	۰/۹۹	۰/۹۸	۲/۱۲	۳/۱۹	۲/۸۶
تبریز	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۲	۴/۱	۲/۵
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۸	۲/۴۸	۶/۶	۲/۳
	بارش	۰/۹۲	۰/۸۶	۶/۵۹	۶۲/۰۹	۷/۸۸
سقز	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۳/۵۰	۱۳/۱۳	۳/۶۲
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۷۶	۸/۵۶	۲/۹۳
	بارش	۰/۹۵	۰/۹۰	۷/۷۷	۸۷/۷۰	۹/۳۶
شهرکرد	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۴/۲۴	۱۸/۸۲	۴/۳۴
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۳/۳۱	۱۱/۲۰	۳/۳۵
	بارش	۰/۹۱	۰/۸۳	۷/۷۴	۳۲/۲۲	۱۱/۵۰
یاسوج	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۸۳
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۸۸	۴/۱۴	۲/۰۴
	بارش	۰/۹۱	۰/۸۴	۴۷/۱۱	۴۶/۳۵	۱۱/۱۲

جدول ۲- بررسی عملکرد مدل HadGEM2-ES در شبیه سازی تغییرات دما و بارش دوره (۲۰۹۰- ۲۰۵۶) براساس سناریوی RCP8.5 با استفاده از شاخص‌های خطاسنجی نسبت به دوره پایه

	پارامتر اقلیمی	R	R^2	MAE	MBE	RMSE
کرج	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۶۷	۳/۷۳	۱/۹۳
	دمای بیشینه	۰,۹۹	۰/۹۸	۲/۹۰	۱۰/۲۱	۳/۱۹
	بارش	۰/۹۶	۰/۹۳	۳/۷۱	۲۲/۲۷	۴/۷۲
زنجان	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۲۳	۱/۶۹	۱/۳۰
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۳۷	۶/۳۳	۲/۵۲
	بارش	۰/۷۵	۰/۵۷	۱۱/۵۳	۳۵/۰۳	۱۷/۳۵
شاهرود	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۵۴	۰/۳۷	۰/۶۱
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۱۴	۴/۶۹	۲/۱۷
	بارش	۰/۹۵	۰/۹۱	۱/۹۱	۶/۷۲	۲/۵۹
مشهد	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۶۴
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۲۴	۱/۸۵	۱/۳۶
	بارش	۰/۹۸	۰/۹۷	۲/۰۸	۶/۵۳	۲/۵۶
تبریز	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۰۶	۵/۴۸	۲/۳۴
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۸	۲/۲۱	۸/۹۲	۲/۹۹
	بارش	۰/۹۲	۰/۸۵	۵/۶۵	۵۵/۵۷	۷/۴۵
سقز	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۹۷	۹/۵۵	۳/۰۹

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۲۵	۵/۸۴	۲/۴۲
	بارش	۰/۹۵	۰/۹۲	۷/۲۱	۷۷/۲۶	۸/۷۹
شهرکرد	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۳/۷۷	۱۴/۹۱	۳/۸۶
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۹۷	۹/۳۳	۳/۰۵
	بارش	۰/۹۱	۰/۸۳	۷/۶۵	۱۳۱/۴۴	۱۱/۴۶
یاسوج	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۵۴	۰/۳۷	۰/۶۱
	دمای بیشینه	۰/۹۹	۰/۹۹	۲/۲۵	۵/۶۵	۲/۳۸
	بارش	۰/۹۲	۰/۸۵	۴۶/۳۸	۱۱۲/۲	۱۶/۱۸

- **بررسی وضعیت انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در دوره گذشته یا پایه**

از آنجا که شرایط دمایی از طریق انباشت گرمایی عامل اساسی در کنترل مراحل رشد و نمو درختان میوه محسوب می‌شود، بررسی انباشت گرمایی در آستانه‌های مختلف براساس دماهای روزانه، رهیافت مناسبی برای تغییرات آب و هوایی محسوب می‌شود. در این راستا وضعیت پتانسیل گرمایی یا توان انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در دوره پایه به صورت دماهای فعال در آستانه‌های صفر درجه سانتی‌گراد، ۴/۵ درجه سانتی‌گراد (آستانه زیستی درخت سیب) و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان آستانه اوج فعالیت‌های زیستی براساس داده‌های دوره اقلیمی گذشته یا پایه بررسی گردید.

در این راستا نتایج ارتباط و معادله خط بین توان گرمایی و پارامترهای مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) در جدول (۳) مشخص شده است. نتایج نشان داد که ارتباط نسبتاً بالایی بین توان گرمایی و مولفه‌های مکانی وجود دارد. این ارتباط در آستانه‌های صفر و ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از آستانه زیستی درخت سیب (۴/۵ درجه سانتی‌گراد) مشاهده گردید. این ارتباط در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی‌دار است.

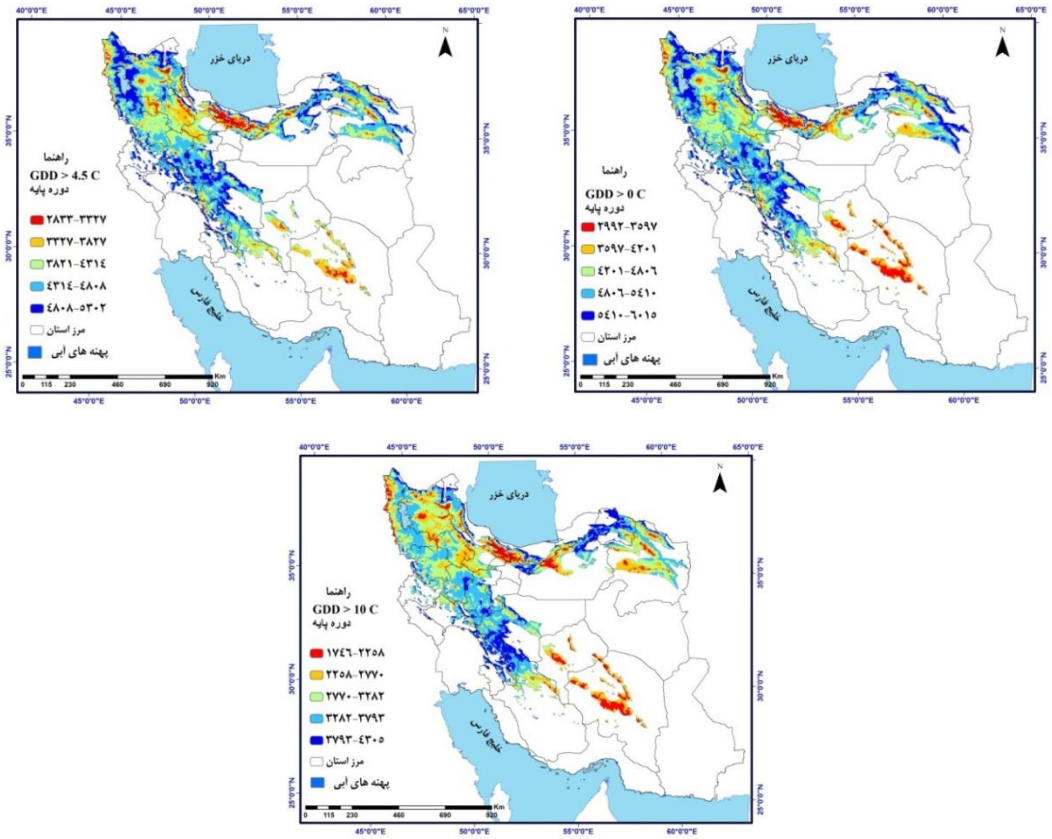
جدول۳– نتایج ارتباط و معادله‌های خط بین پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب و مولفه‌های مکانی در دوره پایه

آستانه‌های دمایی	R	R^2	معادله خط
توان گرمایی بالاتر از آستانه صفردرجه سانتی‌گراد	۰/۷۷	۰/۵۹	Y=12933.739+49.150 Lon-263.865 Lat-1.411 Elv
توان گرمایی بالاتر از آستانه زیستی درخت سیب (۴/۵) سانتی-گراد	۰/۶۹	۰/۴۷	Y=11105.058+59.020Lon-230.64Lat-1.364Elv
توان گرمایی بالاتر از آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد	۰/۷۷	۰/۵۹	Y=5803.810+70.152Lon-147.001Lat-1.031Elv
Lon: طول جغرافیایی Lat: عرض جغرافیایی Elv: ارتفاع از سطح دریا			

نتایج توزیع مکانی پتانسیل و انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه‌های صفر، ۴/۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد در شکل (۳) مشخص شده است. نتایج حاصل از این محاسبات، اختلاف‌های عمده‌ای را در توان‌های گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران آشکار ساخته است. براساس آستانه‌های صفر و ۱۰ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب بیشترین و کمترین درجه روزهای فعال مشاهده گردید. نتایج نشان داد که براساس آستانه صفر درجه سانتی‌گراد، توان گرمایی مناطق کشت سیب از ۲۹۹۲ درجه روز در مناطق مرتفع تا ۶۰۱۵ درجه روز در مناطق کم ارتفاع متغیر می‌باشد. متوسط پتانسیل گرمایی در مناطق کشت درخت سیب در این آستانه، ۳۸۶۳ درجه روز فعال است. براساس آستانه زیستی درخت سیب (۴/۵ درجه سانتی‌گراد) نیز توان گرمایی از ۲۸۳۳ درجه روز در مناطق مرتفع تا ۵۳۰۲ درجه روز در مناطق کم ارتفاع متغیر می‌باشد. متوسط پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در این آستانه، ۳۷۶۵ درجه روز فعال می‌باشد. براساس آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد، توان گرمایی مناطق کشت درخت سیب از ۱۷۴۶ درجه روز در مناطق مرتفع تا ۴۳۰۵ درجه روز در مناطق کم ارتفاع متغیر می‌باشد. متوسط پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در این آستانه، ۲۵۴۴ درجه روز فعال است. بررسی‌ها نشان داد که مناطقی که میزان انباشت درجه روز فعال به بیش از ۲۵۰۰ درجه روز فعال برسد، برای کاشت درخت سیب زودرس و مناطقی که بیش از ۳۵۰۰ درجه روز فعال در آنها رخ می‌دهد، برای ارقام دیررس مناسب می‌باشد. بنابراین مناطق کشت درخت سیب در ایران از توان گرمایی لازم برای درخت سیب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

برخوردار می‌باشد. این نتایج برای دیگر درختان میوه از نظر انتخاب گونه‌های سازگار براساس توان گرمایی هر منطقه حائز اهمیت می‌باشد.



شکل ۳- توزیع مکانی انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه‌های (صفر، ۴/۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد) در دوره گذشته

- **چشم انداز تغییرات پتانسیل و انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آینده نسبت به دوره پایه**

سرعت رشد و نمو گیاه به تجمع دماهای متوسط روزانه بستگی دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۳). یکی از نمودهای اصلی تغییرات آب و هوایی، تغییر در مقدار و وضعیت پتانسیل گرمایی یا توان انباشت گرمایی مناطق مختلف برای فصل رشد و نمو محصولات مختلف و بخصوص درختان میوه می‌باشد. درخت سیب به عنوان یکی از درختان خزان‌کننده علاوه بر انباشت سرمایی کافی در ایام سرد سال، برای تکمیل دوره رویشی و زایشی خود به انباشت گرمایی یا پتانسیل گرمایی به صورت دماهای فعال بالاتر از آستانه‌های مختلف نیاز دارد. در این راستا مقدار تغییرات و الگوی پتانسیل گرمایی یا توان انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه‌های (صفر، ۴/۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد) از طریق آمار دمای کمینه، دمای بیشینه و میانگین دمای روزانه شبیه سازی شده تا افق ۲۰۹۰ براساس سناریوهای RCP8.5 وRCP4.5 مشخص گردید.

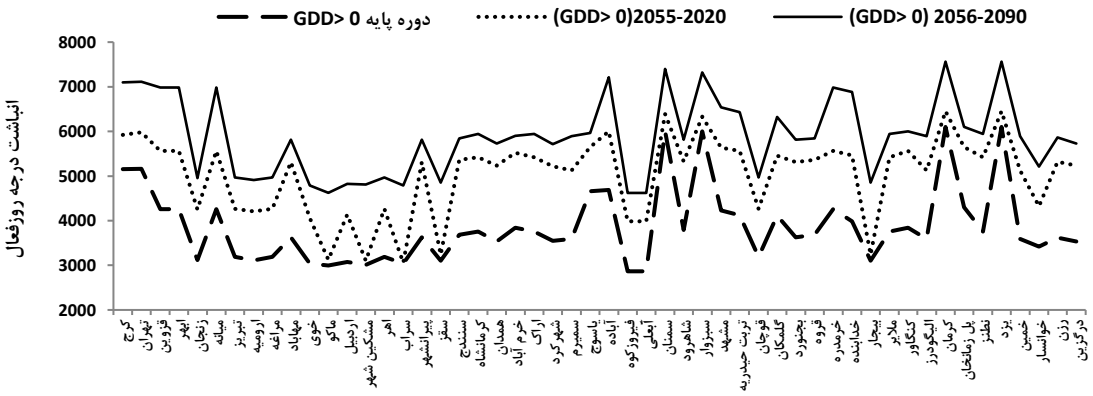
نتایج انباشت گرمایی بالاتر از آستانه صفر درجه سانتی‌گراد مناطق کشت درخت سیب براساس سناریوهای RCP8.5 وRCP4.5 در شکل‌های (۴) و (۵) مشخص شده است. نتایج نشان داد که در دوره آینده میانی و آینده دور، در اثر افزایش دما، پتانسیل گرمایی یا توان انباشت گرمایی نسبت به دوره پایه در مناطق کشت درخت سیب افزایش خواهد یافت. به طوری‌که براساس سناریوی RCP8.5 به طور متوسط در مناطق کشت درخت سیب پتانسیل یا انباشت گرمایی در دوره (۲۰۲۰-۲۰۵۵) و (۲۰۹۰-۲۰۵۶) به ترتیب ۱۲۵۱ و۲۰۳۰ درجه روز فعال افزایش خواهد داشت که به ترتیب ۲۴ و۳۴ درصد، افزایش در انباشت گرمایی نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد. همچنین براساس سناریوی RCP4.5 در دوره

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

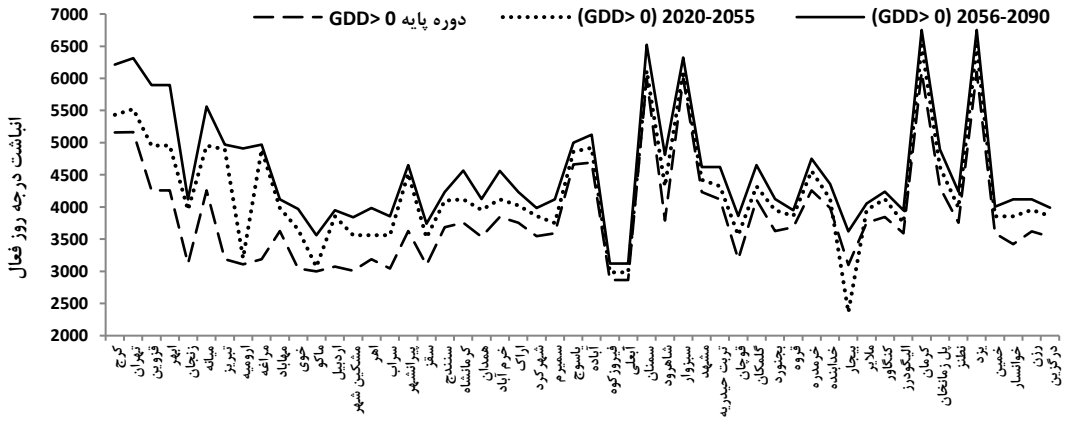
(۲۰۲۰-۲۰۵۵) و (۲۰۹۰-۲۰۵۶) پتانسیل یا انباشت گرمایی به ترتیب ۴۰۰ و ۷۱۴ درجه روز فعال افزایش خواهد داشت که به ترتیب، ۱۵ و ۹/۳ درصد نسبت به دوره پایه افزایش نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که با توجه به افزایش دمای هوا، تغییرات قابل توجه‌ای در پتانسیل و انباشت گرمایی در این آستانه دمایی در مناطق کشت درخت سیب در آینده رخ خواهد داد (جدول۴).

جدول۴- متوسط تغییرات پتانسیل یا انباشت گرمایی در آستانه صفر درجه سانتی‌گراد در مناطق کشت درخت سیب در آینده

دوره پایه	RCP8.5				RCP4.5			
	۲۰۵۵-۲۰۲۰		۲۰۹۰-۲۰۵۶		۲۰۵۵-۲۰۲۰		۲۰۹۰-۲۰۵۶	
	درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات
۳۸۶۳	۵۰۴۰	۲۴	۵۸۹۴	۳۴	۴۲۴۶	۹/۳	۴۵۷۷	۱۵



شکل۴- تغییرات پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه صفر درجه سانتی گراد براساس سناریو RCP8.5 نسبت به دوره پایه



شکل۵- تغییرات پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه صفر درجه سانتی گراد براساس سناریو RCP4.5 نسبت به دوره پایه

در ادامه توزیع مکانی پتانسیل یا انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه صفر درجه سانتی‌گراد مشخص گردید. در ابتدا ارتباط و معادله خط بین پتانسیل و انباشت گرمایی با مولفه‌های مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) مشخص گردید (جدول ۵). نتایج نشان داد که ارتباط نسبتاً بالایی بین مولفه‌های مکانی و پتانسیل و انباشت گرمایی در آستانه صفر درجه سانتی‌گراد وجود دارد. ضریب تعیین بدست آمده در دوره آینده دور

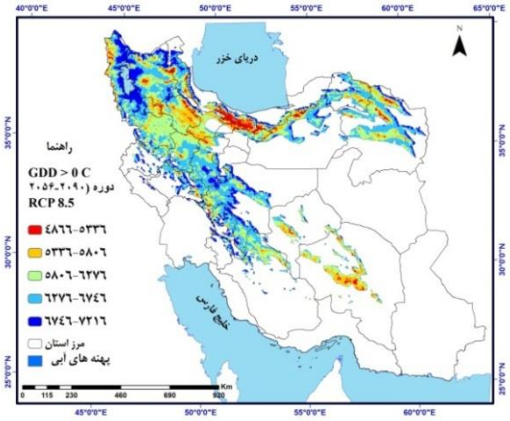
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

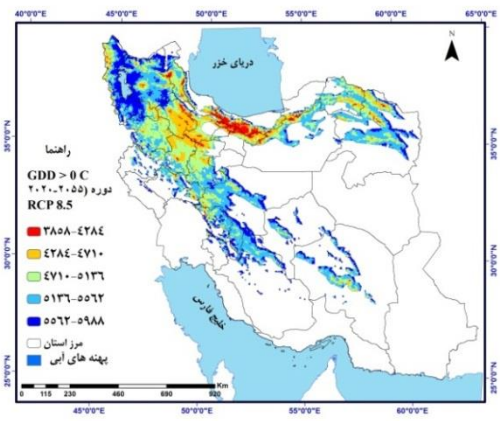
(۲۰۵۶-۲۰۹۰) بیشتر از آینده میانی (۲۰۵۵-۲۰۲۰) است. بنابراین مولفه‌های مکانی در وضعیت انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب نقش مؤثری خواهند داشت. این ارتباط در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار مشاهده شد.

جدول ۵- نتایج ارتباط و معادله‌های خط بین پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه صفر درجه سانتی‌گراد با مولفه‌های مکانی در دوره آینده

پتانسیل و انباشت گرمایی	R	R^2	معادله خط
دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) براساس سناریوی RCP8.5	۰/۵۷	۰/۳۳	Y=15076.152+51.411 Lon-301.2245 Lat-1.219 Elv
دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) براساس سناریوی RCP8.5	۰/۷۷	۰/۵۹	Y=14471.221+47.790Lon-254.887Lat-1.260Elv
دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) براساس سناریوی RCP4.5	۰/۵۸	۰/۳۴	Y=1298.810+141.507Lon-74.906Lat-0.542Elv
دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) براساس سناریوی RCP4.5	۰/۷۷	۰/۵۹	Y=15479.574+46.111Lon-277.396Lat-1.309Elv
Lon: طول جغرافیایی Lat: عرض جغرافیایی Elv: ارتفاع از سطح دریا			

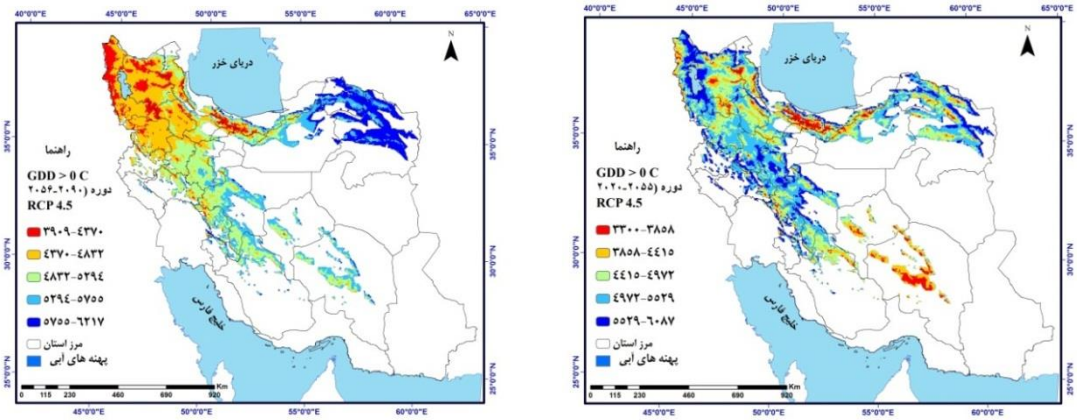
نتایج توزیع مکانی یا الگوی فضایی انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه صفر درجه سانتی‌گراد در شکل (۶) مشخص شده است. نتایج نشان داد که براساس سناریوی RCP8.5 در دوره آینده میانی (۲۰۵۵-۲۰۲۰) انباشت گرمایی از ۳۸۵۸ درجه روز فعال در مناطق با چشم اندازی مرتفع تا ۵۹۸۸ درجه روز فعال در مناطق با چشم اندازی کم ارتفاع متغیر خواهد بود. در دوره آینده دور (۲۰۹۰-۲۰۵۶) این پتانسیل گرمایی با توان بالاتر نسبت به دوره آینده میانی از ۴۸۶۶ درجه روز فعال در مناطق مرتفع تا ۷۲۱۶ درجه روز فعال در مناطق پست و کم ارتفاع تغییر خواهد کرد. براساس سناریوی RCP4.5 توان انباشت گرمایی در دوره آینده میانی (۲۰۵۵ -۲۰۲۰) از ۳۳۰۰ درجه روز فعال در مناطق مرتفع تا ۵۹۸۸ درجه روز فعال در مناطق کم ارتفاع متغیر خواهد بود. در دوره آبنده دور (۲۰۹۰-۲۰۵۶) این پتانسیل گرمایی با افزایش بیشتری، از ۳۰۹۹ درجه روز فعال در مناطق مرتفع، تا ۶۲۱۷ درجه روز در مناطق کم ارتفاع متغیر خواهد بود. در واقع پتانسیل و انباشت گرمایی در این آستانه دمایی از مولفه‌های مکان، بخصوص عامل ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی تأثیر می‌پذیرد. توزیع فضایی در مناطق کشت درخت سیب نشان داد که مناطق البرز میانی و ارتفاعات نقاط مرتفعی چون کرمان و یزد و مناطق شمال غرب بخصوص آذربایجان شرقی، از پتانسیل گرمایی کمتری نسبت به ارتفاعات میانی و دشت‌های پایکوهی برخوردار می‌باشند. چشم اندازهای طبیعی کم ارتفاع و دره‌ها و دشت‌های نواحی شمال شرق، نیمه جنوبی زاگرس مرکزی و نواحی جلگه ای اطراف دریاچه ارومیه در شمال غرب کشور، از پتانسیل و انباشت گرمایی بالاتری در آینده برخوردار خواهند بود.





[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

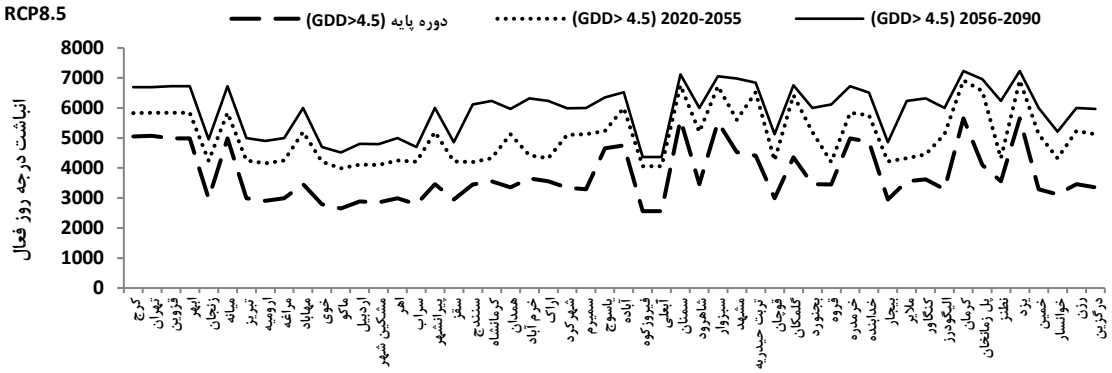


شکل۶- توزیع مکانی انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب بالاتر از آستانه صفر درجه در دوره آینده نسبت به دوره پایه

نتایج تغییرات پتانسیل یا انباشت گرمایی بالاتر از آستانه زیستی درخت سیب (۴/۵ درجه سانتی‌گراد) دوره آینده در مناطق کشت درخت سیب براساس سناریوهای RCP8.5 وRCP4.5 در شکل‌های (۷) و (۸) مشخص گردید. نتایج نشان داد که در دوره آینده میانی (۲۰۵۵-۲۰۲۰) و آینده دور (۲۰۹۰-۲۰۵۶)، در اثر افزایش دما، پتانسیل و انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه زیستی درخت سیب (۴/۵ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. به‌طوری‌که براساس سناریوی RCP8.5، به طور متوسط انباشت گرمایی در آستانه زیستی درخت سیب، در دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) و (۲۰۹۰-۲۰۵۶) به ترتیب، ۱۱۳۲ و۲۱۷۱ درجه روز فعال افزایش خواهد دا شت. این شرایط به ترتیب معادل ۵۱ و ۴۲ درصد تغییرات نسبت به دوره پایه خواهد بود. براساس سناریوی RCP4.5 پتانسیل یا انباشت گرمایی در دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) و (۲۰۹۰-۲۰۵۶) به ترتیب ۳۹۰ و ۶۸۰ درجه روز فعال افزایش خواهد داشت که معادل ۹/۳ و ۱۵/۱ درصد افزایش انباشت و توان گرمایی مناطق کشت درخت سیب، نسبت به دوره پایه می‌باشد (جدول ۶).

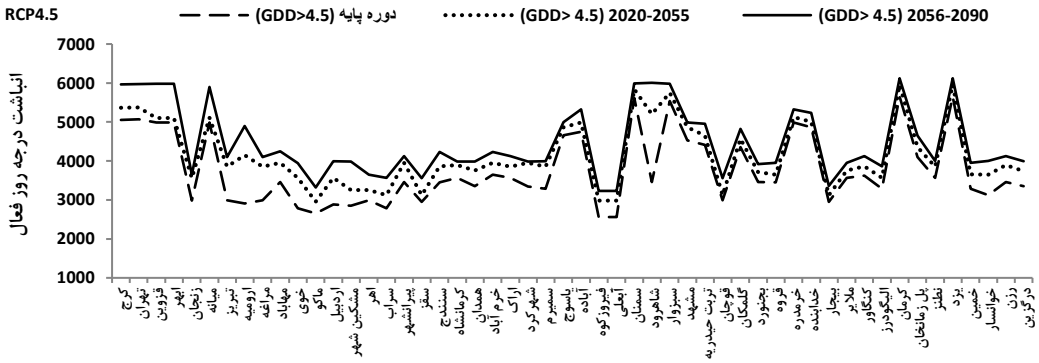
جدول ۶- متوسط تغییرات پتانسیل یا انباشت گرمایی در آستانه ۴/۵ درجه سانتی‌گراد در مناطق کشت درخت سیب در آینده

	دوره پایه	RCP8.5				RCP4.5			
		۲۰۵۵- ۲۰۲۰		۲۰۹۰- ۲۰۵۶		۲۰۵۵- ۲۰۲۰		۲۰۹۰- ۲۰۵۶	
		درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات
آستانه زیستی سیب (۴/۵)	۳۷۶۵	۴۸۹۷	۵۱	۵۵۳۷	۴۲	۴۱۵۴	۹/۳	۴۴۸۵	۱۵/۱



شکل۷- تغییرات پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه زیستی (۴/۵ درجه سانتی‌گراد) براساس سناریوی RCP8.5 نسبت به دوره پایه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]



شکل ۸-تغییرات پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه زیستی (۴/۵ درجه سانتی‌گراد) براساس سناریوی RCP4.5 نسبت به دوره پایه

نتایج ارتباط و معادله‌های خط بین پتانسیل و انباشت گرمایی با مولفه‌های مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) در جدول (۷) مشخص شده است. نتایج نشان داد که در این آستانه ارتباط قابل قبولی بین مولفه‌های مکانی و پتانسیل گرمایی وجود دارد. ضریب همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

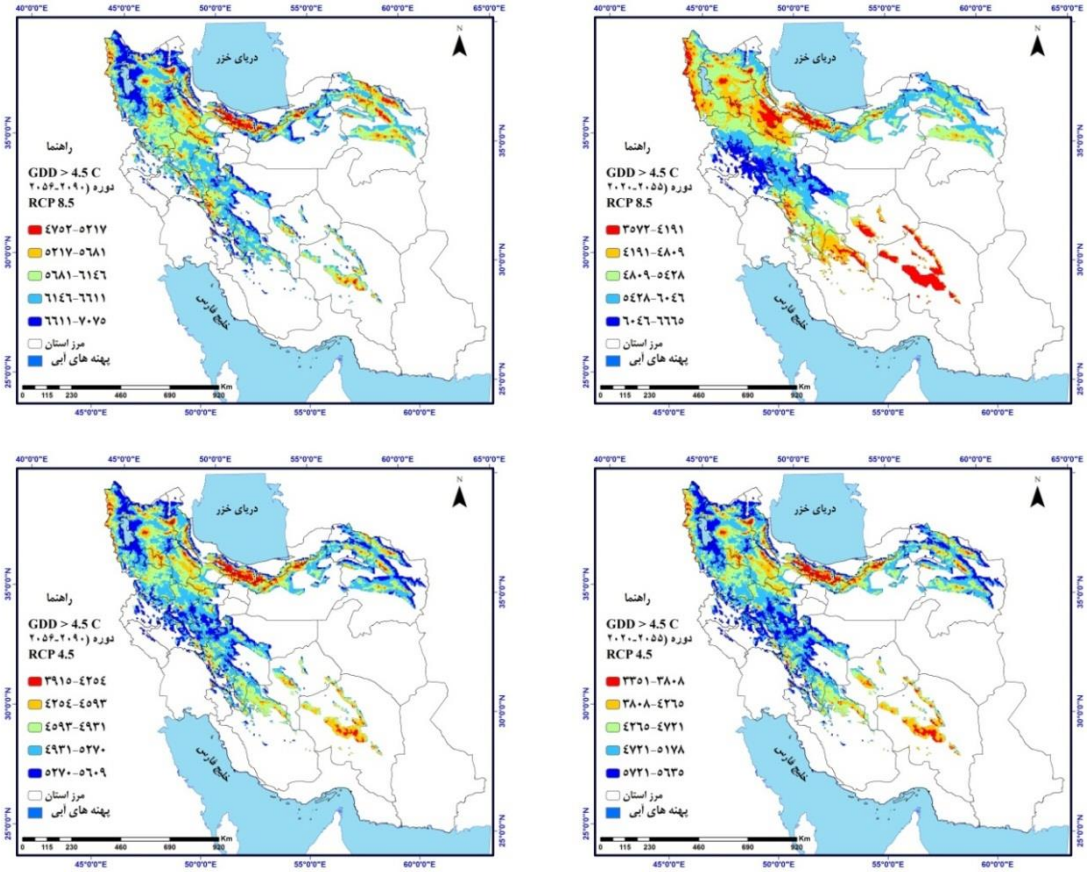
جدول ۷- نتایج ارتباط و معادله‌های خط بین پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه زیستی (۴/۵) درخت سیب با مولفه‌های مکانی در دوره آینده

پتانسیل یا انباشت گرمایی	R	R^2	معادله خط
دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) براساس سناریوی RCP8.5	۰/۵۸	۰/۳۴	Y=1298.810+141.507 Lon-74.906 Lat-0.542 Elv
دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) براساس سناریوی RCP8.5	۰/۷۷	۰/۵۹	Y=15479.574+46.111Lon-277.396Lat-1.309Elv
دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) براساس سناریوی RCP4.5	۰/۶۸	۰/۴۷	Y=1950.990+57.576Lon-196.061Lat-1.314Elv
دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) براساس سناریوی RCP4.5	۰/۶۲	۰/۳۸	Y=1241.626+49.194Lon-169.865Lat-1.421Elv
Lon: طول جغرافیایی Lat: عرض جغرافیایی Elv: ارتفاع از سطح دریا			

نتایج توزیع مکانی یا الگوی فضایی پتانسیل یا انباشت گرمایی در آستانه زیستی درخت سیب (۴/۵ درجه سانتی‌گراد) در شکل (۹) مشخص شده است. نتایج نشان داد که در مناطق کشت درخت سیب براساس سناریوی RCP8.5 در دوره آینده میانی (۲۰۵۵-۲۰۲۰) پتانسیل یا انباشت گرمایی از ۳۵۷۲ تا ۶۶۶۵ درجه روز فعال متغیر می‌باشد. چشم انداز مناطق مرتفع بالای ۴۰۰۰ متر نشان دهنده کمترین پتانسیل و انباشت گرمایی بوده و چشم انداز مناطق کم ارتفاع و هموار بخصوص در نیمه غربی و شمال شرقی مناطق کشت درخت سیب، بالاترین پتانسیل و انباشت گرمایی را خواهند داشت. در دوره آینده دور (۲۰۹۰-۲۰۵۶) میزان پتانسیل یا انباشت گرمایی افزایش بیشتری پیدا خواهد کرد. در این دوره نیز همچنان کمترین توان گرمایی منطبق بر ارتفاعات بالا می‌باشد. در مناطق کم ارتفاع و دشت‌های پایکوهی در حاشیه مناطق مرتفع زاگرس، اطراف دریاچه ارومیه و دامنه‌های شمال و جنوبی کوههای بینالود و بخش‌های جنوبی زاگرس از بالاترین انباشت گرمایی برخوردار خواهند بود. مقدار ضریب تعیین ارتباط مولفه‌های مکانی با پتانسیل و انباشت گرمایی در مناطق کشت درخت سیب در دوره آینده دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) بالاتر از دوره آینده میانی مشاهده می‌شود. مناطق کم ارتفاع شمال غرب، غرب و شمال شرق از بالاترین مقدار انباشت گرمایی برخوردارند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]



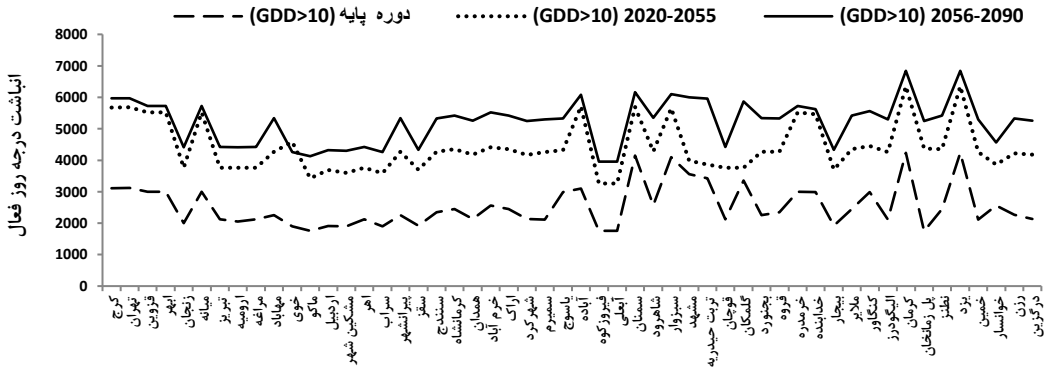
شکل ۹– توزیع مکانی پتانسل و انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب بالاتر از آستانه زیستی درخت سیب (۴/۵ درجه سانتی گراد) در دوره آینده نسبت به دوره پایه

نتایج تغییرات پتانسیل و انباشت گرمایی بالاتر از آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد در مناطق کشت درخت سیب براساس سناریوهای RCP8.5 وRCP4.5 در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) مشخص شده است. نتایج نشان داد که پتانسیل گرمایی در این آستانه نیز نسبت به دوره پایه افزایش خواهد داشت. به طوری‌که براساس سناریوی RCP8.5 به طور متوسط در مناطق کشت درخت سیب پتانسیل یا انباشت گرمایی در آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دوره‌های (۲۰۵۵-۲۰۲۰) و (۲۰۹۰-۲۰۵۶) به ترتیب ۱۵۰۰ و۱۸۰۰ درجه روز فعال افزایش خواهد داشت که معادل ۳۶ و ۲۳ در صد تغییرات نسبت به دوره پایه می‌باشد. براساس سناریوی RCP4.5 در دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) و (۲۰۹۰-۲۰۵۶) به ترتیب ۵۵۰ و ۸۶۰ درجه روز فعال افزایش خواهد داشت که برابر با ۱۷ و ۲۵ درصد تغییرات می‌باشد (جدول۸).

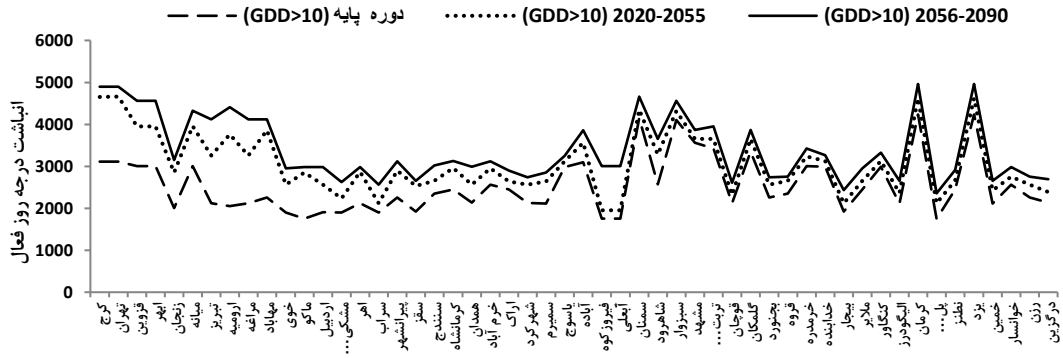
جدول۸– متوسط تغییرات پتانسیل گرمایی یا انباشت گرمایی در آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد در مناطق کشت درخت سیب در آینده

	دوره پایه	RCP8.5				RCP4.5			
		۲۰۲۰ -۲۰۵۵		۲۰۵۶- ۲۰۹۰		۲۰۲۰ -۲۰۵۵		۲۰۵۶- ۲۰۹۰	
		درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات	درجه روز	درصد تغییرات
آستانه ۱۰ درجه سانتی گراد	۲۵۴۴	۴۴۱۶	۳۶	۵۲۲۲	۲۳	۳۰۶۸	۱۷	۳۴۰۱	۲۵

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]



شکل۱۰– تغییرات پتانسیل یا انباشت گرمایی مناطق کشت سیب براساس آستانه ۱۰ درجه سانتی گراد براساس سناریوی RCP8.5نسبت به دوره پایه



شکل ۱۱– تغییرات توان گرمایی مناطق کشت سیب براساس آستانه ۱۰ درجه سانتی گراد براساس سناریوی RCP4.5 نسبت به دوره پایه

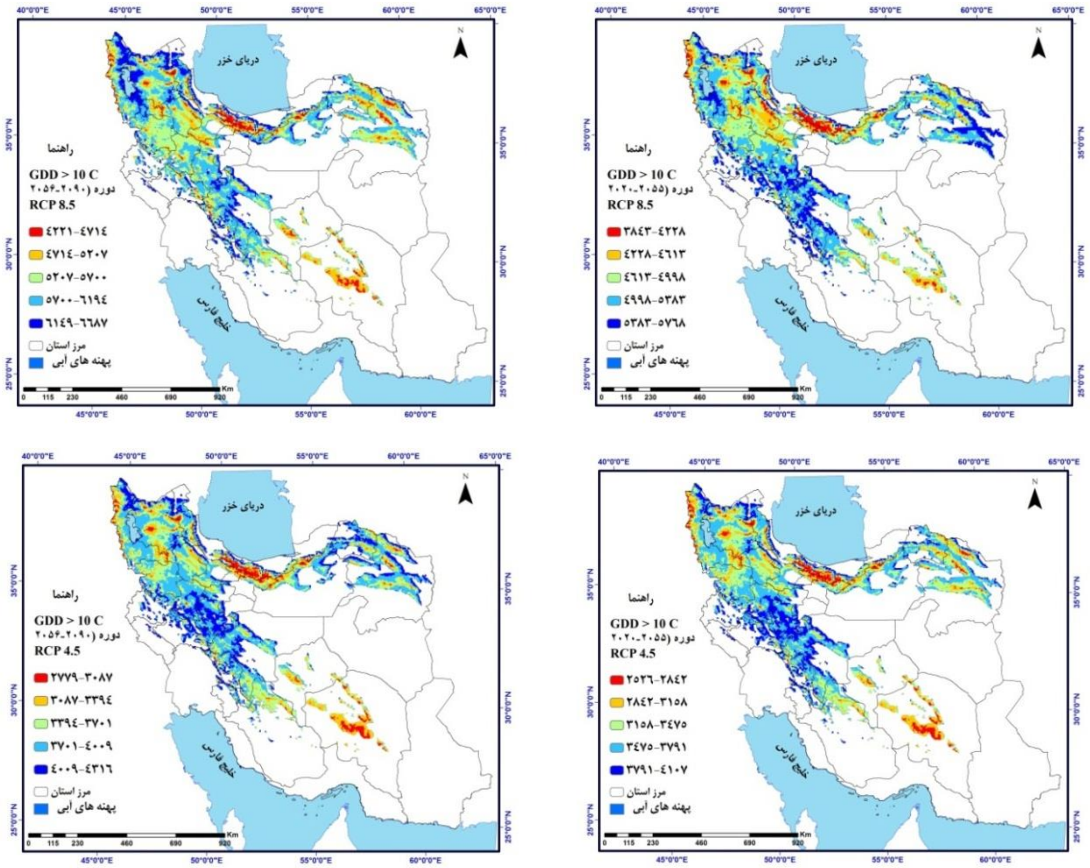
به منظور توزیع مکانی پتانسیل یا انباشت گرمایی در آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد نتایج ارتباط و معادله‌های خط بین پتانسیل گرمایی با مولفه‌های مکانی در جدول (۹) مشخص شده است. نتایج نشان داد که در این آستانه نیز ارتباط قابل قبولی بین مولفه‌های مکانی و پتانسیل گرمایی وجود دارد. در این آستانه نیز ارتباط در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار مشاهده شد.

جدول۹– نتایج ارتباط و معادله‌های خط بین پتانسیل گرمایی مناطق کشت درخت سیب در آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد با مولفه‌های مکان در دوره آینده

پتانسیل گرمایی	R	R^2	معادله خط
دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) براساس سناریوی RCP8.5	۰/۶۶	۰/۳۶	Y=15656.506+11.292 Lon-291.921 Lat-1.267 Elv
دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) براساس سناریوی RCP8.5	۰/۸۸	۰/۶۴	Y=13462.610+42.119Lon-242.178Lat-1.145Elv
دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) براساس سناریوی RCP4.5	۰/۶۵	۰/۴۳	Y=9135.402+21.844Lon-137.1091Lat-1.185Elv
دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) براساس سناریوی RCP4.5	۰/۵۸	۰/۳۳	Y=7020.326+30.766Lon-89.498Lat-1.281Elv
Lon: طول جغرافیایی Lat: عرض جغرافیایی Elv: ارتفاع از سطح دریا			

توزیع مکانی یا الگوی فضایی پتانسیل یا انباشت گرمایی براساس آستانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد در شکل (۱۲) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در مناطق کشت درخت سیب براساس سناریوی RCP8.5 در دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) انباشت گرمایی از ۳۸۴۳ درجه روز فعال در مناطق مرتفع تا ۵۷۶۸ درجه روزفعال در مناطق کم‌ارتفاع متغیر خواهد بود. در دوره (۲۰۹۰-۲۰۵۶) این شرایط از ۴۲۲۱ درجه روز فعال در نقاط مرتفع تا ۶۶۸۷ درجه روزفعال در مناطق کم ارتفاع افزایش خواهد یافت. براساس سناریوی RCP4.5 توان گرمایی در دوره (۲۰۵۵-۲۰۲۰) از ۲۵۲۶ درجه روز در مناطق مرتفع تا ۴۱۰۷ درجه روز در نقاط کم ارتفاع متغیر خواهد بود. در دوره (۲۰۹۰ -۲۰۵۶) نیز این شرایط از ۲۷۷۹ درجه روز فعال در ارتفاعات بالا تا ۴۳۱۶ درجه روز فعال در مناطق کم ارتفاع افزایش خواهد یافت. مناطق شمال شرق، نیمه غربی و زاگرس مرتفع، نواحی حاشیه مراکز داخلی کشور و اطراف دریاچه ارومیه از بالاترین سطح انباشت گرمایی برخوردا می‌باشند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]



شکل ۱۲– توزیع مکانی انباشت گرمایی یا پتانسل گرمایی مناطق کشت درخت سیب بالاتر از آستانه ۱۰ درجه سانتی گراد در دوره آینده نسبت به دوره پایه

بررسی‌ها نشان داد که تغییر اقلیم مهم‌ترین تهدید و چالش محیطی پیش روی بشر است، که با تغییر در الگوها و مولفه‌های اقلیمی، بر تمام جنبه‌های حیات در زیست کره تاثیر خواهد گذاشت. بخش کشاورزی و زیر بخش باغبانی به عنوان یکی از مهم ترین کاربری‌های تامین کننده اشتغال، ارزآوری، استقلال اقتصادی و تامین امنیت غذایی به شدت نسبت به تغییرات اقلیمی، بخصوص افزایش دما حساس است. نتایج نشان داد که یکی دیگر از نمودهای اصلی تغییرات آب و هوایی دوره آیند به صورت افزایش انباشت گرمایی بیشتر در مناطق مختلف خودنمایی خواهد کرد. سرعت نمو گیاه به تجمع دماهای متوسط روزانه بستگی دارد. هر چه دمای هوا سریعتر تجمع یابد، گیاه سریعتر مراحل رشد و نمو را طی می‌کند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۳). نتایج نشان داد که پتانسیل و انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. افزایش پتانسیل و انباشت گرمایی موجب کاهش طول دوره رشد درخت سیب خواهد شد و در واقع درخت سیب سیکل رویشی و زایشی خود را زودتر تکمیل خواهد کرد. هر چند افزایش انباشت گرمایی در اثر افزایش دمای هوا موجب افزایش رشد رویشی و امکان رشد دو محصول در کنار هم خواهد شد، اما برای درختان میوه خزان کننده و نقاط سردسیر، انباشت گرمایی یک مخاطره جدی خسارت زا محسوب می شود (غریبی، ۱۳۹۵). با توجه به نتایج بدست امده در این تحقیق، انباشت گرمایی زیادی در مناطق کشت درخت سیب که جزو مناطق مرتفع و سردسیر ایران هم محسوب می شوند، تجمع پیدا خواهد کرد. این شرایط آثار منفی بیشتری بر کیفیت، طعم و رنگ پذیری واریته‌های پاییزه یا دیررس تجاری خواهد گذاشت. نتایج این بخش مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۹۳) را تایید می‌نماید. آنها براساس سناریوهای RCP مشخص نمودند که در آینده با توجه به افزایش دمای هوا و بالا رفتن میزان درجه روزهای رشد، طول فصل رشد درخت سیب و دیگر درختان میوه مشابه، کوتاهتر خواهد شد. در اثر افزایش دمای هوای ناشی از اثرات تغییر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

اقلیم براساس سناریوهای واداشت تابشی، پتانسیل و توان انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب برای کشت گونه‌های مختلف افزایش خواهد داشت. نتایج مطالعات غریبی (۱۳۹۱) بر روی درخت زیتون در منطقه طارم نشان داد که انباشت گرمایی از روند افزایشی برخودار بوده و این انباشت واحدهای گرمایی برای درخت زیتون در پیوند با گرمایش جهانی است. افزایش دمای هوا برای درختان خزان کننده با نیاز سرمایی بالا، یک مخاطره جدی محسوب می‌شود و بایستی برنامه‌های سازگارنه طراحی شود. مطالعات (Ramirez & Kallarackal, 2015) در بررسی واکنش درختان میوه به گرمایش جهانی و تغییر اقلیم نشان داد که انباشت گرمای زیاد، محدوده مناسب کشت درختان مناطق سردسیر مانند درخت سیب را تغییر خواهد داد. افزایش دمای هوا و تجمع زودهنگام واحدهای حرارتی در مراحل رشد و نمو، موجب کاهش فصل رشد و همچنین کاهش عملکرد و کیفیت محصولات باغی مناطق معتدله و سردسیر ایران خواهد شد. با توجه به این شرایط، مناطق کشت درخت سیب در ایران در آینده به نواحی مرتفع‌تر کشیده خواهد شد، زیرا همانطور که مشخص شد درخت سیب یک نبات مناطق سردسیر بوده و این افزایش پتانسیل گرمایی با کاهش طول فصل رشد، کیفیت میوه سیب را کاهش می‌دهد. افزایش انباشت گرمایی هر چند از نظر رشد رویشی برای درخت مناسب بوده و امکان رشد گونه‌های دیگر در کنار درخت سیب را فراهم می‌سازد، اما رشد زایشی و عملکرد و کیفیت میوه را تحت تأثیر قرار خواهد داد. از طرفی دیگر با چنین انباشت گرمایی، وضعیت رطوبت خاک مناطق کشت درخت سیب در اثر افزایش دمای هوا خشک‌تر شده، لذا افزایش نیاز آبی نیز به دلیل خشکی خاک بالا می‌رود و توان تامین آب در بعضی مناطق کشت درخت سیب در ایران مانند شمال شرق و نواحی حاشیه مناطق بیابانی با کمبود بیشتر مواجه خواهند شد. بنابراین افزایش دمای هوا دوره آینده در اثر تغییر اقلیم، یک مخاطره و تنش جدی برای درختان خزان کننده مناطق معتدله و سردسیر ایران مانند سیب محسوب می شود. انجام برنامه های سازگارانه با هدف اصلاح الگوی کشت و اصلاح واریته ها حائز اهمیت اشت.

نتیجه گیری

مطالعه حاضر با هدف آشکار سازی اثرات تغییر اقلیم بر پتانسیل و انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران براساس سناریوهای واداشت تابشی و آخرین گزارش تغییر اقلیم واکاوی گردید. نتایج نشان داد که پتانسیل و انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در دوره آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. یکی از اثرات افزایش و تغییر الگوهای دمایی در آینده برای درختان میوه، به صورت افزایش انباشت گرمایی آشکار خواهد شد. افزایش انباشت گرمایی موجب کاهش طول دوره رشد درختان میوه بخصوص درختان خزان کننده مانند سیب خواهد شد. در واقع درختان میوه، چرخه رویشی و زایشی خود را زودتر تکمیل خواهند کرد. تکمیل زودهنگام مراحل فنولوژی درختان سیب پاییزه و دیگر درختان میوه مشابه، پیامدهایی مانند کاهش عملکرد، کاهش کیفیت و رنگ پذیری و توان رقابتی در بازار صادراتی را در پی خواهد داشت. با توجه به این شرایط، مناطق مساعد کشت درخت سیب در آینده برای دستیابی به شرایط اقلیمی مناسب‌تر، به نواحی مرتفع‌تر کشیده خواهد شد. از طرفی دیگر با چنین انباشت گرمایی، وضعیت رطوبت خاک مناطق کشت درخت سیب در اثر افزایش دمای هوا خشک‌تر شده، لذا افزایش نیاز آبی نیز به دلیل خشکی خاک بالا می‌رود و توان تامین آب در بعضی مناطق کشت سیب کشور مانند شمال شرق و نواحی حاشیه مناطق بیابانی با کمبود و تنش جدی در تامین آب برای رفع نیاز آبی مواجه خواهد شد. بنابراین افزایش دمای هوا و انباشت گرمایی بالا در اثر گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی در آینده، برای درختان خزان کننده یک تهدید و تنش جدی از طریق کاهش عملکرد و عدم تامین سرمای زمستانه لازم خواهد بود. برای دیگر درختان میوه مانند گرمسیری و نیمه گرمسیری، این افزایش انباشت گرمایی می‌تواند یک فرصت باشد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، کشت و تولید محصول استراتژیک سیب درختی در ایران در آینده با ریسک تغییر اقلیم و افزایش دمای هوا همراه خواهد بود، بنابراین انجام برنامه‌های تغییر الگوی کشت، اصلاح واریته‌ها به سمت واریته‌های بومی و زودرس، ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین راهکارها برای اهداف سازگارانه در شرایط تغییر اقلیم محسوب می‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

منابع

آمار نامه محصولات باغی کشور ۱۳۹۴. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

بنی ها شمی، ضیاالدین. ۱۳۹۵. تغییر های اقلیمی و بیماری‌های گیاهی. *مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱(**۲**): ۱۷۲-۱۶۵.

اداوی، ظهراب. ۱۳۹۳. شبیه سازی اثرات تغییر اقلیم بر تولید سیب زمینی در منطقه فریدن شهر اصفهان و ارائه راهکارهای سازگاری براساس رهیافت‌های مدلسازی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

ترکمان، مجتبی. ۱۳۹۴. بررسی اثر گرمایش و تغییر اقلیم بر ویژگی‌های زراعی و تولید سیب زمینی در ایران، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه اکولوژی گیاهان زراعی. مشهد.

صمدی یزدی، بهمن. ۱۳۹۶.کاربرد فناوریهای آینده نگر در تامین امنیت غذایی در ایران و جهان، *مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۲(**۱**): ۲۸-۱۵.

راحمی، مجید ۱۳۸۹. درختان میوه معتدله در اقلیم های گرم، چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

سبزی پرور، علی اکبر، ولاشدی، رضا نوروز. ۱۳۹۴. اثر تغییر اقلیم بر روند تامین نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار (مطالعه موردی: استان همدان) *نشریه علوم باغبانی(علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۹(**۳**)، ۳۶۷-۳۵۸.

غریبی، خسرو. ۱۳۹۱. بررسی فنولوژی گلدهی و احتمال وقوع خسارت در زیتون (Olea europaea L) بر مبنای پارامترهای دمایی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی کرج، کرج.

فلاح قالهری، غلامعباس. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر محدوده های کشت مرکبات در ایران، پایان نامه دکتری، دانشگاه اصفهان، اصفهان.

محمدی، الهام، حجت اله یزدان پناه و فریبا، محمدی.۱۳۹۳. بررسی رخداد تغییر اقلیم و تاثیر آن بر زمان کاشت و طول دوره رشد گندم دوروم (دیم) مطالعه موردی: ایستگاه سرارود کرمانشاه، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۶(۲)، ۲۴۶-۲۳۱.

قهرمان، نوذر، ایمان بابائیان و سید محمدرضا طباطبایی. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و طول دوره رشد گیاه نیشکر تحت سناریوهای واداشت تابشی. *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، ۶(**۱**)، ۷۳-۶۳.

کوچکی، علیرضا، مهدی نصیری محلاتی و لیلا جعفری. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران: پیش بینی وضعیت آگروکلیماتیک آینده. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۳ (**۴**)، ۶۶۴-۶۵۱.

یعقوب زاده، مصطفی، محسن احمدی، سعید برومند نسب و سید ابوالقاسم حقایقی مقدم. ۱۳۹۵. اثر تغییر اقلیم بر روند تغییرات تبخیر – تعرق در طی دوره رشد گیاهان مزارع آبی و دیم با استفاده از مدل‌های جفت شده، *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۰(**۴**)، ۵۲۳-۵۱۲.

Guo, L., J. Dai, M. Wang, J. Xu and E. Luedeling. 2015. Responses of spring phenology in temperate zone trees to climate warming: a case study of apricot flowering in China. *Agricultural and Forest Meteorology*, **201**: 1-7. DOI**:** S0168192314002676

Alvolio, A. Orlandi, F. Bellecci, C. (2012). Assessment of the impact of climate change on the Olive flowering in Calabria(Southern Italy)**.** Theoretical and Applied Climatological, 107:531-540. Doi:org/10.1007/s00704-011-0500-2

Darbyshir, R. L. Webb, I. Goodwin, and E.W.R. Barlow. 2013. Impact of future warming on winter chilling I Australia**.** *International Journal of Biometeorology*, **57**:355-366. DOI: org/10.1007/s00484-012-0558-2

Grab, S. A. Craparo. 2011. Advance of apple and pear tree full bloom dates in response to climate change in the southwestern Cape, South Africa: 1973–2009**.** *Agricultural and Forest Meteorology*, **151**: 406–413. DOI: org/10.1016/j.agrformet.2010.11.001

Gutierrez, A. P., L. Ponti, Q. A. and Cossu. 2009**.** Effects of climate warming on olive and olive fly (Bactrocera oleae (Gmelin) in California and Italy**.** *Climatic Change*, **95**(1): 195-217. Doi.org/10.1007/s10584-008-9528-4

Jones, P. G., P. K.Thornton. 2013. Generating downscaled weather data from a suite of climate models for

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]

agricultural modelling applications**.** *Agricultural Systems*, **114**: 1-5. Doi.org/10.1016/j.agsy.2012.08.002
Machovina, B. K.J. Feeley. 2013. Climate change driven shifts in the extent and location of areas suitable for export banana production. *Ecological Economics*, **95**: 3–95. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.08.004
Nouri, M., M. Homaee, M. Bannayan, G. Hoogenboom. 2017.Towards shifting planting date as an adaptation practice for rainfed wheat response to climate change**.** *Agricultural Water Management*, **186**: 108-119. doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.004
Ramirez, A. T.L. Davenport. 2013. Apple pollination: A review. *Scientia Horticulture*, **162**: 188-203.
Ramirez, F. J. Kallarackal. 2015. Responces of fruit trees to the global climate change. Springer Cham Heidelberg New York, Dordrecht London. ISBN. 978-3-319-14199-2.
Wang, H. Q, J. Ge, Z. Dai, Tao. N. 2015. Geographical pattern in first bloom variability and its relation to temperature sensitivity in the USA and China. *International Journal of Biometeorology*, **59**:961-969. doi.org/10.1007/s00484-014-0909-2
Zhang, Y. Y. Wang, and H. Niu. 2017. Spatio-temporal variations in the areas suitable for the cultivation of rice and maize in China under future climate scenarios, *Total Environment*, **601–602**: 518–531. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.232

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.35]