



دانشگاه گواران و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و ششم، شماره چهارم، ۱۳۹۸  
۱۳۵-۱۵۳

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.16469.3176

## بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی نخیلات در منطقه اهواز

\*عبدالحمید محبی

استادیار پژوهشی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷

### چکیده

**سابقه و هدف:** در سال‌های اخیر، افزایش دما به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای منجر به تغییر در اقلیم شده است. گرمایش جهانی و تغییر اقلیم از بحث‌های مهم جهان امروز است که متغیرهای مختلفی در آن دخالت دارند و بر آن تأثیر می‌گذارند. به دلیل اهمیت بحث تغییر اقلیم و آثار آن و به منظور برنامه‌ریزی در جهت سازگار شدن با تغییرات اقلیمی، پیش‌بینی متغیرهای جوی توسط دانشمندان با استفاده از مدل‌های مختلف صورت گرفته است. اهدافی که در این پژوهش مدنظر بود شامل تجزیه و تحلیل روند سالانه بارش و درجه حرارت، مقایسه نتایج مدل‌های گزارش پنجم با یکدیگر و تعیین تغییرات در میزان بارش و درجه حرارت در دوره‌های آبی نسبت به دوره پایه و برآورد آب موردنیاز نخیلات منطقه اهواز در راستای مدیریت پایدار منابع آب بود.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش از مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری با استفاده از مدل SDSM خروجی مدل تغییر اقلیم canESM2 ایستگاه سینوپتیک اهواز براساس مدل‌های گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم و تحت سناریوهای جدید انتشار و پیش‌بینی‌های آبی در سه بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۰، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ در مقایسه با دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ استفاده شد. مشاهدات روزانه بارش، دمای متوسط، حداقل و حداکثر برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱ به عنوان ورودی وارد مدل شد. با در نظر گرفتن سناریوهای تغییر اقلیم (RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5) برای دوره‌های آبی تغییر اقلیم موردنظر، مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج خروجی مدل ریزمقیاس نشان داد که در دوره‌های آینده دما در ایستگاه اهواز بر اساس سه سناریوی مورد بررسی افزایش و بارش در سه سناریوی مورد بررسی برای هر سه دوره کاهش خواهد یافت. این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژوئن به میزان ۰/۹۵ درجه سانتی‌گراد طی سناریو RCP8.5 و بیش‌ترین آن به میزان ۳/۹۶ در ماه سپتامبر و طی سناریو RCP4.5 به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۱/۹۶ درجه طی سناریوی RCP8.5 اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه متوسط دما

\* مسئول مکاتبه: [hamidmohebi@hotmail.com](mailto:hamidmohebi@hotmail.com)

به میزان ۲/۵۷ درجه طی سناریوی RCP4.5 اتفاق می‌افتد که تفاوت اندکی با سناریوی ۲/۶ دارد. دمای متوسط در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۷۰-۲۰۴۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه دسامبر به میزان ۳/۱۳ درجه سانتی‌گراد طی سناریو RCP2.6 و بیش‌ترین آن به میزان ۵/۵۷ در ماه سپتامبر و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۳/۱۸ درجه طی سناریوی ۲/۶ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۴/۶۵ درجه طی سناریوی ۸/۵ اتفاق می‌افتد که تفاوت اندکی با سناریو ۴/۵ دارد. دمای متوسط در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۹۹-۲۰۷۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ افزایش نشان داد. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژانویه به میزان ۱/۵۸ درجه سانتی‌گراد طی سناریو آر سی پی ۲/۶ و بیش‌ترین آن به میزان ۶/۶۲ در ماه اکتبر و طی سناریو ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۴/۲۷ درجه سانتی‌گراد طی سناریو ۲/۶ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۵/۹۹ درجه طی سناریوی ۸/۵ اتفاق افتاد. نتایج آب مورد نخیلات با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات ۸ در نشان داد که آب مورد نیاز نخیلات در سال‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱ در اهواز طی سناریو (RCP2.6) به میزان ۰/۴ درصد کاهش و تحت دو سناریو دیگر به میزان ۵ تا ۸ درصد افزایش یافت. آب مورد نیاز نخیلات جهت سال‌های ۲۰۷۰-۲۰۴۱ به میزان ۱۵ تا ۱۹ درصد و در سال‌های ۲۰۹۹-۲۰۷۱ به میزان ۲۵ تا ۲۸ درصد افزایش نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به افزایش درجه حرارت و کاهش میزان بارندگی در دوره‌های آتی، نیاز آبیاری نخیلات در منطقه اهواز افزایش خواهد یافت.

**واژه‌های کلیدی:** تغییر اقلیم، نخل خرما، نیاز آبی

### مقدمه

افزایش یابد. افزایش غلظت گازکربنیک در آینده منجر به افزایش دمای جو می‌شود که مهم‌ترین اثر آن در کشاورزی افزایش تبخیر و تعرق و تغییر طول دوره رشد گیاهان است که با هم نیاز آبی گیاه را تعیین می‌کنند؛ بنابراین نیاز آبی گیاهان به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن خواهد بود (۳). میانگین متغیرهای اقلیمی به‌خصوص مؤلفه‌های دما و بارش در مقیاس سالانه یا فصلی، نقش غالبی را در چرخه هیدرولوژی بازی نموده و معمولاً به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرند (۸). تبخیر و تعرق بعد از بارندگی اصلی‌ترین جزء چرخه هیدرولوژیکی است که تعیین‌کننده نیاز آبی گیاه می‌باشد. چندین پارامتر اقلیمی مانند دما، باد، بارش و ساعات آفتابی از جمله

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم از بحث‌های مهم جهان امروز است که متغیرهای مختلفی در این امر دخالت دارند و بر آن تأثیر می‌گذارند. مفهوم تغییر اقلیم تغییرات معنادار در متوسط داده‌های هواشناسی (دما، بارش و ...) دوره‌های زمانی مشخص را دربرمی‌گیرد. مطالعات زیادی بیانگر آن است که تغییر اقلیم در قرن حاضر اجتناب‌ناپذیر است. طبق گزارش چهارم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم اگر کشورها نتوانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند، میانگین دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ بر مبنای پیش‌بینی سناریوهای مختلف اقلیمی نسبت به صدسال گذشته، افزایش خواهد یافت (۱۵). انتظار می‌رود که با افزایش درجه حرارت میزان تبخیر و تعرق پتانسیل نیز

درجه سانتی‌گراد در دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و در حدود ۴/۵-۳ درجه سانتی‌گراد در دوره ۲۰۷۰-۲۰۵۱ افزایش می‌یابد (۵).

ریزمقیاس‌نمایی آماری با نرم‌افزارهای متفاوتی انجام می‌شود. یکی از نرم‌افزارهای مورد استفاده در این روش (SDSM) است. این روش توسط ویلی و داوسن (۲۰۰۷) به‌عنوان ابزاری در جهت ریزمقیاس کردن با روش آماری توسعه‌یافته که مبنای آن رگرسیون چندمتغیره است و پارامترهای جوی را پیش‌بینی می‌کند (۲۰). اصول کلی (SDSM) بر پایه برقراری ارتباط بین متغیرهای مدل‌های گردش عمومی جو (رطوبت، فشار هوا و...) به‌عنوان متغیر مستقل و متغیرهای اقلیمی مانند دما و بارش به‌عنوان متغیر وابسته است که براساس بیش‌ترین ضریب همبستگی متغیرها را وارد مدل می‌کند تا در ارزیابی کارایی مدل از آن بهره‌گیرد. در سطح جهان و ایران مطالعات مختلفی به‌منظور پیش‌بینی و کارایی این مدل انجام شده است.

خلیلی‌اقدام و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی با تأیید توانایی مدل LARS-WG شبیه‌سازی اقلیمی برای متغیرهای دما، تابش و بارش در ایستگاه سینوپتیک سنندج در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۹ به پیش‌بینی آن‌ها در ۲۰ سال آینده بر مبنای سناریوی A پرداختند. براساس نتایج آن‌ها مقدار میانگین دمای حداقل و حداکثر و بارش نسبت به دوره پایه به‌ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۹۳ درجه سانتی‌گراد و ۶ میلی‌متر افزایش می‌یابد (۱۷).

هارمسن و همکاران (۲۰۰۹) اثر تغییر اقلیم بر مقدار تبخیر و تعرق، بارش، کمبود بارش و کاهش عملکرد نسبی محصول را در سه منطقه از غرب پورتوریکو تحت سناریوها B1، A2 و A1 بررسی نمودند. بررسی میانگین ۲۰ ساله بارش طی ماه سپتامبر در تمامی مناطق تحت سناریوهای بررسی

عوامل اصلی مؤثر بر نیاز آبی گیاهان یا تبخیر و تعرق می‌باشند. بدیهی است هر گونه تغییر در این پارامترهای اقلیمی در اثر تغییرات اقلیمی، بر تبخیر و تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود. نیاز آبی گیاه و تبخیر و تعرق آن عامل اصلی مصرف آب در بخش کشاورزی است (۲). افزایش درجه حرارت در نتیجه تقاضای بالای تبخیر و تعرق همراه با کاهش قابل‌توجه بارش است که به‌شدت بر روی منابع آب تأثیرگذار خواهد بود (۱۱). شواهد قوی نشان می‌دهد که افزایش گازهای گلخانه‌ای سبب تغییر نوسانات و روند کمیت‌های هیدرو اقلیمی می‌گردد (۱۴). امروزه به‌دلیل افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای، گرمایش جهانی احتمالاً تأثیرات چشمگیری در میزان بارش خواهد داشت (۷). در قرن گذشته، میانگین درجه حرارت جهانی ۰/۸۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بارش به‌عنوان یک عامل کلیدی در تغییر در فرکانس و دامنه چرخه هیدرولوژیکی، عواقب جدی را به دنبال خواهد داشت (۶).

تمام مطالعات پیشین در رابطه با بررسی پدیده تغییر اقلیم، عمدتاً براساس مدل‌های گزارش چهارم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم انجام پذیرفته است (۱). در حالی‌که اخیراً بیش‌تر پژوهشگران در سرتاسر جهان با استفاده از گزارش ارزیابی پنجم به بررسی تغییرات اقلیم تحت سناریوهای جدید انتشار در مناطق مختلف پرداخته‌اند (۳).

اختر و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر تغییر اقلیم را در حوضه رودخانه هندوکش کاراکروم واقع در هیمالیا برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ مورد بررسی قرار دادند و نتایج کار آن‌ها افزایش دما و بارش را در حوضه مورد مطالعه نشان داد (۱).

آذرانفر و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش و دما در حوضه آبریز زاینده‌رود پرداختند. نتایج نشان داد که دمای سالانه حدود ۲

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** به منظور انجام این پژوهش، برای بررسی اثر تغییر اقلیم اطلاعات آب و هوایی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اهواز به دلیل داشتن آمار بلندمدت از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. داده‌های روزانه شامل حداقل دما، حداکثر دما، بارش در دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ بود.

**ریزمقیاس‌نمایی:** در این پژوهش به منظور کوچک‌مقیاس کردن مکانی داده‌ها از روش مدل ریزمقیاس‌سازی (مدل آماری ریزمقیاس‌سازی توسط ویلی و داوسون ۲۰۰۷) استفاده شد (۲۰). تغییرات اقلیم آینده توسط سه سناریوی جدید انتشار RCPS به نام‌های (RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5) و تحت سه بازه زمانی آینده نزدیک (۲۰۴۰-۲۰۱۱)، آینده میانی (۲۰۷۰-۲۰۴۱) و آینده دور (۲۰۹۹-۲۰۷۱) در این سه مدل مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. سناریوی انتشار-RCP2.6 این سناریو دربرگیرنده کم‌ترین نرخ افزایش گازهای گلخانه‌ای و واداشت تابشی ناشی از آن است. برای رسیدن به این سطح واداشت تابشی بایستی گازهای گلخانه‌ای به میزان قابل‌توجه کاهش یابند. سناریوی RCP4.5- در این سناریو واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر مترمربع ثابت می‌ماند.

سناریوی- RCP8.5 بدون اتخاذ هیچ‌گونه سیاست‌های کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب‌وهوای کره زمین در خط سیر سناریوی انتشار پیش خواهد رفت. به طوری که ادامه این روند منجر به واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ می‌گردد.

**صحت‌سنجی داده‌ها:** جهت صحت‌سنجی داده‌های مطالعاتی مدل‌سازی شده و انطباق با داده‌های مشاهداتی از مدل SDSM خروجی مدل تغییر اقلیم canESM2 ایستگاه سینوپتیک اهواز براساس مدل‌های گزارش

شده بین ۱۲۱ تا ۳۲۱ میلی‌متر افزایش و در ماه فوریه به مقدار ۲۷ تا ۷۷ میلی‌متر کاهش می‌یابد (۱۴).

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق حوضه آبریز رودخانه کشف‌رود با ریزمقیاس نمودن خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 و برای سه دوره ۳۰ ساله در آینده نشان داد که در اثر افزایش دما میزان تبخیر تعرق در تمامی ماه‌ها برای هر سه دوره مورد بررسی افزایش خواهد یافت (۳).

تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبیاری و عملکرد نیشکر در کشور سوئیس با مدل گردش عمومی HadCM3 و تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 برای دوره پایه ۱۹۸۰-۱۹۹۷ و دوره آتی ۲۰۶۹-۲۰۴۰ استفاده و نتایج نشان داد، نیاز آبیاری نسبت به دوره پایه بین ۲۰ تا ۲۲ درصد نسبت به وضعیت موجود یا دوره پایه افزایش می‌یابد (۱۶).

نتایج مطالعه در مشهد نشان داد که تبخیر و تعرق پتانسیل به طور متوسط در دوره‌های ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ۲۰۸۰-۲۰۵۰ به ترتیب ۵/۲۵ و ۱۰/۴۹ میلی‌متر در ماه تحت سناریوی A2 و ۳/۵۴ و ۸/۰۸ میلی‌متر در ماه، تحت سناریوی B2 نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۴ افزایش خواهد داشت (۹).

یو و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی روند تبخیر و تعرق در شالیزارهای تایوان اعلام کردند تا سال ۲۰۵۰، حدود ۲ تا ۵ درصد به تبخیر و تعرق برنج اضافه خواهد شد (۲۱).

اهداف کلی این پژوهش تجزیه و تحلیل روند سالانه بارش و درجه حرارت براساس مدل‌های گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم و تحت سناریوهای جدید انتشار و پیش‌بینی‌های دوره‌های در مقایسه با دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ و برآورد آب موردنیاز نخیلات منطقه اهواز جهت دوره‌های آتی ۲۰۴۰-۲۰۱۰، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ بود تا با استفاده از این برآورد بتوان برنامه‌ریزی جهت کشت نخیلات در آینده را مدنظر قرار داد.

داده‌های خروجی مدل اقلیمی لارس، امکان ارزیابی این پارامترها وجود ندارد. با توجه به این که سرعت باد و میزان رطوبت نسبی در ارتباط خوبی با درجه حرارت هستند، با استفاده از روابط زیر میزان این پارامترها برای دوره‌های آینده محاسبه شد. قبلاً اعتبارسنجی این رابطه با استفاده از مدل‌های آماری توسط پژوهشگران انجام شده است (۲).

$$\text{Wind} = 9.495 + (0.633 \times T_{\min}) - (0.386 \times T_{\max}) \quad (1)$$

$$\text{Humidity} = 93.453 + (1.658 \times T_{\min}) - (2.926 \times T_{\max}) \quad (2)$$

۱۰ متری ثبت می‌شود، اما در مدل کراپ وات، باد بر حسب کیلومتر در روز و در ارتفاع دو متری موردنظر است. بنابراین، با استفاده از رابطه ۳ داده‌های سرعت باد به فرمت داده‌های مدل کراپ وات تبدیل شد (۲).

$$U_2 = \frac{4.868 \times U_z}{\ln(67.75Z - 5.42)} \quad (3)$$

### بحث و نتایج

**صحت‌سنجی:** صحت‌سنجی داده‌های مطالعاتی مدل‌سازی شده و انطباق با داده‌های مشاهداتی با استفاده از مدل SDSM خروجی مدل تغییر اقلیم canESM2 ایستگاه سینوپتیک اهواز براساس مدل‌های گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم و تحت سناریوهای جدید انتشار و پیش‌بینی با شبیه‌سازی‌های مدل جهانی برای همان دوره مقایسه شد. نتایج نشان داد اگرچه دمای متوسط (شکل ۱) دمای بیشینه (شکل ۲) دمای کمینه (شکل ۳) و میزان بارش (شکل ۴) شبیه‌سازی دوره پایه با مشاهدات دوره پایه در برخی ماه‌ها پایین‌تر و در برخی از ماه‌های سال بالاتر است ولی آزمون t در سطح ۵٪

پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم و تحت سناریوهای جدید انتشار، مشاهدات دوره پایه با شبیه‌سازی مدل جهانی دوره پایه مقایسه شد.

**محاسبه داده‌های موردنیاز:** مقادیر روزانه داده‌های اقلیمی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه سال‌های آینده که تولید گردید. علاوه بر این پارامترها جهت تعیین  $ET_0$  در دوره آینده تعیین داده‌های سرعت باد و رطوبت نسبی نیز نیاز است که به دلیل محدودیت

که در آن‌ها،  $T_{\min}$  درجه حرارت حداقل و  $T_{\max}$  درجه حرارت حداکثر بر حسب درجه سانتی‌گراد، Humidity درصد رطوبت نسبی هوا و Wind سرعت باد بر حسب کیلومتر بر ساعت است. در ایستگاه هواشناسی، باد را بر حسب نات و در ارتفاع

که در آن،  $U_2$  و  $U_z$  به ترتیب سرعت باد در ارتفاع دو و ۱۰ متری می‌باشد و Z نشانگر ارتفاع محل اندازه‌گیری باد است.

**برآورد نیاز آبی گیاه:** جهت برآورد نیاز آبی گیاه از مدل CROPWAT 8.0 استفاده شد این مدل یک مدل ساده بیلان آب است که امکان شبیه‌سازی تنش رطوبتی روی گیاه و محاسبه میزان کاهش محصول را بر پایه روش‌های مدون برآورد تبخیر و تعرق و عکس‌العمل گیاه به تنش آبی میسر می‌سازد (۱۹). CROPWAT 8.0 یک برنامه کامپیوتری است که مدل پنمن - مونتیث را برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع، ( $ET_0$ )، نیاز آبی گیاه ( $ET_m$ ) و نیاز آبیاری گیاه به کار می‌برد.

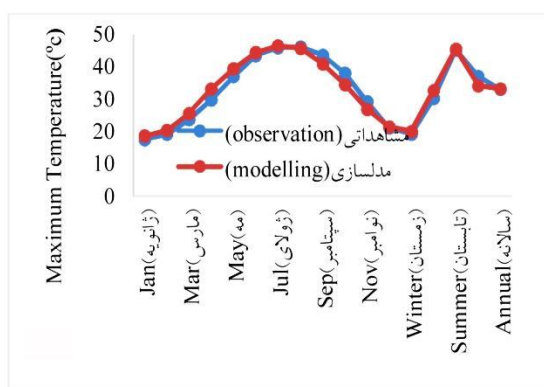
درجه طی سناریوی ۴/۵ اتفاق می‌افتد که تفاوت اندکی با سناریوی ۲/۶ دارد (شکل ۵).

دمای متوسط در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۷۰-۲۰۴۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه دسامبر به میزان ۳/۱۳ درجه سانتی‌گراد طی سناریو آر سی پی ۲/۶ و بیش‌ترین آن به میزان ۵/۵۷ در ماه سپتامبر و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای متوسط طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش متوسط دما به میزان ۳/۲۷ درجه در زمستان و طی سناریوی ۲/۶ و بیش‌ترین افزایش متوسط دما به میزان ۵/۴ درجه در فصل پاییز و طی سناریو ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۳/۱۸ درجه طی سناریوی ۲/۶ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۴/۶۵ درجه طی سناریوی ۸/۵ اتفاق می‌افتد که تفاوت اندکی با سناریو ۴/۵ دارد (شکل ۶).

نشان داد که مشاهدات دوره پایه با شبیه‌سازی مدل جهانی دوره پایه از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

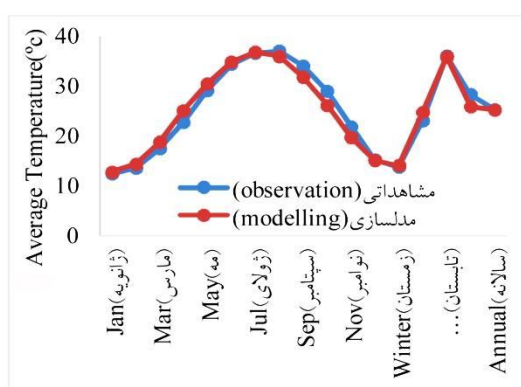
### خروجی سناریوها

**دمای متوسط:** دمای متوسط در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژوئن به میزان ۰/۹۵ درجه سانتی‌گراد طی سناریو آر سی پی ۸/۵ و بیش‌ترین آن به میزان ۳/۹۶ در ماه سپتامبر و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای متوسط طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش متوسط دما به میزان ۱/۶۶ درجه در زمستان و طی سناریوی ۸/۵ و بیش‌ترین افزایش متوسط دما به میزان ۳/۶۰ درجه در فصل پاییز و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۱/۹۶ درجه طی سناریوی ۸/۵ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به میزان ۲/۵۷



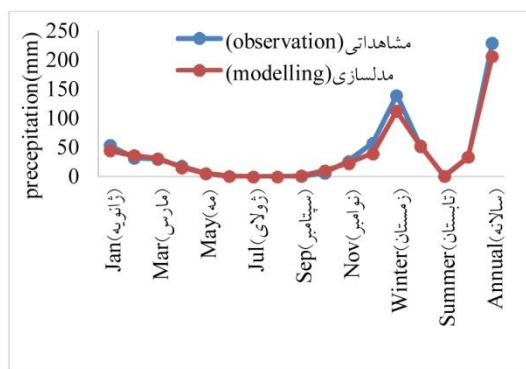
شکل ۲- نمودار مشاهداتی و مدل‌سازی دمای بیشینه ایستگاه اهواز.

Figure 2. Observation data of maximum temperature and modeling climate change of Ahwaz station.



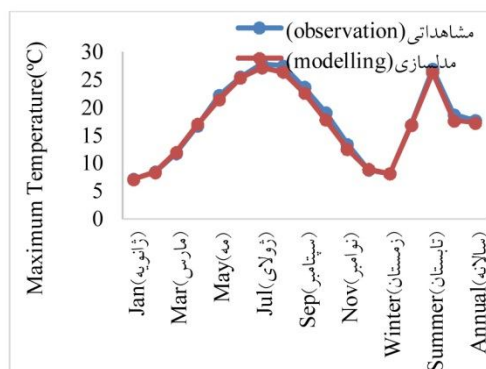
شکل ۱- نمودار مشاهداتی و مدل‌سازی دمای متوسط ایستگاه اهواز.

Figure 1. Observation data of average temperature and modeling climate change of Ahwaz station.



شکل ۴- نمودار مشاهداتی و مدل‌سازی بارش ایستگاه اهواز.

Figure 4. Observation data of precipitation and modeling climate change of Ahwaz station.

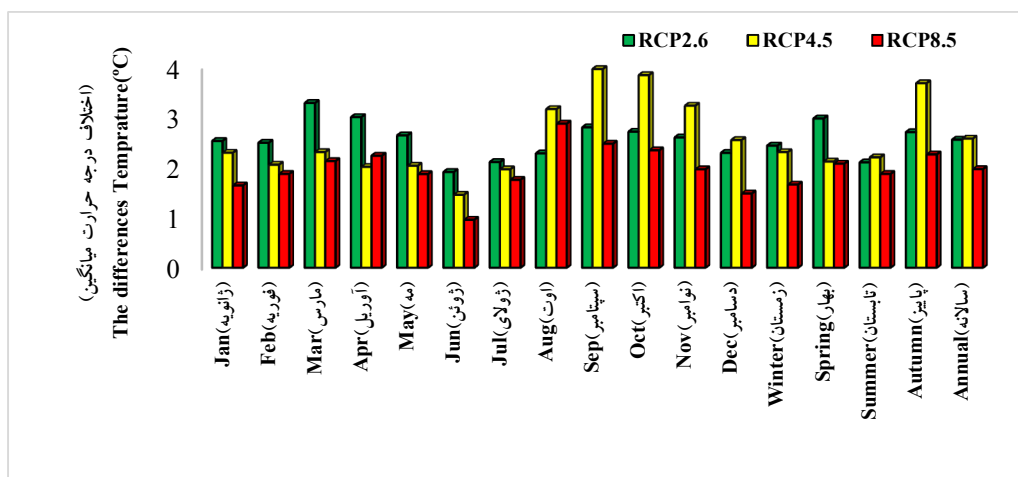


شکل ۳- نمودار مشاهداتی و مدل‌سازی دمای کمینه ایستگاه اهواز.

Figure 3. Observation data of minimum temperature and modeling climate change of Ahwaz station.

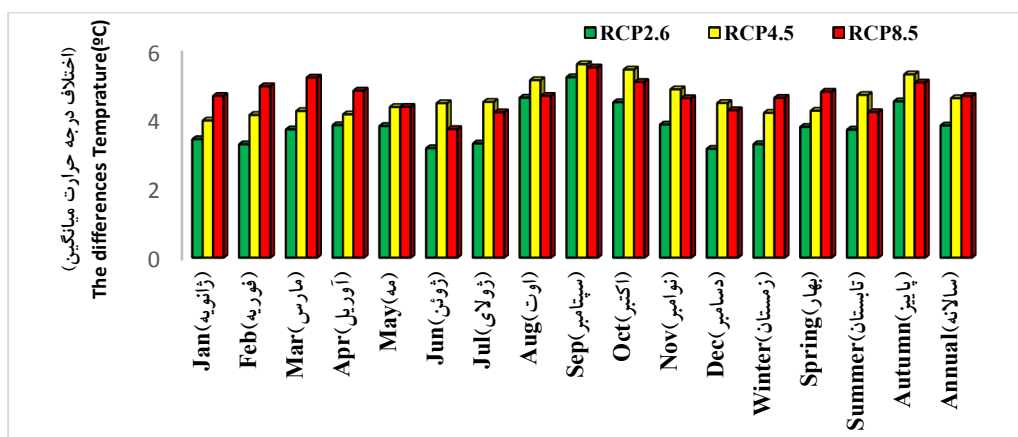
کمینه نسبت به دوره دیدبانی برای دو سناریو در ماه‌های ژوئن تا نوامبر روند افزایشی دارد. میزان درصد تغییرات بارش برای اکثر ماه‌های سال طی سناریو RCP8.5 به‌طور متوسط روند کاهشی دارند و بیش‌ترین کاهش در ماه نوامبر رخ می‌دهد. در دوره ۲۰۹۰ میزان دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب با کاهش و افزایش در اکثر ماه‌های سال همراه است و بارش‌ها نسبت به دوره گذشته کاهش شدیدی دارند و کاهش‌ها در سناریو RCP8.5 ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر رخ می‌دهد علی‌رغم این‌که در ماه‌های اوت تا اکتبر شاهد کاهش ناچیز بارش‌ها خواهیم بود. میزان تبخیر و تعرق به‌دست آمده برای همه محصولات کشاورزی مورد مطالعه روند افزایشی دارد. نتایج نشان داد میانگین دما در همه ایستگاه‌های منتخب و در همه سناریوها افزایش می‌یابد و این افزایش در مورد سناریو RCP4.5 بیش‌تر از سناریو RCP8.5 است. میانگین بارش نیز در همه دوره‌ها کاهش می‌یابد. بیش‌ترین افزایش دما در منطقه خوزستان ۴ درجه سانتی‌گراد در دوره ۲۰۹۰ به‌میزان ۶ و کم‌ترین کاهش دما به‌میزان حدوداً ۱ درجه برای سناریو ۴/۵ است. میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع و نیاز آبی محاسبه‌شده برای همه محصولات کشاورزی مورد مطالعه روند افزایشی دارد (۱۸).

دمای متوسط در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۷۱-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژانویه به‌میزان ۱/۵۸ درجه سانتی‌گراد طی سناریو آر سی پی ۲/۶ و بیش‌ترین آن به‌میزان ۶/۶۲ در ماه اکتبر و طی سناریو ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای متوسط طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش متوسط دما به‌میزان ۳/۷۸ درجه در زمستان و طی سناریوی ۲/۶ و بیش‌ترین افزایش متوسط دما به‌میزان ۶/۴۵ درجه در فصل پائیز و طی سناریو ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به‌میزان ۴/۲۷ درجه طی سناریو ۲/۶ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه متوسط دما به‌میزان ۵/۹۹ درجه طی سناریوی ۸/۵ اتفاق می‌افتد (شکل ۷). بررسی میزان تغییرات بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در استان خوزستان تحت تأثیر تغییر اقلیم نشان داد دمای متوسط در همه دوره‌ها افزایش داشته و برای سناریو RCP4.5 افزایش بیش‌تری نسبت به سناریو RCP8.5 دارد. براساس نتایج به‌دست آمده در دوره ۲۰۳۰ حداکثر تغییرات بارش به‌میزان حدوداً ۸ درصد در ماه دسامبر و حداقل تغییرات در ماه‌های سپتامبر و جولای واقع می‌شود. همچنین در دوره ۲۰۶۰ میزان تغییرات دمای بیشینه و



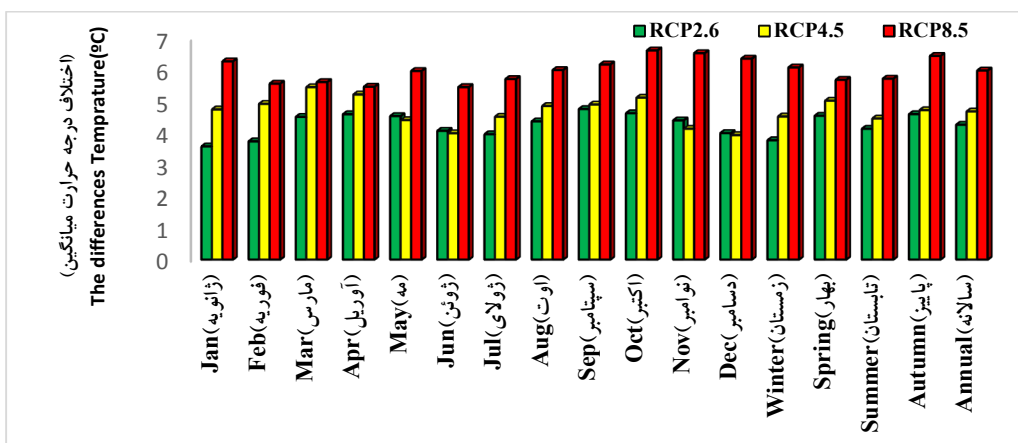
شکل ۵- اختلاف دمای متوسط دوره (۲۰۱۱-۲۰۴۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 5. The difference between the average temperatures (2011-2040) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۶- اختلاف دمای متوسط دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 6. The difference between the average temperatures (2041-2070) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۷- اختلاف دمای متوسط دوره (۲۰۷۱-۲۰۹۹) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 7. The difference between the average temperatures (2071-2099) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.

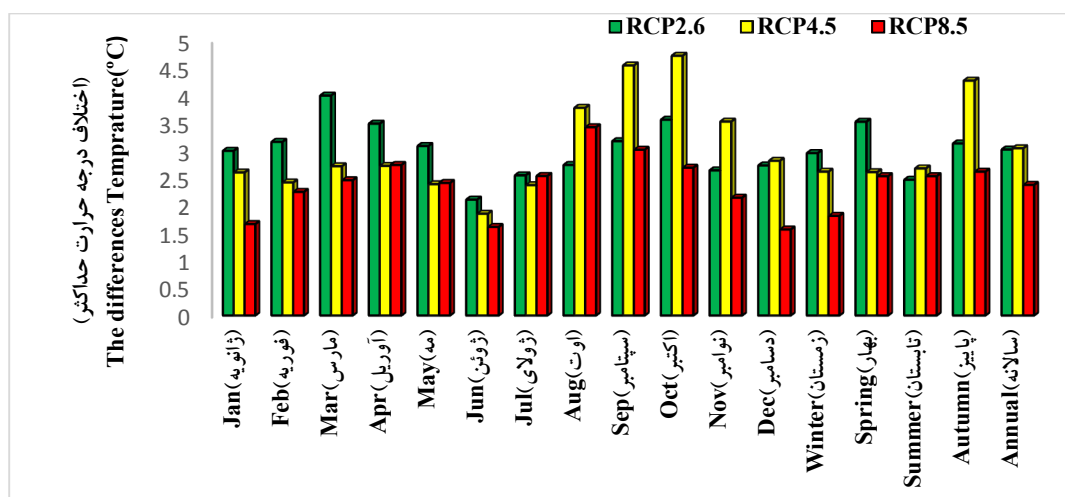


می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای بیشینه طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش بیشینه دما در زمستان و طی سناریوی ۲/۶ و بیش‌ترین افزایش بیشینه دما در فصل پاییز و طی سناریوی ۲/۶ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه بیشینه دما طی سناریوی ۸/۵ اتفاق می‌افتد (شکل ۹).

دمای بیشینه در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۷۱-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژانویه به میزان ۴/۳۸ درجه سانتی‌گراد طی سناریو ار سی پی ۲/۶ و بیش‌ترین آن در ماه نوامبر و طی سناریو ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای بیشینه طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش بیشینه دما در زمستان و طی سناریوی ۲/۶ و بیش‌ترین افزایش بیشینه دما در فصل پاییز و طی سناریوی ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه بیشینه دما طی سناریوی ۸/۵ اتفاق می‌افتد (شکل ۱۰).

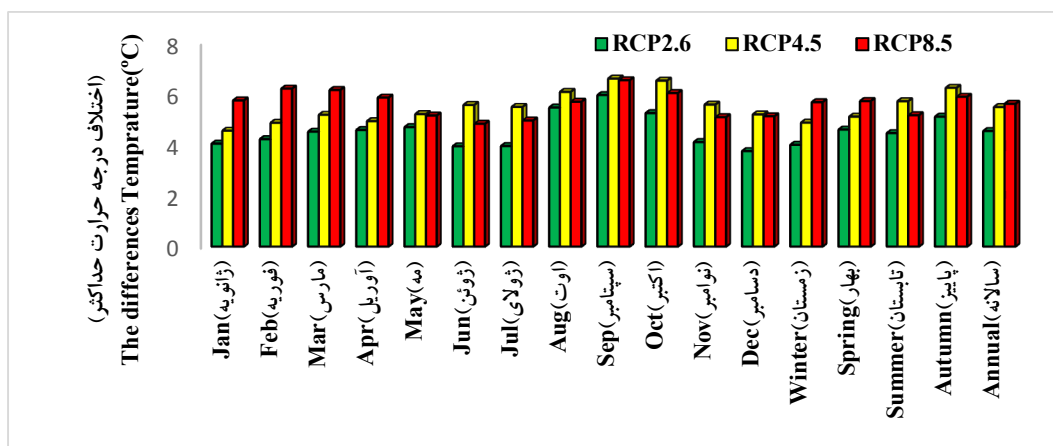
دمای بیشینه: دمای بیشینه در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۰ نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه دسامبر به میزان ۱/۵۶ درجه سانتی‌گراد طی سناریو ار سی پی ۸/۵ و بیش‌ترین آن در ماه اکتبر و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای بیشینه طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش بیشینه دما در زمستان و طی سناریوی ۸/۵ و بیش‌ترین افزایش بیشینه دما در فصل پاییز و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه بیشینه دما طی سناریوی ۴/۵ اتفاق می‌افتد که تفاوت اندکی با سناریوی ۲/۶ دارد (شکل ۸).

دمای بیشینه در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۷۰ نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه دسامبر به میزان ۳/۷ درجه سانتی‌گراد طی سناریو ار سی پی ۲/۶ و بیش‌ترین آن در ماه سپتامبر و طی سناریو ۴/۵ به وقوع



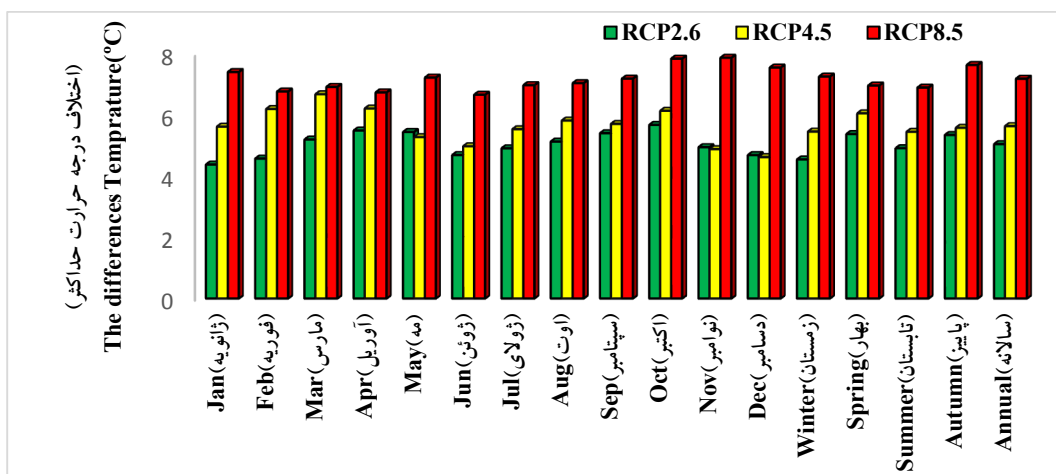
شکل ۸- اختلاف دمای بیشینه دوره (۲۰۱۱-۲۰۴۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 8. The difference between the maximum temperatures (2011-2040) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۹- اختلاف دمای پیشینه دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 9. The difference between the maximum temperatures (2041-2070) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۱۰- اختلاف دمای پیشینه دوره (۲۰۷۱-۲۰۹۹) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

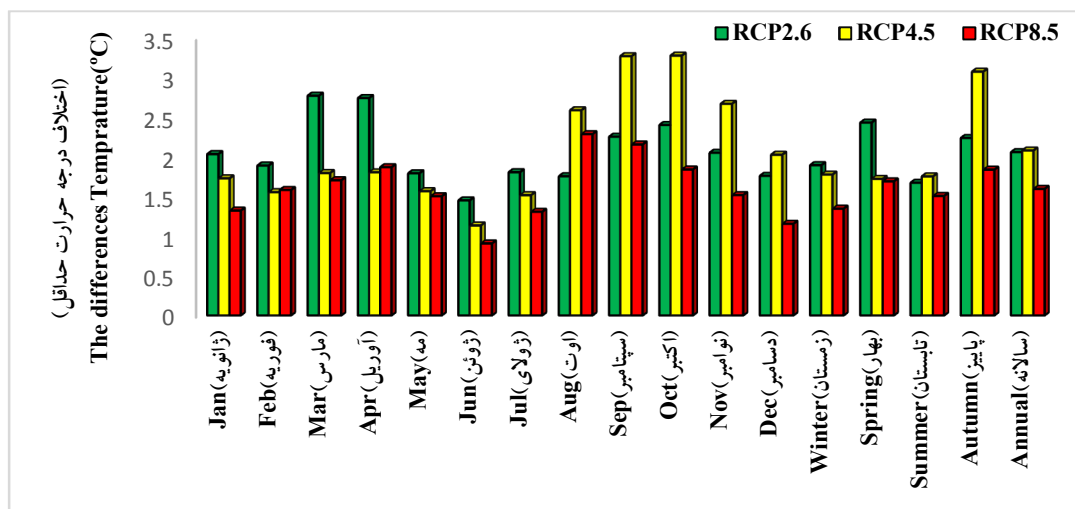
Figure 10. The difference between the maximum temperatures (2071-2099) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.

به میزان  $1/34$  درجه در زمستان و طی سناریوی  $8/5$  و بیش‌ترین افزایش کمینه دما به میزان  $3/08$  درجه در فصل پائیز و طی سناریوی  $4/5$  به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه کمینه دما به میزان  $1/59$  درجه طی سناریوی  $4/5$  اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه کمینه دما به میزان  $2/08$  درجه طی سناریوی  $4/5$  اتفاق می‌افتد که تفاوت اندکی با سناریوی  $2/6$  دارد (شکل ۱۱).

دمای کمینه: دمای کمینه در ایستگاه اهواز طی سال‌های  $2011-2040$  نسبت به دوره پایه  $1961-2005$  افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژوئن به میزان  $1/45$  درجه سانتی‌گراد طی سناریوی  $8/5$  و بیش‌ترین آن به میزان  $3/2$  در ماه‌های سپتامبر و اکتبر و طی سناریوی  $4/5$  به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای کمینه طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش کمینه دما

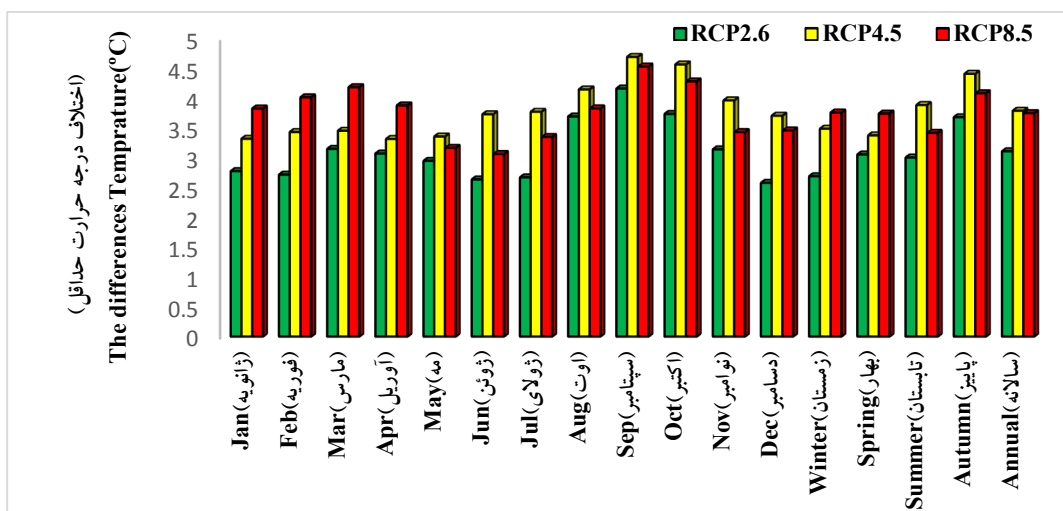
دمای کمینه در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۷۱-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژوئن به میزان ۳/۲۳ درجه سانتی‌گراد طی سناریو ارسی پی ۴/۵ و بیش‌ترین آن به میزان ۵/۴۴ در ماه‌های نوامبر و طی سناریو ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای کمینه طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش کمینه دما به میزان ۳/۲ درجه در زمستان و طی سناریوی ۲/۶ و بیش‌ترین افزایش کمینه دما به میزان ۵/۲۹ درجه در فصل پائیز و طی سناریو ۸/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه کمینه دما به میزان ۳/۵۶ درجه طی سناریوی ۲/۶ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه کمینه دما به میزان ۴/۸ درجه طی سناریوی ۸/۵ اتفاق می‌افتد (شکل ۱۳).

دمای کمینه در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۷۰-۲۰۴۱ نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ افزایش نشان داد این میزان طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش دما در ماه ژوئن به میزان ۱/۴۵ درجه سانتی‌گراد طی سناریو ارسی پی ۲/۶ و بیش‌ترین آن به میزان ۳/۲ در ماه‌های سپتامبر و اکتبر و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. در فصول مختلف میزان افزایش دمای کمینه طی سناریوهای مختلف متفاوت است. کم‌ترین افزایش کمینه دما به میزان ۱/۳۴ درجه در زمستان و طی سناریوی ۸/۵ و بیش‌ترین افزایش کمینه دما به میزان ۳/۰۸ درجه در فصل پائیز و طی سناریو ۴/۵ به وقوع می‌پیوندد. کم‌ترین افزایش سالانه کمینه دما به میزان ۱/۵۹ درجه طی سناریوی ۴/۵ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین افزایش سالانه کمینه دما به میزان ۲/۰۸ درجه طی سناریوی ۴/۵ اتفاق می‌افتد که تفاوت اندکی با سناریوی ۲/۶ دارد (شکل ۱۲).



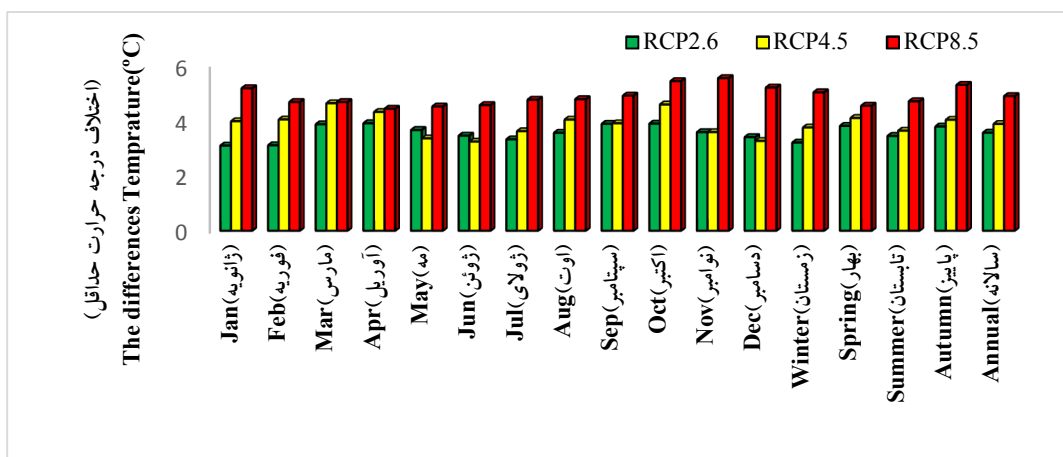
شکل ۱۱- اختلاف دمای کمینه دوره (۲۰۱۱-۲۰۴۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 11. The difference between the minimum temperatures (2011-2040) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۱۲- اختلاف دمای کمینه دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 12. The difference between the minimum temperatures (2041-2070) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۱۳- اختلاف دمای کمینه دوره (۲۰۷۱-۲۰۹۹) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 13. The difference between the minimum temperatures (2071-2099) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.

آن به میزان ۵۶٪ در ماه فوریه است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۴/۵ مارس، آوریل، می و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه ژوئن به میزان ۵۳ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیشترین کاهش آن به میزان ۳۹٪ در ماه اکتبر است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۸/۵ در ماه‌های ژانویه، می و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه ژوئن

بارش: میزان بارش در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۰ نسبت به دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ در ماه‌های مختلف متفاوت است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۲/۶ در ماه‌های آوریل، می و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه ژوئن به میزان ۱۰۱ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیشترین کاهش

سناریوهای مختلف نیز متفاوت است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۲/۶ در ماه‌های می و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه ژوئن به میزان ۱۱ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیش‌ترین کاهش آن به میزان ۶۷٪ در ماه فوریه است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۴/۵ در ماه می روند افزایشی به میزان ۵۶٪ را نشان می‌دهد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیش‌ترین کاهش آن به میزان ۶۶٪ در ماه فوریه است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۸/۵ در ماه‌های فوریه، آوریل، می و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه آوریل به میزان ۱۲۷ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیش‌ترین کاهش آن به میزان ۷۱٪ در ماه دسامبر است. میزان بارش سالانه طی سناریوهای مختلف اقلیمی روند کاهشی نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان کاهش بارش طی سناریو ۲/۶ و ۴/۵ به میزان ۳۲٪ و کم‌ترین میزان کاهش طی سناریو ۸/۵ به میزان ۱۴٪ اتفاق می‌افتد (شکل ۱۶).

بررسی میزان تغییرات بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی توسط شهسازی در استان خوزستان تحت تأثیر تغییر اقلیم نشان داد دمای متوسط در همه دوره‌ها افزایش داشته و برای سناریو RCP4.5 افزایش بیش‌تری نسبت به سناریو RCP8.5 دارد. براساس نتایج به دست آمده در دوره ۲۰۳۰ حداکثر تغییرات بارش به میزان حدوداً ۸ درصد در ماه دسامبر و حداقل تغییرات در ماه‌های سپتامبر و جولای واقع می‌شود. همچنین در دوره ۲۰۶۰ میزان تغییرات دمای بیشینه و کمینه نسبت به دوره دیدبانی برای دو سناریو در ماه‌های جون تا نوامبر روند افزایشی دارد. میزان درصد تغییرات بارش برای اکثر ماه‌های سال تحت سناریو RCP8.5 به طور متوسط روند کاهشی دارند و بیش‌ترین کاهش در ماه نوامبر رخ می‌دهد. در دوره

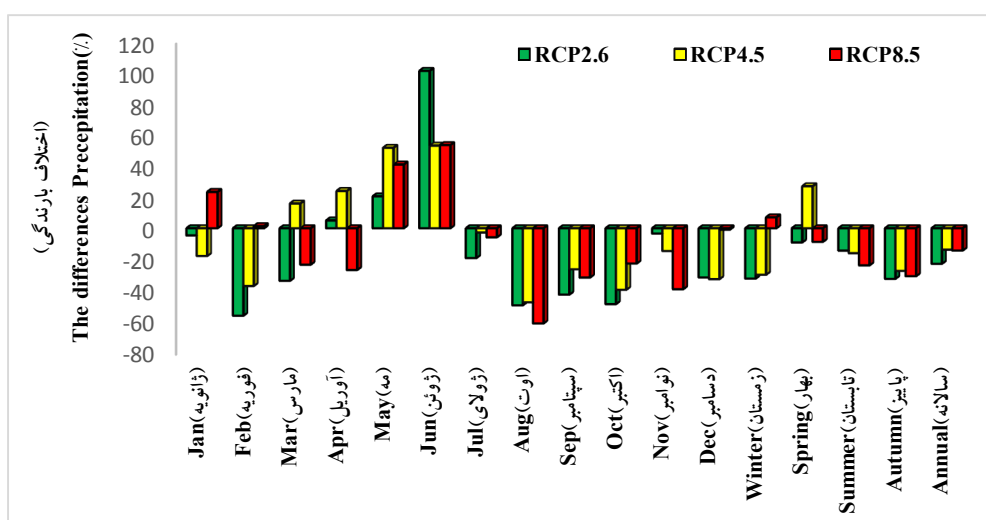
به میزان ۵۳ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیش‌ترین کاهش آن به میزان ۶۱٪ در ماه اوت است. میزان بارش سالانه طی سناریوهای مختلف اقلیمی روند کاهشی نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان کاهش بارش طی سناریو ۲/۶ به میزان ۲۲٪ و کم‌ترین میزان کاهش طی سناریو ۸/۵ به میزان ۱۴٪ اتفاق می‌افتد (شکل ۱۴).

میزان بارش در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۷۰-۲۰۴۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ در ماه‌های مختلف متفاوت است. میزان بارش طی سناریوهای مختلف نیز متفاوت است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۲/۶ در ماه‌های مه و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه می به میزان ۲۳ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیش‌ترین کاهش آن به میزان ۶۳٪ در ماه اوت و دسامبر است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۴/۵ ژانویه، آوریل، می و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه ژانویه به میزان ۳۳ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیش‌ترین کاهش آن به میزان ۳۹٪ در ماه اکتبر است. میزان بارش طی سناریو آر سی پی ۸/۵ در ماه‌های ژانویه، می و ژوئن روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که در ماه ژوئن به میزان ۵۳ درصد افزایش دارد. در سایر ماه‌های سال روند کاهشی داشته و بیش‌ترین کاهش آن به میزان ۶۱٪ در ماه نوامبر است. میزان بارش سالانه طی سناریوهای مختلف اقلیمی روند کاهشی نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان کاهش بارش طی سناریوهای ۲/۶ و ۸/۵ به میزان ۳۲٪ و کم‌ترین میزان کاهش طی سناریو ۴/۵ به میزان ۲۸٪ اتفاق می‌افتد (شکل ۱۵).

میزان بارش در ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۹۹-۲۰۷۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ در ماه‌های مختلف متفاوت است. میزان بارش طی

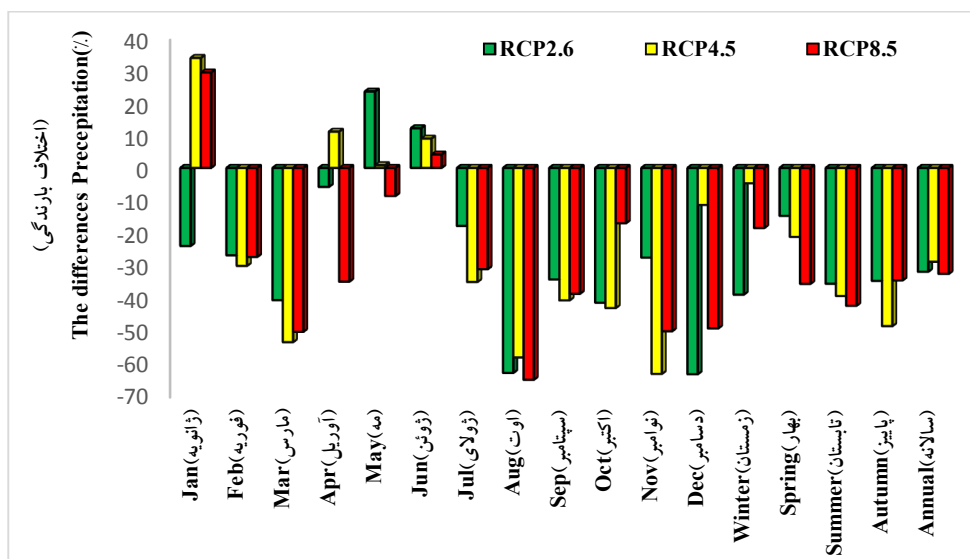
نتایج پیش‌بینی سناریوها ۱ B و A1, A2 براساس گزارش چهارم هیئت بین‌الدول در کرمانشاه نشان از افزایش دمای حداقل و حداکثر و نوسانات مجموع بارش و ساعت آفتابی را دارد همچنین تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل ذرت و جو نشان داد مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل این گیاه افزایش دارد (۱۰).

۲۰۹۰ میزان دمای کمینه و بیشینه به ترتیب با کاهش و افزایش در اکثر ماه‌های سال همراه است و بارش‌ها نسبت به دوره گذشته کاهش شدیدی دارند. علی‌رغم این‌که در ماه‌های اوت تا اکتبر شاهد کاهش ناچیز بارش‌ها خواهیم بود. میزان تبخیر و تعرق به دست آمده برای همه محصولات کشاورزی مورد مطالعه روند افزایشی دارد (۱۸).



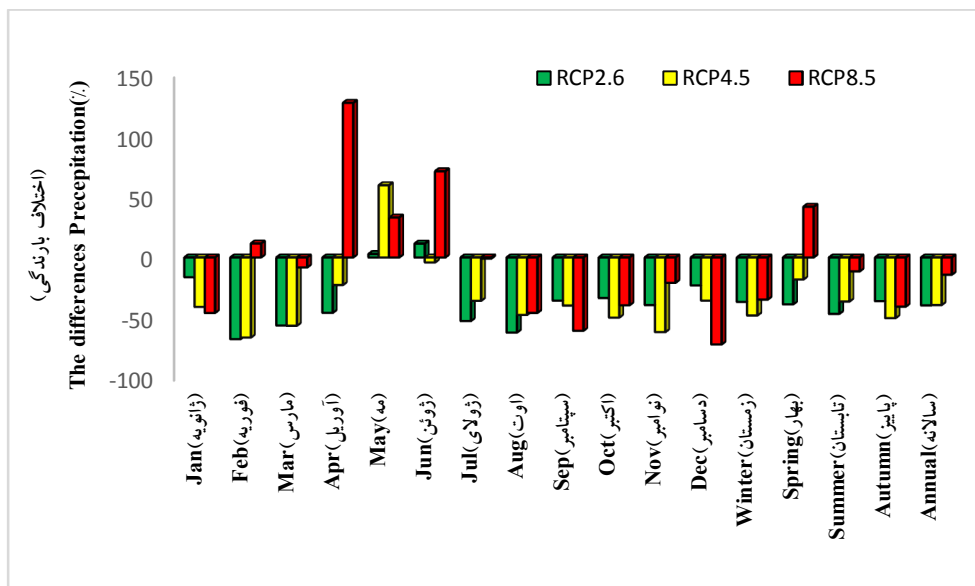
شکل ۱۴- اختلاف بارش دوره (۲۰۱۱-۲۰۴۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) به درصد در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 14. The difference between the precipitations (2011-2040) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۱۵- اختلاف بارش دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) به درصد در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 15. The difference between the precipitations (2041-2070) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.



شکل ۱۶- اختلاف بارش دوره (۲۰۷۱-۲۰۹۹) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) به درصد در ایستگاه اهواز در سناریوهای مختلف اقلیمی.

Figure 16. The difference between the precipitations (2071-2099) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.

رطوبت نسبی و سرعت باد در داده‌های مشاهداتی و سناریوهای مختلف (RCP2.6, RCP4.5 و RCP8.5) در ایستگاه اهواز است. نتایج نشان داد در ایستگاه اهواز دمای بیشینه، دمای کمینه، دمای متوسط و سرعت باد نسبت به داده‌های مشاهداتی افزایش و بارش و رطوبت نسبی نسبت به داده‌های مشاهداتی کاهش دارد (جدول ۱).

برآورد آب موردنیاز نخیلات: اطلاعات جهت محاسبه آب موردنیاز نخیلات، براساس نرم‌افزار کراپ وات ۸ و اطلاعاتی که از ریزمقیاس‌نمایی آماری، صحت‌سنجی و تحلیل داده‌ها بر اساس نرم‌افزار اس دی اس ام و فرمول‌های محاسباتی ذکرشده در روش تحقیق استخراج گردید. این اطلاعات شامل دمای بیشینه، دمای کمینه، دمای متوسط، میزان بارش،

جدول ۱- محاسبه اطلاعات موردنیاز جهت برآورد آب موردنیاز نخیلات در اهواز در سناریوهای مختلف.

Table 1. Required information data for estimating the water requirements in different scenarios in Ahwaz.

سرعت باد Wind velocity (km/h)	رطوبت نسبی RH (%)	بارش Precipitation (°C)	دمای متوسط T mean (°C)	دمای کمینه T max (°C)	دمای بیشینه T max (°C)	سناریو Scenario	سال
6.03	26.23	229.04	25.35	17.73	32.97	مشاهداتی Observation	1961-2005
6.13	20.79	176.68	27.91	19.79	35.99	RCP2.6	2011-2040
6.13	20.76	197.50	27.93	19.81	36.02	RCP4.5	
6.10	21.91	196.17	27.32	19.32	35.35	RCP8.5	
6.19	18.09	155.88	29.16	20.84	37.51	RCP2.6	2041-2070
6.24	16.46	162.98	29.95	21.52	38.45	RCP4.5	
6.19	16.03	154.40	30.01	21.48	38.57	RCP8.5	
6.26	17.33	138.48	29.62	21.29	38.02	RCP2.6	2071-2099
6.24	16.13	139.09	30.04	21.60	38.61	RCP4.5	
6.27	13.27	196.37	31.34	22.62	40.16	RCP8.5	

نیشکر در مشهد که توسط قهرمان و همکاران (۲۰۱۶) انجام شده مطابقت دارد (۱۲ و ۱۳).

نتایج حاصل از یک بررسی در خصوص مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد بیانگر این است که با شرایط گرم شدن هوا و تغییر اقلیم ناشی از صنعتی شدن و گازهای گلخانه‌ای، با فرض خوش‌بینانه بودن منابع آب، مصرف آب کشاورزی، به‌عنوان عمده‌ترین بخش مصرف‌کننده آب، به شدت افزایش خواهد داشت و برای مقابله با آن بایستی راهکارهای مدیریتی اتخاذ کرد (۳).

نتایج آب مورد نخیلات با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات ۸ در ایستگاه اهواز جهت سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۰ نشان داد که آب موردنیاز نخیلات در اهواز طی سناریو (RCP2.6) به میزان ۰/۴ کاهش و تحت دو سناریو دیگر افزایش نشان داد. نتایج آب مورد نخیلات با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات ۸ در ایستگاه اهواز جهت سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۷۰ و ۲۰۷۱-۲۰۹۹ نشان داد که آب موردنیاز نخیلات در اهواز طی هر سه سناریو افزایش خواهد یافت. نتایج روند افزایشی تبخیر و تعرق محاسبه شده با پژوهش‌های نیاز آبی

جدول ۲- مقایسه آب موردنیاز نخیلات (مترمکعب در هکتار) در سناریوهای مختلف سال ۲۰۴۰-۲۰۱۱ نسبت به داده‌های مشاهداتی.

**Table 2. The difference between water requirements (m<sup>3</sup>/ha) relative to the base period (1961-2005) at Ahwaz station in different climate scenarios.**

ایستگاه	دوره Period	RCP4.5		RCP2.6	
		آب موردنیاز Irrigation water	درصد تغییر نسبت به مشاهداتی % difference	آب موردنیاز Irrigation water	درصد تغییر نسبت به مشاهداتی % difference
	2011-2040	690.3	4.9	655.1	-0.4
اهواز	2041-2070	761.2	15.7	757.9	15.2
	2071-2099	839.9	27.7	824.9	25.4

موردنیاز در حد کافی باید در اختیار آن قرار گیرد چون نخل خرما عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک گسترش دارد که بارندگی کفاف نیاز گیاه را ندارد. با توجه به این‌که نتایج نشان داد که در اهواز در دوره‌های آتی دما افزایش و بارندگی کاهش دارد. بنابراین برنامه‌ریزی مناسب جهت تأمین نیاز آبی نخل خرما و همچنین یافتن مکان‌های جدید جهت کشت نخل خرما از اهمیت به‌سزایی برخوردار است که توجه مسئولین به این مهم از اولویت‌هایی برنامه‌ریزی آبیاری و افزایش سطح زیرکشت نخیلات در اهواز است.

### نتیجه‌گیری کلی

بخش باغبانی از جمله بخش‌هایی است که به شدت در مقابل تغییر اقلیم آسیب‌پذیر است. تغییرات اقلیمی با تأثیرگذاری مستقیم بر فرآیندهای رشد و نمو محصولات باغبانی و عوامل مرتبط به‌خصوص آب قابل‌دسترس خاک و افزایش تبخیر- تعرق گیاه، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در محصولات باغبانی و به‌خصوص نخل خرما به وجود می‌آورند. پیش‌بینی صحیح تغییر اقلیم، مهم‌ترین گام در مقابله یا کاهش اثرات منفی ناشی از تغییرات اقلیمی است. اگرچه نخل خرما گیاهی متحمل به خشکی محسوب می‌شود؛ ولی برای تولید محصول خوب و مناسب آب



## منابع

1. Akhtar, M., Ahmad, N., and Booij, M.J. 2008. The impact of climate change on the water resources of Hindukush-Karakorum region under different glacier coverage scenarios. *J. Hydrol.* 355: 148-163.
2. Alizade, A., and Kamali, G.A. 2007. Crops water requirements in Iran. Astan Qods Razavi. Press. 228p. (In Persian)
3. Alizadeh, A., Sayari, N., Hesami Kermani, M.R., Bannayan, M., and Farid Hossaini, A. 2010. Assessment of climate change potential impacts on agricultural water use and water resources of Kashaf rood basin. *J. Water Soil.* 24: 4. 815-835. (In Persian)
4. Ashofteh, P., and Massah Bouani, A.R. 2010. Impact of Climate Change on Maximum Discharges: Case Study of Aidoghmoush Basin, East Azerbaijan. *JWSS.* 2010. 14: 53. 28-38. (In Persian)
5. Azaranfar, A., Abrishamchi, A., and Tajrishi, M. 2006. Assessment of the impact of climate change on precipitation and temperature in the Zayandeh Roud river basin by using the general rotation model outputs. Second Conference on water resource management, Isfahan University of technology. [https://www.civilica.com/Paper-WRM02-WRM02\\_159.html](https://www.civilica.com/Paper-WRM02-WRM02_159.html). (In Persian)
6. Chu, J.T., Xia, J., Xu, C.Y., and Singh, V.P. 2010. Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios In Haihe River, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 99: 149-161.
7. Cuo, L., Zhang, Y., Zhu, F., and Liang, L. 2015. Characteristics and changes of streamflow on the Tibetan Plateau: a review. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 2: 49-68.
8. Dibike, Y.B., and Coulibaly, P. 2005. Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models. *J. Hydrol.* 307: 145-163.
9. Ebrahimpour, M., Ghahreman, N., and Liaghat, A. 2012. Assessment of climate change impacts on reference evapotranspiration and simulation of daily weather data using SIMETA. *Iranian, J. Soil Water Res.* 45: 4. 353-360. (In Persian)
10. Farhadi Bansouleh, B., Asadi, A., and Hafezparast, M. 2017. Changes in potential evapotranspiration of maize and barley under climate change situation in Kermanshah. *J. Water Soil Cons.* 24: 3. 185-202. <http://jwsc.gau.ac.ir>. (In Persian)
11. Fiseha, B.M., Melesse, A.M., Romano, E., Volpi, E., and Fiori, A. 2012. Statistical Downscaling of Precipitation and Temperature for the Upper Tiber Basin in Central Italy, *Inter. J. Water Sci.* 1: 1-14.
12. Ghahreman, N., Babaiean, I., and Tabatabaei, M. 2016. Climate change impact on sugarcane growth season and water demand under RCP scenarios. *Water Soil Cons. J.* 6: 1. 63-74. (In Persian)
13. Ghahreman, N., Babaiean, I., and Tabatabaei, S.M. 2016. Dynamic outsourcing preprocessing evaluation of climate models on potential evapotranspiration evaluation under RCP scenarios. *Earth Space Physic. J.* 42: 3. 687-696. (In Persian)
14. Harmsen, E., Miller, N.L., Schlegel, N.J., and Gonzalez, J.E. 2009. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *Agricultural Water Management.* 96: 1085-1095.
15. IPCC. 2014. Climate Change 2014 Synthesis Report. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I, II and III to Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In: R. Pachauri and L. Meyer (eds). Geneva, Switzerland. 151p.
16. Knox, J.W., Rodríguez Díaz, J.A., Nixon, D.J., and Mkhwanazi, M. 2009. A preliminary assessment of climate change impacts on sugarcane in Swaziland. *Agricultural Systems*, 103: 3. 63-72.
17. Khaliliaqdam, N., Mosaedi, A., Soltani, A., and Kamkar, B. 2013. Evaluation of ability of LARS-WG model for simulating some weather parameters in Sanandaj. *J. Water Soil Cons.* 19: 4. 85-102. (In Persian)

18. Nikbakht Shahbazi, A.R. 2019. Investigation of crop evapotranspiration and precipitation changes under climate change RCPs scenarios in Khuzestan province. *J. Water Soil Cons.* 25: 6. 123-139. DOI: 10.22069/jwsc.2019.14583.2945. (In Persian)
19. Ramezani Etedali, H., Nazari, B., Tavakoli, A., and Parsinejad, M. 2009. Evaluation of CROPWAT model in deficit irrigation management of wheat and barley in Karaj. *J. Water Soil.* 23: 1. 119-129. (In Persian)
20. Wilby, R.L., and Dawson, W.C. 2007. SDSM 4.2- A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, SDSM manual version 4.2, Environment Agency of England and Wales: 94p.
21. Yu, P.S., Yang, T.C., and Chou, C.C. 2002. Effects of climate change on evapotranspiration from paddy fields in southern Taiwan. *J. Clim. Change.* 54: 165-179.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(4), 2019*

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.16469.3176

## **Study of climate change on water requirement for date palm in Ahwaz region**

**\*A.H. Mohebi**

Assistant Prof. at Date Palm and Tropical Fruits Center, Horticultural Science Research Institute,  
Agricultural Research, Extension, Education Organization, Ahwaz, Iran

Received: 04.08.2019; Accepted: 07.08.2019

### **Abstract**

**Background and Objectives:** In the recent years, increase of temperature due to increase of greenhouse gases have led to anomaly in the Earth climate system. Due to the importance of climate change and its effects, and in order to plan for adaptation to climatic variations, prediction of atmospheric variables have been done by scientists using different models. The objectives of this study were to analyze the annual rainfall and temperature trends, compare the results of fifth report of Intergovernmental panel with each other and determining the changes in rainfall and temperature in future periods compared to the base period at the annual and monthly scale, and estimated water requirement of date palm in Ahwaz area.

**Materials and Methods:** In this research, downscaling method was done using SDSM model by using fifth report of Intergovernmental panel on climate change (IPCC) under new emission scenarios. Climate Change models under new three models scenarios namely RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 under three future periods: near-century (2010-2040), mid-century (2041-2070) and late-century (2071-2099) were investigated and compared for Ahwaz station. Daily rainfall observations, average, minimum, and maximum temperatures for the period 1966-2001 were inputs of model.

**Results:** The results of the output of the downscaling methods showed that in the future periods, based on the all three studied scenarios, the temperature increase and precipitation will decrease in Ahwaz station. In the different scenarios, the lowest temperature rise will be in June with 0.95 degrees Celsius under RCP 8.5 and the highest temperature rise in September will be 3.96 degrees Celsius under RCP 4.5 during 2011-2040. The lowest average annual temperature rise will be 1.96 degrees Celsius under RCP 8.5 scenario and the highest average annual temperature rise was 2.57 degree Celsius under RCP 4.5 during 2011-2040. The lowest temperature rise in December will be 3.13 degrees Celsius under RCP 2.6 and the highest temperature rise in September with 5.57 degrees Celsius under RCP 4.5 during 2041-2070. The lowest average annual temperature rise will be 3.18 degrees Celsius under RCP 8.5 during 2041-2070. The lowest average annual temperature rise will be 4.65 degree Celsius under RCP 8.5 during 2041-2070. The lowest temperature rise will occur in January with 1.58 degrees Celsius under RCP 2.6 and the highest temperature rise in September with 6.62 degrees Celsius under RCP 8.5 during 2071-2099. The lowest average annual temperature rise will be 4.27 degrees Celsius under RCP 2.6 scenario and the highest average annual temperature rise will be 5.99 degree Celsius under RCP 8.5 during 2071-2099. The results of water requirement using CropWat 8 software showed that the required water content in the period 2040-2011 in the scenario (RCP2.6) would decrease by 0.4 and increase 5-8% under two other scenarios. The required water requirement for 2041-2070 showed 15-19% increase and for 2071-2099 showed 25-28% increase.

**Conclusion:** Due to the increase in temperature and the decrease in rainfall during the upcoming periods, the water requirement for Date palm will increase in Ahwaz region.

**Keywords:** Climate change, Date palm, Water requirement

---

\* Corresponding Author; Email: hamidmohebi@hotmail.com

