

Investigating changes in the water requirement of agricultural crops in the Jiroft plain under climate change impact

Afsharipour, S.¹  | Amirinejad, M.²  | Rafiei Sardooi, E.³  | Soleimani, A.⁴ 

1. M.Sc. Student of Agroecology, University of Jiroft. Kerman, Iran. E-mail: somayeh.afshar303@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran. E-mail: mamiri@ujiroft.ac.ir
3. **Corresponding Author**, Associate Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman, Iran. E-mail: ellrafiei@ujiroft.ac.ir
4. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran. Email: aman.soleimani@ujiroft.ac.ir

(Received: 1 Feb 2023, Revised: 17 Apr 2023, Accepted: 12 Aug 2023, Published online: 12 Aug 2023)

Abstract

The main goal of this research is to investigate the amount of net irrigation requirement of major cultivated crops in Jiroft plain, including potato, onion, wheat, barley, tomatoes and seed corn in the future period (2031-2050) based on different RCP scenarios using LARS-WG6 model is used. The data required in this research include daily precipitation, minimum and maximum temperature and sunshine hours of Jiroft synoptic station (during 1989-2017), which were obtained from Iran Meteorological Organization. First, the ability of LARSWG 6. model to simulate the climatic variables of Jiroft synoptic station in the base period (1989-2017) was investigated. Then, using HadGEM2 model, these variables were simulated during 2050-2031 based on RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. Finally, by calculating the amount of effective precipitation and potential evapotranspiration, the amount of net irrigation requirement of the studied crops was estimated on a monthly scale in the base and the future period, and their changes were evaluated in comparison with each other. Based on the downscaling results of LARSWG6. Model, and according to RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, the minimum temperature will be increased by 1.3, 2.3 and 2.753 °C, respectively, the maximum temperature by 0.6, 1.14 and 1.44 °C, respectively and the average annual precipitation will be decreased by 10, 20 and 27%, respectively. Also, the total amount of net irrigation needs of all crops will increase under all scenarios in the future period, so that the greatest increase will occur under the RCP8.5 scenarios. Therefore, based on the results of this scenario, the total net irrigation requirement of wheat, barley, potato, onion, seed corn, and tomato crops will be increased by 7.6, 6.4, 11.12, 12.8, 11.1 and 9.8 % compared to the base period.

Keywords: Climate change, Downscaling, Net irrigation requirement, Jiroft Plain.

Cite this article: Afsharipour, S., Amirinejad, M., Rafiei Sardooi, E., & Soleimani, A. (2023). Investigating changes in the water requirement of agricultural crops in the Jiroft plain under climate change impact. *Journal of the Nivar*, 47(122-123), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2023.384228.1237>



بررسی تغییرات نیاز آبی محصولات زراعی دشت جیرفت تحت تاثیر تغییر اقلیم

سمیه افشاری پور^۱ | مهدیه امیری نژاد^۲ | الهام رفیعی ساردوئی^۳ | امان الله سلیمانی^۴

۱. دانشجوی ارشد آگرواکولوژی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. رایانامه: somayeh.afshar303@gmail.com

۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. رایانامه: mamiri@ujiroft.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. رایانامه: ellrafiei@ujiroft.ac.ir

۴. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. رایانامه: aman.soleimani@ujiroft.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲، بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۱، انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۰۵/۲۱)

چکیده

هدف اصلی این پژوهش بررسی مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات عمده کشت شده در دشت جیرفت شامل سیب زمینی، پیاز، گندم، جو، گوجه فرنگی و ذرت دانه‌ای در دوره آبی (۲۰۳۱-۲۰۵۰) بر پایه سناریوهای مختلف RCP، با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG6 می‌باشد. داده‌های مورد نیاز در این پژوهش، شامل مقادیر روزانه بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعت آفتابی ایستگاه سینوپتیک جیرفت (طی دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۸۹) می‌باشند که از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ گردیدند. ابتدا توانایی مدل LARSWG6 برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی ایستگاه سینوپتیک جیرفت در دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۷) بررسی گردید. سپس با استفاده از مدل HadGEM2 مقادیر آن‌ها در دوره ۲۰۳۱-۲۰۵۰ بر پایه سناریوهای انتشار RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 شبیه‌سازی شدند. در نهایت با محاسبه مقدار بارش مؤثر و تبخیر-تعرق پتانسیل، مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات مورد بررسی در مقیاس ماهانه در دوره پایه و دوره آبی برآورد و تغییرات آنها در مقیاس با یکدیگر ارزیابی شدند. بر اساس نتایج ریزمقیاس نمایی مدل LARSWG6 در دوره آبی نسبت به دوره پایه طبق سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، دمای حداقل به ترتیب ۱/۳، ۲/۳ و ۲/۷۵۳ سانتی‌گراد، دمای حداکثر به ترتیب ۰/۶، ۱/۱۴ و ۱/۴۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و میانگین بارش سالانه به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۲۷ درصد کاهش می‌یابد. هم‌چنین، مجموع مقدار نیاز خالص آبیاری تمامی محصولات زراعی تحت همه سناریوها در دوره آبی افزایش می‌یابد به طوری که بیش‌ترین افزایش تحت سناریوی RCP8.5 رخ می‌دهد. از این رو بر مبنای نتایج این سناریو، مجموع نیاز خالص آبیاری گیاهان زراعی گندم، جو، سیب زمینی، پیاز، ذرت دانه‌ای و گوجه فرنگی به ترتیب به مقدار ۷/۶، ۶/۴، ۱۱/۱۲، ۱۲/۸، ۱۱/۱ و ۹/۸ درصد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، ریزمقیاس نمایی، نیاز خالص آبیاری، دشت جیرفت.

۱. مقدمه

افزایش جمعیت و گسترش صنایع در طی یک قرن اخیر منجر به ایجاد تغییراتی در اکوسیستم گردیده است این تغییرات در متوسط بلند مدت پارامترهای اقلیمی به‌ویژه دما و بارش تحت عنوان تغییر اقلیم مطرح است (گیل-الانا، ۲۰۱۲). پیش‌بینی‌ها نشان داده است که این روند، افزایش دما و کاهش بارش در دوره آبی نیز ادامه خواهد داشت. یکی از تبعات تغییر اقلیم،

تأثیرگذاری آن بر چرخه هیدرولوژیکی است (بورمن، ۲۰۱۱). تبخیر-تعرق به عنوان بخش مهم چرخه هیدرولوژی محسوب شده هر گونه تغییر در پارامترهای اقلیمی در اثر تغییرات اقلیمی بر تبخیر-تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود. نیاز آبی گیاه و تبخیر-تعرق عامل اصلی مصرف آب در بخش کشاورزی است (علیزاده و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به اقلیم خشک و

استناد: افشاری پور، سمیه؛ امیری نژاد، مهدیه؛ رفیعی ساردوئی، الهام؛ و سلیمانی، امان الله (۱۴۰۲). بررسی تغییرات نیاز آبی محصولات زراعی دشت جیرفت تحت تاثیر تغییر

اقلیم. مجله نیوار، ۴۷(۱۲۲-۱۲۳)، ۱-۱۶. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2023.384228.1237>

و ذرت در دوره آتی تحت تاثیر تغییر اقلیمی بود. کوچکی و همکاران (۱۳۹۴) بیان داشتند افزایش درجه حرارت تحت تاثیر تغییر اقلیم آینده باعث خواهد شد تا سال ۲۰۵۰ میلادی در اکثر مناطق مختلف کشور طول دوره رشد و پر شدن دانه در گندم به طور متوسط ۱۹/۴ و ۱۴/۳ درصد و در ذرت طول دوره رشد و پر شدن دانه به ترتیب ۱۵/۷ و ۱۸ درصد کاهش یابد. دا کاچه و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود بر روی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد و آب آبیاری مورد نیاز برای کشت سیب زمینی گزارش کردند که بسته به مکان و سناریوی انتشار، عملکرد به میزان ۲/۹ تا ۶/۵ درصد افزایش پیدا می کند که دلیل عمده این افزایش دماهای بالاتر می باشد. شیبستانی و همکاران (۱۳۹۵) بر اساس خروجی های به دست آمده از مدل A2، اثرات وقوع گرمایش جهانی بر میزان تبخیر-تعرق پتانسیل و عدم قطعیت های حاکم در پیش بینی آن در شهرستان شیراز تحلیل کردند. داده های بزرگ مقیاس مدل های GCMs با مدل آماری LARS-WG در ایستگاه شیراز در سه بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ (دوره ابتدایی)، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ (دوره میانی) و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ (دوره انتهایی) ریزمقیاس شدند. دوره های میانی و انتهایی قرن بیست و یکم (۱۵/۶-۱۰/۳ درصد)، فصل های پربارش (۳۱/۹-۵/۴ درصد) و همچنین ماه های دسامبر، ژانویه و فوریه (۴۵-۸/۵ درصد) بیشترین افزایش در میزان تبخیر-تعرق پتانسیل را در مقایسه با دوره پایه تحت گرمایش جهانی خواهند داشت. ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱) با ریزمقیاس نمایی تغییرات آب و هوایی توسط مدل LARS-WG تحت سناریوهای A1B، A2، B1 با استفاده از خروجی مدل HADCM3 افزایش یک درجه ای دما و کاهش سه درصدی بارش در طی سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۹۰ را برای استان آذربایجان شرقی گزارش نموده اند. در بررسی تغییرات تبخیر-تعرق درخت زیتون در اثر تغییر اقلیم در منطقه مدیترانه پرداختند در این مطالعه برای برآورد تبخیر-تعرق گیاهی از گزارش ۵۶ فائو استفاده شد نتایج این بررسی افزایش هشت درصدی تبخیر-تعرق تا سال ۲۰۶۵ نشان داد (تاناسیجویک و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج تاثیر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع در مصر نشان

نیمه خشک ایران، آب به عنوان یکی از مهمترین عوامل اصلی محدود کننده تولید، نقش مهمی را در تعیین نوع فعالیت های زراعی ایفا می کند. از این رو، ارزیابی آب مورد نیاز سیستم های کشاورزی همواره از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (اسامو و همکاران، ۲۰۰۵). یکی از مهم ترین پیامدهای تغییر اقلیم در آینده، تاثیر آن بر مصرف آب کشاورزی است، که می تواند مدیریت منابع آب را با چالش های جدی روبرو سازد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴؛ عزیزاده و همکاران، ۲۰۱۱). امروزه به دلیل افزایش تمرکز گازهای گلخانه ای، گرمایش جهانی احتمالاً تأثیرات چشمگیری در میزان بارش خواهد داشت (کو، ۲۰۱۵). تغییرات نامطلوب در پارامترهای اقلیمی و تاثیر آن بر کشاورزی آثار زیان باری بر امنیت غذایی جوامع بشری خواهد داشت از آنجا که در ایران بخش کشاورزی عمده ترین مصرف کننده آب است، واکاوی وضعیت نیاز آبی بر اساس پارامترهای اقلیمی به منظور مدیریت منابع آبی در کشاورزی بسیار ضروری است (آشفته و امید حداد، ۲۰۱۵). تاکنون محققان زیادی در این زمینه به بررسی پرداخته اند (بوراس و همکاران، ۲۰۱۹؛ شیائو و همکاران، ۲۰۲۰؛ می بون و همکاران، ۲۰۲۰؛ گائو و همکاران، ۲۰۱۹؛ یون و چویی، ۲۰۲۰؛ شارما، ۲۰۲۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ آچارجی و همکاران، ۲۰۱۷). بلک و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصول ذرت در حوزه آبخیز اوبی ایتوپیی پرداختند. نتایج نشان داد که نیاز آبیاری محصول ذرت در دوره آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم در طول دوره رشد به ویژه در مرحله توسعه افزایش خواهد یافت. چاودوری و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیازهای آب محصولات گندم، ذرت، جو، گوجه فرنگی، سیب زمینی، خرما، مرکبات و انگور در منطقه خشک الجوف عربستان سعودی پرداختند. نتایج حاکی از افزایش نیاز آبی اکثر محصولات در نتیجه افزایش دما در دوره آتی می باشد. پونیا و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی و آبیاری محصولات ذرت، گندم و برنج در منطقه هیمالیای شرقی پرداختند. آنها جهت شبیه سازی دوره آتی از مدل ریزمقیاس نمایی CORDEX تحت سناریوهای مختلف اقلیمی استفاده کردند. نتایج حاکی از افزایش نیاز آبی محصولات برنج و گندم

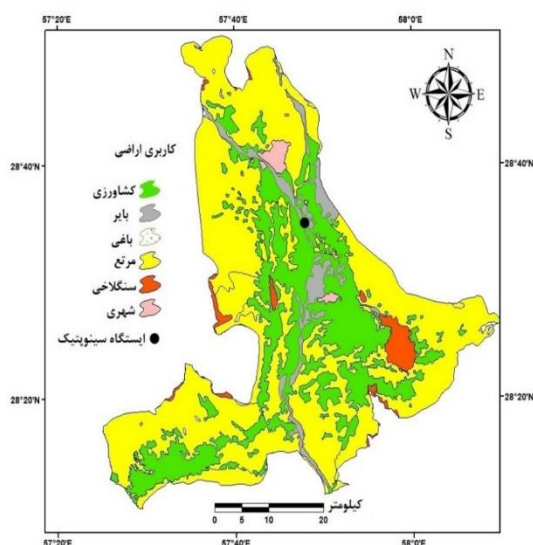
با استفاده از مدل بزرگ مقیاس اقلیمی HadGEM2 می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این مطالعه شهرستان جیرفت می‌باشد که در عرض جغرافیایی $28^{\circ}10'$ تا $28^{\circ}55'$ درجه شمالی و طول جغرافیایی $58^{\circ}10'$ تا $57^{\circ}25'$ درجه شرقی، در جنوب شرق ایران در استان کرمان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه دارای مساحت $2239/2$ کیلومتر مربع می‌باشد. دشت جیرفت از مناطق گرم و خشک ایران است و اقلیم آن تحت تأثیر آب و هوای نیمه بیابانی و بیابانی قرار دارد. متوسط بارش سالانه در آن $172/7$ میلی‌متر، دمای متوسط سالانه این منطقه در حدود 25 درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر-تعرق پتانسیل منطقه براساس روش پنمن مانیت $1646/2$ میلی‌متر در ماه می‌باشد (عادلی ساردوئی و همکاران، ۱۳۹۹).

داد تبخیر-تعرق گیاه مرجع در دوره‌های آینده افزایش خواهد یافت (خلیل، ۲۰۱۳). تغییر اقلیم باعث تغییراتی در الگوهای بارش و دما و مقدار آنها می‌شود و این تغییرات می‌تواند نیاز آبی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. اگرچه پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با تغییرات پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی با استفاده از سناریوهای اقلیمی و مدل‌های GCM انجام یافته است اما تغییرات نیاز آبی و بخش کشاورزی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین دشت جیرفت یکی از مناطق استراتژیک از لحاظ تولید محصولات کشاورزی در ایران بوده و تاکنون مطالعاتی در زمینه بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصولات کشاورزی دشت جیرفت صورت نگرفته است. از این‌رو هدف اصلی این پژوهش بررسی مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات عمده کشت شده در دشت جیرفت شامل سیب زمینی، پیاز، گندم، جو، گوجه فرنگی و ذرت دانه‌ای در دوره آتی (۲۰۳۱-۲۰۵۰) بر پایه سناریوهای مختلف RCP در مقایسه با دوره پایه



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران

هواشناسی موجود در منطقه (مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه، سرعت باد، درصد رطوبت نسبی و ساعات آفتابی) از سازمان هواشناسی کشور، اطلاعات خاکشناسی منطقه مورد مطالعه (رطوبت کل موجود در خاک، رطوبت کل قابل دسترس، حداکثر عمق نفوذ در خاک، حداکثر عمق ریشه دوانی

۲. روش تحقیق

۲-۲-۱. جمع آوری اطلاعات مورد نیاز

در ابتدا به جمع‌آوری پارامترهای اقلیمی، اطلاعات خاکشناسی و اطلاعات گیاهی منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. در دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۷)، پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های

$$R^2 = \left[\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i - \bar{s})(o_i - \bar{o})}{\sigma_s \times \sigma_o} \right]^2 \quad (3)$$

که در آن O_i داده‌های مشاهداتی، s_i داده‌های برآورد شده، \bar{o} و \bar{s} میانگین داده‌های مشاهداتی و برآورد شده و σ_o و σ_s انحراف معیار داده مشاهداتی و برآورد شده می‌باشد.

۲-۲-۳. پیش بینی متغیرهای اقلیمی در دوره آتی

پس از این مراحل، مدل LARS-WG برای مدل گردش عمومی جو HadGEM2 برای دوره زمانی آتی اجرا شد و تغییرات اقلیم آینده توسط سه سناریوی جدید انتشار RCPs به نام‌های (RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5) و تحت بازه زمانی آینده میانی ۲۰۳۱-۲۰۵۰ مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. جدول ۱ مشخصات مدل گردش عمومی جو HadGEM2-ES را نشان می‌دهد. پس از اجرای مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG تحت سه سناریوی جدید انتشار، به مقایسه داده‌های دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۷) و دوره آتی (۲۰۳۱-۲۰۵۰) پرداخته شد. به طور کلی یک سناریوی انتشار، حاوی اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی- اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین است (IPCC, 2014). سناریوی انتشار RCP2.6 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 قابل توجه کاهش یابند. در سناریوی RCP4.5 واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر مترمربع ثابت می‌ماند. در سناریوی RCP8.5 بدون اتخاذ هیچ گونه سیاست‌های کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب و هوای 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.

گیاه، درصد رطوبت اولیه خاک و درصد رطوبت قابل دسترس اولیه) از اداره کل منابع طبیعی جنوب استان کرمان و اطلاعات گیاهی منطقه مورد مطالعه (تاریخ کاشت، تاریخ برداشت، طول دوره رشد و...) از سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان تهیه گردیدند.

۲-۲-۲. بررسی تغییرات اقلیمی منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از داده های گزارش پنجم تغییر اقلیم (IPCC, 2014)، مدل جفت شده اقیانوسی-جوی HadGEM2-ES و از مدل ریزمقیاس نمایی اقلیمی LARS-WG 6 استفاده شد. مدل HadGEM2-ES یکی از مدل‌های بزرگ مقیاس اقلیمی در نرم افزار LARS-WG6 بوده و به دلیل عملکرد خوب و دقت بالا در مطالعات مختلف اقلیمی مورد استفاده قرار گرفته است (بخشایی و همکاران ۱۳۹۶؛ مرتضوی زاده و گودرزی، ۱۳۹۷؛ یوسفی و همکاران، ۱۴۰۱). در ابتدا، دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۷ برای واسنجی مدل استفاده شد. سپس کل همین دوره (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۷) برای صحت‌سنجی و ارزیابی مدل در نظر گرفته شد و نتایج به دست آمده از مدل با مقادیر مشاهده شده مقایسه و نحوه عملکرد مدل در شبیه‌سازی داده‌های بارش و دما ارزیابی شد. به منظور ارزیابی مدل و سناریو از معیارهای RMSE، NSE و R2 استفاده شد. در زیر روابط موجود برای معیارهای مذکور ارائه شده است:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - s_i)^2}{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i - o_i)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

جدول ۱. مشخصات مدل گردش عمومی جو HadGEM2-ES (IPCC, 2014)

مدل جهانی	IPCC	مرجع	قدرت تفکیک مکانی به درجه
HadGEM2-ES	IPCC-AR5	Hadley Global Environment Model 2 - Earth System, United Kingdom	1.25° × 1.875°

و کمالی، ۱۳۸۷) استخراج گردید که نتایج آن در جدول (۲) آورده شده است. محصولات مورد بررسی شامل گندم، جو، سیب زمینی، پیاز، ذرت دانه‌ای و گوجه فرنگی می‌باشند. محصولات انتخاب شده براساس سطح زیر کشت جزء عمده-ترین محصولات کشت شده در دشت جیرفت می‌باشند. با تعیین طول دوره‌های رشد و ضرایب گیاهی مربوطه، با ضرب ضریب گیاهی به دست آمده برای هر روز در مقدار تبخیر-تعرق همان روز مقدار نیاز آبی آن روز از رابطه محاسبه می‌شود.

$$ET_c = K_c \times ET_p \quad (۵)$$

که در آن ET_c تبخیر-تعرق گیاه مرجع می‌باشد.

محاسبه تبخیر-تعرق مرجع در دوره آبی

مقادیر روزانه داده‌های اقلیمی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه سال‌های آینده که تولید گردید. علاوه بر این پارامترها جهت تعیین تبخیر-تعرق مرجع (ET_c) در دوره آینده تعیین داده‌های سرعت باد و رطوبت نسبی نیز نیاز است که به دلیل محدودیت داده‌های خروجی مدل اقلیمی لارس، امکان ارزیابی این پارامترها وجود ندارد. با توجه به اینکه 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 (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷).

(۶)

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

$$Humidity = 93.453 + (1.658 \times T_{min}) - (2.926 \times T_{max}) \quad (۷)$$

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. 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.

$$U_2 = \frac{4.868 \times U_z}{\ln(67.75z - 5.42)} \quad (۸)$$

۲-۲-۴. محاسبه داده‌های مورد نیاز جهت برآورد نیاز آبی محصولات زراعی

در این مطالعه جهت محاسبه بارندگی موثر، تبخیر-تعرق پتانسیل و نیاز آبی محصولات زراعی عمده موجود در دشت جیرفت (سیب زمینی، پیاز، ذرت دانه‌ای، گندم، جو و گوجه فرنگی) در دوره حاضر و دوره آبی (تحت تاثیر تغییر اقلیم) از نرم‌افزار CROPWAT 8.0 استفاده گردید.

محاسبه تبخیر-تعرق مرجع

در نرم‌افزار CROPWAT 8.0 جهت محاسبه تبخیر-تعرق مرجع از روش فائو-پنمن - مانیتث استفاده شد. (۴)

$$ETP = \frac{0.408(Rn - G) + Y \left[\frac{890}{T + 273} \right] U_2 (ea - ed)}{\Delta + Y(1 + 0.34U_2)}$$

ETP تبخیر-تعرق پتانسیل (mm/day)

U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1})

T: ثابت سایکرومتری ($KPa \cdot C^{-1}$)

Δ : شیب منحنی فشار بخار (kPa^0C^{-1})

G: شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)

T: متوسط دمای هوا (0C)

به منظور برآورد میزان تغییرات تبخیر-تعرق گیاهان مورد مطالعه، از ضریب گیاهی منفرد (Kc)، برای تبدیل تبخیر-تعرق پتانسیل (مرجع) به تبخیر-تعرق گیاه استفاده شد. در نهایت از ضرب ضریب منفرد گیاهی و تبخیر-تعرق مرجع، تبخیر-تعرق گیاهان مورد مطالعه محاسبه شد. در جدول ۲ ضریب Kc در طول مراحل مختلف رشد برای هر یک از گیاهان مورد مطالعه آورده شده است (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷).

گیاهان در طول دوره‌های رشد خود ضرایب گیاهی Kc متفاوتی دارند و بر این اساس دوره رشد آنها به چهار مرحله تقسیم می‌شود. طول دوره‌های رشد بستگی به نوع ارقام گیاهی داشته و از روی اطلاعات محلی به دست می‌آید. در این پژوهش تاریخ کاشت، طول مراحل چهارگانه دوره‌های رشد و ضرایب گیاهی محصولات مختلف از اطلاعات مجموعه نرم‌افزارهای نیاز آبی گیاهان OPTIWAT (علیزاده

در گام آخر پس از محاسبه پارامترهای مورد نیاز در دوره پایه و دوره آبی، نیاز خالص آبیاری طبق رابطه از تفاضل تبخیر-تعرق مرجع گیاه (ETc) و باران موثر (Peff) برای هر ماه بدست می‌آید:

$$IR = ET_c - P_{eff} \quad (11)$$

IR^2 : نیاز خالص آبیاری می‌باشد. سپس به مقایسه نیاز آبی گیاهان متداول در سیستم کشت (محصولات زراعی عمده موجود در دشت جیرفت)، در دوره حاضر (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۷ میلادی) و دوره آبی (۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ میلادی) با توجه به تغییرات اقلیمی پرداخته شد و درصد تغییرات نیاز آبی گیاهان نسبت به دوره پایه براساس رابطه به دست آمد.

$$\%change \text{ of } IR = \frac{(IR_{Obs} - IR_{Sim})}{IR_{Obs}} \times 100 \quad (12)$$

که در آن IR_{Obs} نیاز آبی دوره پایه، IR_{Sim} نیاز آبی دوره آبی می‌باشد.

محاسبه بارندگی موثر

میزان بارندگی موثر با توجه به شرایط کليماتولوژی محدوده طرح و با استفاده از آمار بارندگی ماهانه و به روش SCS توسط نرم افزار CROPWAT 8.0 محاسبه می‌شود. در این روش ارتباط بین میزان بارندگی و بارندگی موثر به صورت روابط زیر بیان می‌شود (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷):

$$P_{eff} = \frac{P}{125 \times (125 - 0.2P)} \quad P \leq 250mm \quad (10)$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 \times P \quad P < 250mm$$

P_{eff}^1 : متوسط بارندگی متوسط ماهیانه P: متوسط بارندگی ماهانه می‌باشد.

محاسبه نیاز خالص آبیاری

جدول ۲. ضرایب گیاهی و طول مراحل مختلف رشد محصولات عمده در دشت جیرفت (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷).

محصول	فصل رشد	ضرایب منفرد گیاهی (Kc)			طول مراحل مختلف رشد (روز)			
		آغازین	میانی	پایانی	آغازین	توسعه	میانی	پایانی
		Initial	Mid	End	Initial	Development	Mid	End
گندم	۱۱ اکتبر تا ۱۱ مارس	۰/۱۵	۱/۱	۰/۲	۲۰	۱۰۰	۳۰	۳۰
جو	۱۱ اکتبر تا ۱۱ مارس	۰/۱۵	۱/۱	۰/۱۵	۲۰	۱۰۰	۳۰	۳۰
سیب زمینی	۲۲ اکتبر تا ۲۲ فوریه	۰/۱۵	۱/۱	۰/۶۵	۳۰	۳۳	۵۴	۳۳
پیاز	۱۵ سپتامبر تا ۱۵ ژانویه	۰/۱۵	۰/۹۵	۰/۶۵	۱۵	۳۵	۷۰	۳۰
ذرت دانه ای	۱۱ آوریل تا ۱۱ ژولای	۰/۱۵	۱/۱۵	۰/۵	۲۰	۳۲	۴۵	۳۳
گوجه فرنگی	۲۲ سپتامبر تا ۲۰ ژانویه	۰/۱۵	۱/۱	۰/۲۵	۲۰	۳۵	۶۵	۳۰

نتایج ارزیابی دقت مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دما و بارش براساس شاخص R^2 ، RMSE و NSE در ایستگاه سینوپتیک جیرفت در جدول ۳ نشان داده شده است. شکل ۲،

۳. نتایج و بحث

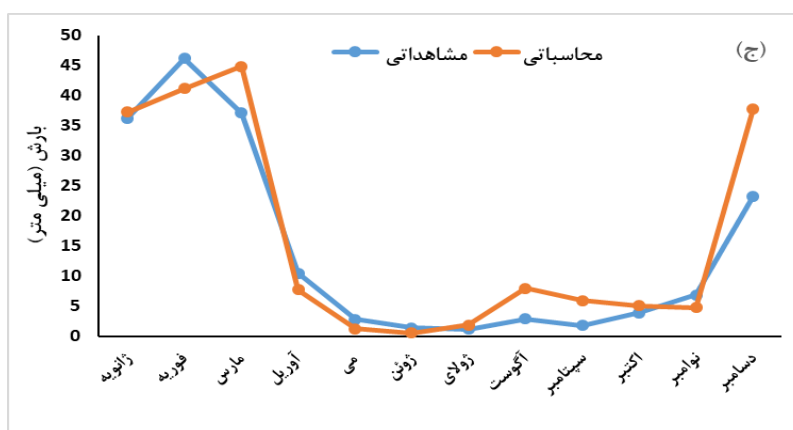
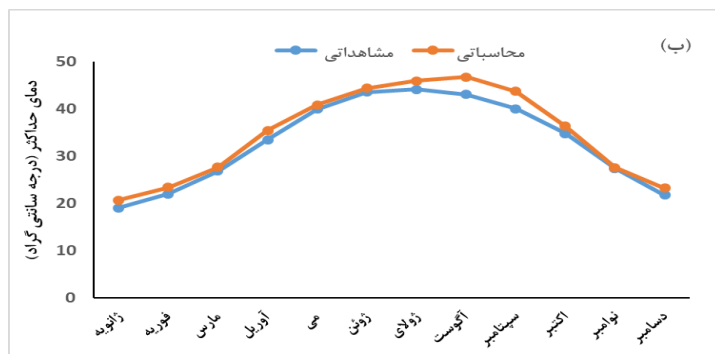
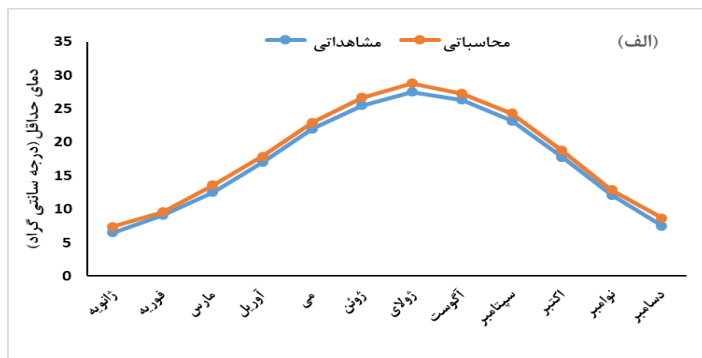
۳-۱. نتایج ارزیابی مدل LARS-WG

². Irrigation requirement

¹. Effective precipitation

می‌توان دریافت که مدل LARS-WG از توانایی قابل قبولی در کوچک مقیاس‌نمایی داده‌های دمای کمینه و بیشینه و بارش برخوردار است. اما با این وجود دقت مدل در شبیه‌سازی دمای حداقل و حداکثر بیشتر از بارش می‌باشد، که با نتایج سدی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی تغییرات اقلیمی استان کرمان مطابقت دارد.

مقادیر متوسط ماهانه دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش مشاهداتی را در مقایسه با مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل لارس در مرحله صحت‌سنجی نشان می‌دهد. با توجه به پایین بودن مقادیر RMSE و بالا بودن مقدار NSE و R^2 در ایستگاه سینوپتیک جیرفت، می‌توان دریافت که تطابق زیادی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی وجود دارد. با توجه به نتایج حاصله



شکل ۲. مقایسه متوسط ماهانه الف-دمای حداقل ب-دمای حداکثر و ج-بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل لارس در مرحله صحت‌سنجی (۱۹۸۹-۲۰۱۷)

جدول ۳. آماره‌های خطا حاصل از پارامترهای اقلیمی مشاهداتی و مدل‌سازی شده توسط مدل LARS-WG در مرحله صحت‌سنجی

پارامتر	RMSE	R^2	NSE
دمای حداقل	۱/۰۱	۰/۸۴	۰/۹۸
دمای حداکثر	۱/۹۴	۰/۸۳	۰/۹۵
بارش	۵/۶۴	۰/۷۶	۰/۸۹

اقلیمی دمای حداقل و حداکثر، تبخیر-تعرق پتانسیل، تابش خورشیدی و بارش در دوره ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ براساس سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده گردید. با توجه به نبود داده‌های تابش خورشیدی، از داده‌های ساعات آفتابی در

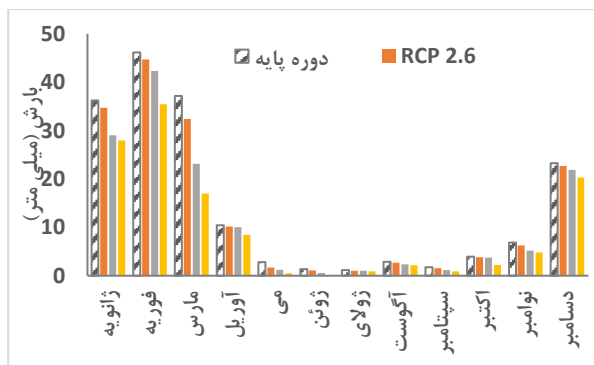
۲-۳. تغییرات متغیرهای بارش، دما در دوره‌های آبی نسبت به دوره پایه

با تأیید توانایی مدل LARS-WG6 در شبیه‌سازی داده‌های دوره پایه، از آن برای شبیه‌سازی مقادیر روزانه داده‌های

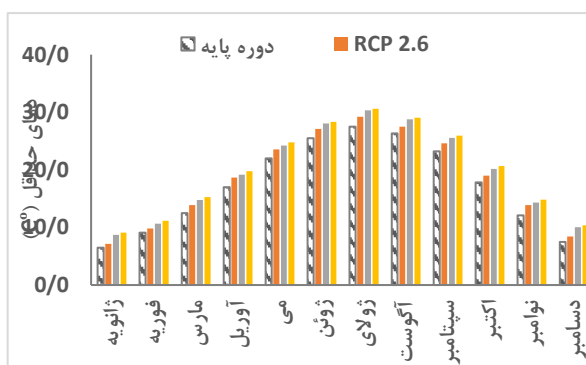
نتایج شکل ۴ میانگین دمای حداقل شبیه‌سازی شده براساس هر سه سناریو در مقایسه با دوره پایه برای تمام ماه‌های سال دارای افزایش می‌باشد، به طوری که میانگین این افزایش به ازای سناریوهای ذکر شده به ترتیب برابر ۱/۳، ۲/۳ و ۲/۷۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بیش‌ترین مقدار افزایش دما در هر سه سناریو متعلق به ماه ژولای می‌باشد. شکل ۵ روند افزایشی مشابهی را برای مقدار دمای حداکثر در تمامی ماه‌های سال بر طبق هر سه سناریو نسبت به دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد.

به طور کلی بر پایه نتایج پیش‌بینی مدل LARS-WG6 مقدار میانگین دمای حداکثر در سه سناریوی RCP4.5، RCP2.6 و RCP8.5 نسبت به دوره پایه به ترتیب برابر ۰/۶، ۱/۱۴ و ۱/۴۴ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. بررسی تغییرات مقدار تابش خورشیدی در دوره آبی حاکی از افزایش تابش خورشیدی نسبت به دوره پایه می‌باشد (شکل ۶). به طوری که بیش‌ترین مقدار مربوط به ماه ژوئیه سناریوی RCP 8.5 با مقدار ۲/۷ مگاژول بر مترمربع می‌باشد. هم‌چنین تبخیر-تعرق پتانسیل در سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 نسبت به دوره پایه به طور متوسط به ترتیب برابر ۴/۳۸، ۷/۰۹ و ۱۰ درصد افزایش می‌یابد (شکل ۷). به طور کلی می‌توان دریافت که در دوره آبی، افزایش دما در منطقه مورد مطالعه همسو با گرمایش جهانی می‌باشد و به تبع آن منجر به افزایش تابش و تبخیر-تعرق پتانسیل و کاهش بارندگی، در سطح منطقه می‌گردد.

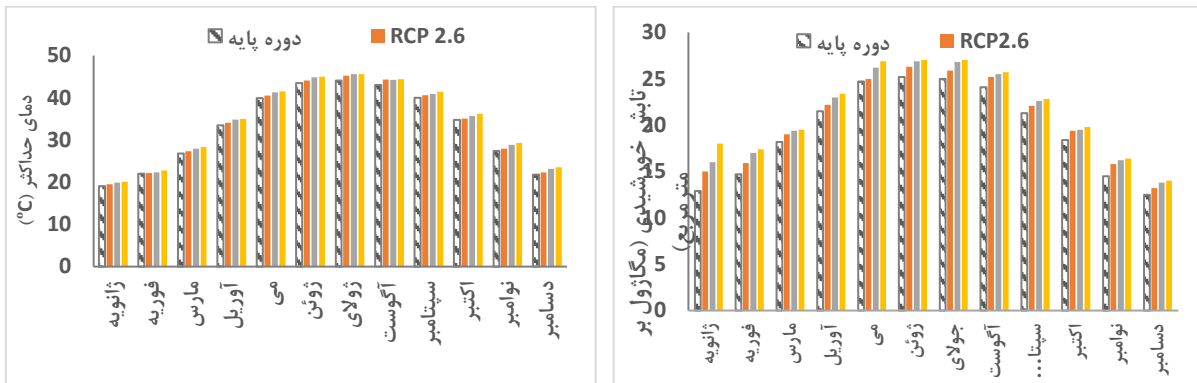
بخش ورودی مدل استفاده گردید که مدل برای محاسبه مقادیر تابش خورشیدی از رابطه انگستروم- پرسکات با ضرایب تجربی a برابر با ۰/۲۵ و b برابر با ۰/۵ استفاده می‌کند (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۸). میانگین مقادیر ماهانه متغیرهای اقلیمی دمای حداقل، دمای حداکثر، تبخیر-تعرق پتانسیل، تابش خورشیدی و بارش در دوره ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ براساس سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 محاسبه گردید که نمودار آن‌ها به ترتیب در شکل‌های ۳ تا ۷ نشان داده شده‌اند. در شکل‌های مذکور، جهت درک بهتر تغییرات اقلیمی آینده، مقادیر میانگین ماهانه داده‌های اقلیمی دوره پایه نیز آورده شده است. جدول (۴) میزان تغییرات دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش خورشیدی و جدول (۵) درصد تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل و بارش را نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. بررسی درصد تغییرات بارش در دوره آبی حاکی از کاهش بارش در تمامی سناریوها نسبت به دوره پایه می‌باشد (شکل ۳). به طوری که بیش‌ترین درصد کاهش بارش مربوط به ماه ژوئن سناریوی RCP 8.5 با مقدار ۵۱/۹ درصد است. میانگین بارش سالانه در دوره آبی نسبت به دوره پایه براساس سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۲۷ درصد کاهش خواهد یافت. کاهش بارش در دشت جیرفت، در دوره آبی تحت تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم با نتایج جی‌واتی و همکاران (۲۰۱۹) در حوزه آبخیز بالادست رودخانه اردن که دارای اقلیم خشک می‌باشد، مطابقت دارد. براساس



شکل ۳. مقایسه میانگین بارش ماهانه دوره پایه و دوره آبی تحت سناریوهای RCP



شکل ۴. مقایسه میانگین دمای حداقل ماهانه دوره پایه و دوره آبی تحت سناریوهای RCP



شکل ۶. مقایسه میانگین تابش خورشیدی ماهانه دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوهای RCP شکل ۵. مقایسه میانگین دمای حداکثر ماهانه دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوهای RCP

جدول ۴. میزان تغییرات دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش خورشیدی نسبت به دوره پایه

	دمای حداقل (درجه سانتی گراد)			دمای حداکثر (درجه سانتی گراد)			تابش خورشیدی (مگاژول بر متر مربع)		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
ژانویه	۰/۶۳	۲/۱۸	۲/۵۷	۰/۴	۰/۸	۱/۰۳	۰/۶۷	۱/۱	۱/۴۶
فوریه	۰/۷۱	۱/۵۶	۲/۰۶	۰/۲	۰/۳۵	۰/۸۱	۱/۱	۱/۷	۱/۸۲
مارس	۱/۳۷	۲/۲۵	۲/۷۶	۰/۵	۱/۱۵	۱/۵۴	۰/۸	۱/۲	۱/۳
آوریل	۱/۶۷	۲/۱۶	۲/۷۵	۰/۶۱	۱/۳	۱/۴۷	۰/۷	۱/۵	۱/۹
می	۱/۵۲	۲/۲۱	۲/۷۴	۰/۶۲	۱/۴۰	۱/۶۲	۰/۳	۱/۵	۲/۲
ژوئن	۱/۵۹	۲/۵۴	۲/۸۴	۰/۶	۱/۳۵	۱/۴۸	۱/۲	۲/۳	۲/۷
ژولای	۱/۶۸	۲/۸۳	۳/۰۹	۱/۱	۱/۴۸	۱/۵۲	۰/۹	۱/۸	۲/۰۱
آگوست	۱/۱۸	۲/۴۵	۲/۷۶	۱/۳۱	۱/۲	۱/۳۹	۱/۱	۱/۴	۱/۶
سپتامبر	۱/۳۷	۲/۳۵	۲/۷۴	۰/۶	۰/۹۲	۱/۴۱	۰/۸	۱/۳	۱/۵
اکتبر	۱/۱۶	۲/۳۶	۲/۸۷	۰/۳	۰/۸۷	۱/۳۷	۱	۱/۱	۱/۴
نوامبر	۱/۷۹	۲/۲۴	۲/۷۲	۰/۵	۱/۴۸	۱/۹۳	۱/۳	۱/۷	۱/۹
دسامبر	۰/۹	۲/۵۳	۲/۸۹	۰/۵۱	۱/۳۷	۱/۷۱	۰/۷	۱/۳	۱/۵۱

جدول ۵. درصد تغییرات تبخیر-تعرق و بارش نسبت به دوره پایه

	بارش (%)			تبخیر-تعرق (%)		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
ژانویه	-۲/۸	-۴/۲	-۱۹/۱	۲/۴۳	۴/۷	۵/۸۳
فوریه	-۳/۳	-۸/۳	-۲۳/۲	۲/۵۷	۵/۲۲	۵/۸۱
مارس	-۴/۲	-۲۰	-۲۲/۹	۴/۵۷	۸/۲۹	۸/۷۸
آوریل	-۱۲/۷	-۲۷/۷	-۳۴/۳	۴/۴۶	۸/۷۲	۱۰/۳۷
می	-۷/۳	-۱۰/۴	-۲۰	۴/۸۵	۷/۴۴	۱۱/۷۶
ژوئن	-۳۹/۱	-۵۵/۴	-۵۱/۹	۵/۹۷	۹/۰۹	۱۳/۹۳
ژولای	-۲۲/۱	-۴۰/۱	-۴۳/۱	۴/۵۶	۸/۰۴	۱۲/۵۴
آگوست	-۶/۴	-۱۸	-۲۶/۵	۵/۵۴	۷/۲۴	۱۱/۵۴
سپتامبر	-۱۴/۷	-۲۶/۷	-۳۰/۴	۴/۳۲	۷/۰۳	۱۰/۷۱
اکتبر	-۲/۸	-۵/۵	-۱۲/۶	۴/۴۳	۴/۵۵	۸/۵۹
نوامبر	-۷/۹	-۲۳/۵	-۲۹/۸	۴/۷۸	۷/۱۷	۱۰/۷۵
دسامبر	-۲/۵	-۶	-۱۲/۸	۴/۰۹	۷/۶	۹/۳۶

۳-۳. نتایج برآورد نیاز خالص آبیاری

نتایج محاسبه مقادیر نیاز خالص آبیاری محصولات سیب زمینی، پیاز، جو، گندم، ذرت دانه‌ای و گوجه به عنوان محصولات عمده دشت جیرفت در دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۷) و دوره آتی (۲۰۳۱-۲۰۵۰) بر مبنای سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 طول دوره رشد هر محصول به ترتیب در شکل ۸ ترسیم شده‌اند. هم‌چنین به منظور مقایسه و درک بهتر تغییرات اقلیمی، مجموع نیاز خالص آبیاری برای محصولات مورد بررسی در دوره پایه و دوره ۲۰۳۱ تا ۲۰۸۰ بر مبنای سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 محاسبه و درصد تغییرات نیاز خالص آبیاری در دوره رشد هر محصول نسبت به دوره پایه بر مبنای هر یک از سناریوها محاسبه گردید که مقادیر آن در شکل ۹ ترسیم و نشان داده شده است.

در دشت جیرفت محصول زراعی پیاز در ۱۵ ماه سپتامبر کشت و پس از ۱۵۰ روز در ۱۵ ژانویه برداشت می‌شود. مجموع نیاز خالص آبیاری آن در دوره پایه برابر ۲۱۵ میلی‌متر می‌باشد که بیش‌ترین نیاز آبیاری مربوط به ماه نوامبر است که مقارن با دوره رشد میانی می‌باشد (شکل ۸ الف). به طور کلی نیاز خالص آبیاری این گیاه بر مبنای سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 در دوره آینده نسبت به وضعیت فعلی نیز به میزان ۷/۲، ۹/۱۱ و ۱۲/۸ درصد افزایش خواهد یافت (شکل ۸). دوره رشد محصول سیب‌زمینی مجموعاً ۱۵۰ روز می‌باشد و در روز ۲۲ اکتبر کشت و ۲۲ فوریه برداشت می‌شود (جدول ۲). مجموع نیاز خالص آبیاری آن در دوره پایه برابر ۲۵۸ متر می‌باشد و بیش‌ترین نیاز آبی به مراحل توسعه و میانی (ماه نوامبر و دسامبر) اختصاص دارد (شکل ۸ ب). نیاز خالص آبیاری این محصول براساس نتایج ریزمقیاس‌نمایی مدل LARS-WG و بر پایه نتایج سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 در دوره آینده به ترتیب ۶/۳، ۷/۸ و ۱۱/۱۲ درصد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت (شکل ۹). محصول گندم در ۱۱ اکتبر کشت و دوره رشد آن تا ۱۱ مارس ادامه دارد (مجموعاً ۱۸۰ روز). مجموع نیاز خالص آبیاری آن در دوره پایه برابر ۱۶۴ میلی‌متر می‌باشد که بیش‌ترین

نیاز آبیاری مربوط به ماه ژانویه می‌باشد که مقارن با دوره رشد میانی محصول می‌باشد (شکل ۸ ج). نیاز خالص آبیاری این محصول بر پایه نتایج سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 در دهه آینده به ترتیب ۱/۷، ۵ و ۷/۵ درصد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت (شکل ۹). محصول جو در ۱۱ اکتبر کشت و در طول یک دوره رشد برابر با ۱۸۰ روز در ۱۱ مارس برداشت می‌شود. مجموع نیاز خالص آبیاری طی دوره رشد ۱۴۶ میلی‌متر می‌باشد که بیش‌ترین مقدار آن به مرحله میانی رشد (ژانویه) اختصاص دارد (شکل ۸ د). نیاز خالص آبیاری این گیاه بر مبنای سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 در سه دهه آینده نسبت به وضعیت فعلی نیز به میزان ۱/۵، ۳/۹ و ۶/۴ درصد افزایش خواهد یافت (شکل ۹).

طول دوره رشد ذرت دانه‌ای تقریباً برابر ۱۳۰ روز می‌باشد، این محصول در ۱۱ آوریل کشت شده و در ۱۱ ژولای برداشت می‌گردد. مجموع نیاز آبیاری ذرت دانه‌ای برابر ۵۳۵ میلی‌متر به دست آمد. مقدار نیاز خالص آبیاری برای ذرت دانه‌ای در تمامی ماه‌های دوره رشد تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 دارای مقدار افزایشی است (شکل ۸ ه). به طوری که نیاز خالص آبیاری برای دوره آینده به ترتیب برای سناریوهای ذکر شده به میزان ۵/۸، ۷/۳ و ۱۱/۱ درصد افزایش خواهد یافت (شکل ۹).

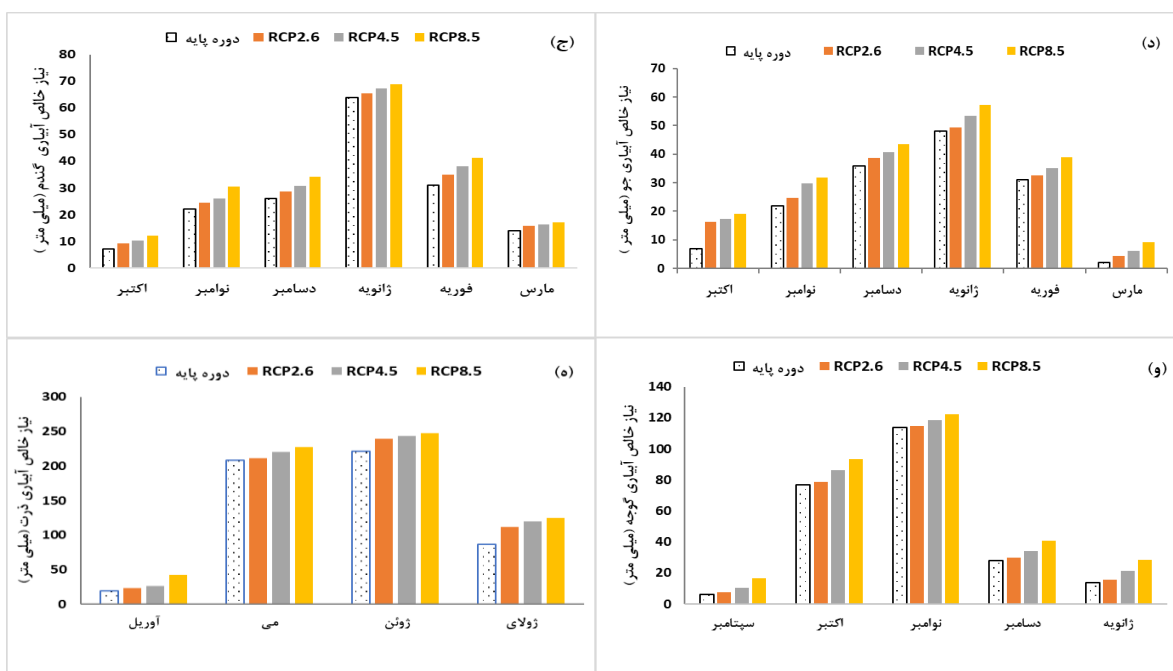
افزایش نیاز آبیاری محصول ذرت در دوره آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم در طول دوره رشد با نتایج بلک و همکاران (۲۰۱۹) در حوزه آبخیز اوبی اتپویی که دارای اقلیم خشک می‌باشد، مطابقت دارد.

گیاه زراعی گوجه‌فرنگی در ۲۲ ماه سپتامبر کشت و پس از ۱۵۰ روز در ۲۰ ژانویه برداشت می‌شود. مجموع نیاز خالص آبیاری طی دوره رشد ۲۳۹ میلی‌متر می‌باشد که بیش‌ترین مقدار آن به مرحله میانی رشد (نوامبر) اختصاص دارد. مقدار نیاز خالص آبیاری این گیاه نیز همانند گیاهان زراعی دیگر مورد بررسی در تمامی ماه‌های دوره رشد بر طبق سه سناریوی به کار گرفته شده افزایش می‌یابد (شکل ۸ و). به طوری که مجموع مقدار نیاز آبی آن در دوره ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰

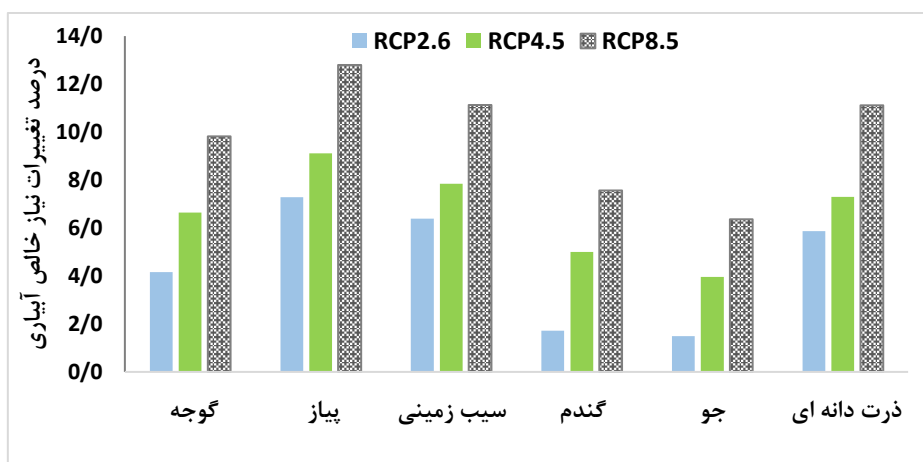
کلی با توجه افزایش دما و کاهش بارش در تمامی ماه‌های سال نیاز آبی همه گیاهان افزایش می‌یابد. اثر افزایشی دما طی ماه‌های سرد سال در گیاهان کشت زمستانه باعث افزایش دمای خاک و بهبود شرایط رشد می‌شود، از طرف دیگر افزایش آن طی ماه‌های گرم سال سبب افزایش تبخیر-تعرق و به تبع آن نیاز آبیاری می‌شود. براساس نتایج شکل‌های ۴ و ۵ مقدار میانگین دمای حداقل و حداکثر را برای تمامی ماه‌های سال نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت و بیش‌ترین افزایش آن طی ماه‌های ژولای (ژوئیه) و کم‌ترین آن طی ماه فوریه می‌باشد. از طرف دیگر مقدار بارش در تمامی ماه‌های سال تحت همه سناریوها کاهش می‌یابد و بیش‌ترین کاهش بارش در تمامی سناریوها مرتبط به ماه ژوئن می‌باشد. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که به علت تغییرات اقلیمی و در نتیجه کاهش بارندگی، افزایش دما و به تبع آن افزایش تبخیر-تعرق نیاز آبی گیاهان زراعی افزایش خواهد یافت، که این نتایج با یافته‌های اخوان و همکاران (۱۳۹۴)، قهرمان و همکاران (۱۳۹۵)، محبی (۱۳۹۸)، گودرزی و عابدی کوپایی (۱۳۹۹) مطابقت دارد.

در مقایسه با دوره پایه براساس سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۴/۱، ۶/۶ و ۹/۸ درصد افزایش می‌یابد (شکل ۹). بررسی نیاز خالص آبیاری محصولات مورد بررسی نشان می‌دهد که بر پایه سناریوهای RCP، گیاهان زارعی گندم و جو دارای کمترین مقدار افزایش در نیاز خالص آبیاری و گیاهان پیاز و سیب زمینی دارای بیش‌ترین مقدار افزایش در نیاز خالص آبیاری می‌باشند (شکل ۹). با بررسی نتایج ارائه شده در شکل ۸ و شکل ۹ می‌توان بیان داشت که مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی در تمامی ماه‌های دوره رشد خود بر طبق هر سه سناریوی به کار گرفته شده در مقایسه با دوره پایه افزایش خواهند یافت. برای اکثر محصولات زراعی در همه ماه‌های رشد بیش‌ترین نیاز آبی و افزایش مربوط به سناریو RCP8.5 (انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای) و کم‌ترین نیاز آبی و افزایش مربوط به سناریوی RCP2.6 (انتشار کم گازهای گلخانه‌ای) می‌باشد، که با نتایج گودرزی و عابدی کوپایی (۱۳۹۹)، احمدیان و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. به طور





شکل ۸. مقایسه میانگین نیاز ماهانه خالص آبیاری در مراحل رشد برای محصولات مختلف دشت جیرفت در دوره ۲۰۳۱-۲۰۵۰ نسبت به دوره پایه براساس سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5



شکل ۹. درصد تغییرات نیاز خالص آبیاری در سناریوهای مختلف نسبت به دوره پایه

۴. نتیجه گیری

۲۰۵۰ نسبت به دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۷) متوسط دمای حداقل و دمای حداکثر در تمامی ماه‌های سال مطابق هر سناریو RCP افزایش خواهد یافت. میانگین بارش سالانه در دوره آتی نسبت به دوره پایه براساس سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 کاهش خواهد یافت. بررسی نتایج بیانگر این امر است که مجموع مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات مختلف در دوره آتی نسبت به دوره پایه براساس سناریوهای مختلف بین ۱/۵ تا ۱۲/۸ درصد افزایش خواهد یافت. از آنجایی

در این تحقیق اثرات تغییر اقلیم بر مقدار نیاز آبی محصولات عمده دشت جیرفت در دوره ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور ریزمقیاس نمایی متغیرهای مورد بررسی از مدل آماری LARS-WG همراه با مدل چرخش عمومی HadGEM2 تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. براساس نتایج ریزمقیاس نمایی مدل LARS-WG در ایستگاه سینوپتیک جیرفت در دوره ۲۰۳۱ تا

به عنوان شاه کلید مقابله با تغییر اقلیم محسوب می‌گردد. شناسایی و معرفی ارقام مقاوم و سازگار با شرایط منطقه، بهبود سیستم انتقال آب و روش‌های پربازده آبیاری، افزایش تولیدات گلخانه‌ای در راستای مدیریت بحران آب، از دیگر راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم جهت توسعه پایدار کشاورزی در مواجهه با تغییر اقلیم می‌باشند.

۵. منابع

۱. احمدیان، م.، سبحانی، ب. و جهانبخش اصل، س.، ۱۳۹۷. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی درخت سیب در طول دوره رشد (مطالعه موردی: ایستگاه‌های ارومیه و سیمرم). مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۱، صفحات ۱۶۲-۱۴۷.
۲. اخوان، س.، قبائی سوق م. و مساعدی، الف. ۱۳۹۴. بررسی اثر تغییر اقلیم بر مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات عمده دشت همدان- بهار با استفاده از نتایج مدل ریزمقیاس LARS-WG. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۲۲، شماره ۴، صفحات ۲۲-۱.
۳. بخشایی، ش.، غفاری، گ. و خدامراد پور، م.، ۱۳۹۶. ارزیابی تغییر اقلیم در حوضه سد قشلاق در دهه‌ی آینده با استفاده از ریزگردانی داده‌های مدل گردش عمومی جو. مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۶، شماره ۱۳، صفحات ۱۵ تا ۳۰.
۴. سدیدی، ج.، جعفری گدنه، م.، ساجدی، ح. و گ. حمزه زاده، گ.، ۱۳۹۹. بررسی روند و پیش بینی تغییرات دما در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: استان کرمان)، چهاردهمین همایش انجمن جغرافیای ایران، تهران.
۵. شبستانی، م.، درزی نفت چالی ع. و کاراندیش، الف.، ۱۳۹۵. پیش‌بینی و تحلیل عدم قطعیت تبخیر-تعرق گیاه مرجع در شرایط تغییر اقلیم در شیراز. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۵، شماره ۲۳، ص ۱۷۴-۱۵۹.
۶. عادل‌ساردوئی، م.، اسدی، ع.، کلاتری، خ.، براتی، ع.ا. و خسروی، ح.، ۱۳۹۹. بررسی تغییرات کاربری اراضی دشت جیرفت در دوره‌ی حال و آینده (با نگاهی بر تناسب کاربری اراضی کشاورزی). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)،

که در سناریوی RCP8.5 در آینده، جمعیت جهان افزایش، رشد اقتصادی کم و رشد فناوری‌های پاک کاهش می‌یابد و به تبع آن میزان CO₂ افزایش می‌یابد، به نظر می‌رسد این سناریو در تناسب بیشتری با وضعیت کشورهای جهان سوم و در حال توسعه در دوره آتی باشد و حتی ممکن است در متوسط جهانی هم این سناریو به وقوع بپیوندد. از این رو بر مبنای نتایج این سناریو، مجموع نیاز خالص آبیاری گیاهان زراعی گندم، جو، سیب زمینی، پیاز، ذرت دانه‌ای و گوجه فرنگی به ترتیب به مقدار ۷/۶، ۶/۴، ۱۱/۱۲، ۱۲/۸، ۱۱/۱ و ۹/۸ درصد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود که اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری برای گیاهان مختلف متفاوت است و حساسیت گیاهان مختلف نسبت به این پدیده یکسان نمی‌باشد. بررسی نیاز خالص آبیاری محصولات مورد بررسی نشان می‌دهد که بر پایه سناریوهای RCP، گیاهان زراعی گندم و جو دارای کمترین مقدار افزایش در نیاز خالص آبیاری و گیاهان پیاز و سیب زمینی دارای بیش‌ترین مقدار افزایش در نیاز خالص آبیاری می‌باشند. به طور کلی با توجه به سطح زیر کشت بالای سیب زمینی و پیاز در دشت جیرفت و نیز تغییرات افزایشی مقدار نیاز خالص آبیاری این محصولات، تغییر اقلیم می‌تواند اثر قابل توجهی بر میزان مصرف منابع آبی داشته باشد. لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده و الگوی کشت منطقه، تغییر اقلیم باعث اضافه برداشت بیش از پیش از منابع آب زیرزمینی منطقه می‌گردد و این مسئله باعث افت شدید سطح ایستابی می‌گردد. با توجه به شرایط بحرانی و کمبود آب موجود در این دشت انجام اقدامات مدیریتی و پیشگیرانه برای مقابله با شرایط تغییر اقلیم در آینده کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. هم‌چنین این شرایط برای بسیاری از دشت‌های کشور قابل پیش‌بینی است، بنابراین لزوم آگاه‌سازی کارشناسان و کشاورزان از پدیده تغییر اقلیم و ترویج راهکارهای مقابله با تغییر اقلیم بایستی در دستور کار مدیران قرار بگیرد. به طور کلی افزایش بهره‌وری آب و کاهش سطح زیر کشت محصولات پرمصرف، یک راهکار کلیدی برای مدیریت سازگاری با تغییر اقلیم در رابطه با مصرف آب می‌باشد، به گونه‌ای که به کارگیری اصول افزایش بهره‌وری آب کشاورزی

- potential impacts on agricultural water use and water resources of Kashaf rood basin. *Journal of Water and Soil*, 24(4), 815-835.
16. Ashofteh, P., and Omidhadad, B. 2015. Assessments based on the risk of water demand for products under climatic conditions using AOGCM models. *Pasture and Watershed, Iranian Natural Resources. Journal.*, 68(3), 457- 441.
17. Bekele, A. A., Pingale, S. M., Hatiye, S. D., & Tilahun, A. K., 2019. Impact of climate change on surface water availability and crop water demand for the sub-watershed of Abbay Basin, Ethiopia. *Sustainable Water Resources Management*, 5, 1859-1875.
18. Bormann, B. 2011. Sensitivity analysis of 18 different potential evapotranspiration models to observed climatic change at German climate stations. *Climate Change*, 104(3-4), 729-753.
19. Bouras, E., Jarlan, L., Khabba, S., Er-Raki, S., Dezetter, A., Sghir, F., and Trambly, Y., 2019. Assessing the impact of global climate changes on irrigated wheat yields and water requirements in a semi-arid environment of Morocco. *Scientific reports*, 9(1), 19142.
20. Chowdhury, S., Al-Zahrani, M., & Abbas, A., 2016. Implications of climate change on crop water requirements in arid region: an example of Al-Jouf, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 28(1), 21-31.
21. 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.
22. Daccache, A., Weatherhead, E.K., Stalham, M.A. and Knox, J.W. 2011. Impacts of climate change on irrigated potato production in humid climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 1641-1653.
23. Gao, J., Yang, X., Zheng, B., Liu, Z., Zhao, J., Sun, S., ... and Dong, C., 2019. Effects of climate change on the extension of the potential double cropping region and crop water requirements in Northern China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 268, 146-155.
24. Gil-Alana, L.A. 2012. Long memory, seasonality and time trends in the average monthly temperatures in Alaska. *Theoretical Applied Climatology.*, 108, 385-396.
25. IPCC. 2014. *Climate Change, 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers.*
- دوره ۷۳، شماره ۴، صفحات ۸۹۳ تا ۹۱۳.
۷. عزیززاده، الف و کمالی، غ، ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات دانشگاه امام رضا. چاپ دوم. ص ۲۲۸-۱.
۸. قهرمان، ن، بابائیان، الف. و طباطبایی، س.م.، ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و طول دوره رشد گیاه نیشکر تحت سناریوهای واداشت تابشی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، دوره ۱، شماره ۶، صفحات ۶۳ تا ۷۴.
۹. کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی، ر. مرادی و علی زاده، ی.، ۱۳۹۴. اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و پنبه، مجله پژوهش‌های زراعی ایران. دوره ۱۳، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۳.
۱۰. گودرزی، م. و عابدی کوپایی، ج.، ۱۳۹۹. اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری در مناطق تحت آبیاری، مطالعه موردی: دشت نجف آباد. مجله ترویجی حفظ و بهره‌وری آب، دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۳۰-۲۳.
۱۱. محبی، ع.، ۱۳۹۸. بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی نخیلات در منطقه اهواز، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. دوره ۲۶، شماره ۴. صفحات ۱۳۵-۱۵۳.
۱۲. مرتضوی زاده، ف. س. و گودرزی، م، ۱۳۹۷. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روی رواناب سطحی و آب زیرزمینی با استفاده از مدل اقلیمی HadGEM2 (مطالعه موردی هشتگرد)، نشریه آب و خاک، دوره ۳۲، شماره ۲، صفحات ۴۳۳ تا ۴۴۶.
۱۳. یوسفی، ع.، سرائی تبریزی، م.، پورهمت، ج و بابازاده، ح، ۱۴۰۱. مطالعه طرح تعادل بخشی منابع آب زیر زمینی تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: محدوده مطالعاتی هشتگرد). مجله پژوهش آب ایران، دوره ۱۶، شماره ۲، صفحات ۳۲-۱۵.
14. Acharjee, T. K., Ludwig, F., van Halsema, G., Hellegers, P., & Supit, I. 2017. Future changes in water requirements of Boro rice in the face of climate change in North-West Bangladesh. *Agricultural water management*, 194, 172-183.
15. Alizadeh, A., Sayari, N., Hesami Kermani, M.R., Bannayan Aval, M. and Farid Hossaini, A., 2010. Assessment of climate change

30. Sharma, V. 2020. Impact climate change on crop water requirement of different orchard crops for agro-climatic condition of Udaipur, Rajasthan. *Indian Journal of Ecology*, 47(1), 12-16.
31. Wang, X. J., Zhang, J. Y., Ali, M., Shahid, S., He, R. M., Xia, X. H., & Jiang, Z. 2016. Impact of climate change on regional irrigation water demand in Baojixia irrigation district of China. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 21, 233-247.
32. Xiao, D., Li Liu, D., Wang, B., Feng, P., Bai, H., and Tang, J., 2020. Climate change impact on yields and water use of wheat and maize in the North China Plain under future climate change scenarios. *Agricultural Water Management*, 238, 106238.
33. Yoon, P. R., & Choi, J. Y. 2020. Effects of shift in growing season due to climate change on rice yield and crop water requirements. *Paddy and Water Environment*, 18, 291-307.
34. Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hasanzadeh, Y. and Kanani, R., 2011. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. *Global and Planetary Change*, 78, 137146.
26. Khalil, A. A. 2013. Effect of climate change on evapotranspiration in Egypt, *J. Res*, 5(1), 7-10.
27. Mubeen, M., Ahmad, A., Hammad, H. M., Awais, M., Farid, H. U., Saleem, M., ... and Nasim, W. 2020. Evaluating the climate change impact on water use efficiency of cotton-wheat in semi-arid conditions using DSSAT model. *Journal of Water and Climate Change*, 11(4), 1661-1675.
28. Osamu, T., Yoshida, K., Katsuhiko, h., and Hajime Tangi, H., 2005. Estimation of irrigation water using Cropwat model at KM35 Project Site." In Savannakhet, LAO, PDR. *Proceedings of the International Symposium on Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management*, pp. 10-12.
29. Poonia, V., Das, J., & Goyal, M. K., 2021. Impact of climate change on crop water and irrigation requirements over eastern Himalayan region. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 35, 1175-1188.
- 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