Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 13
No. 3 (51)

Received:
2023-08-15

Accepted:
2023-1-20

Pages: 43-58

The Effect of Different Planting Dates and Climate Change on Spring Wheat Evapotranspiration and Transpiration in the Qazvin Plain (2100-2021)

Fatemeh Borzoo[1], Hadi Ramezani Etedali[2*] and Abas Kaviani[2]

[1] MSC Student, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
[2] Associate Professor, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
*Corresponding author email: ramezani@eng.ikiu.ac.ir

Abstract:
Background and Aim: It is necessary to predict the effects of climate change on agricultural production in the coming periods in order to ensure the food security of the strategic plant wheat, which plays an essential role in international treaties. Models that generate artificial climate data, such as valid GCM models, are used to investigate the effects of climate change on various systems and are able to model climate parameters for a long period of time using scenarios approved by the Intergovernmental Panel on Climate Change. In the current research, two information sources, LARS-WG and DKRZ, were used to generate climate change data of the Qazvin plain in the period of 2021-2100, then the actual evapotranspiration values of Parsi spring wheat were calculated by the Aquacrop model in different planting dates and the amount of their changes Compared to the base course.
Method: In this research, from the data obtained from the DKRZ web database and the LARS-WG model, to calculate the three variables of minimum temperature, maximum temperature and precipitation, related to Qazvin observation station and five atmospheric general circulation models of the fifth IPCC report (EC-EARTH , GFDL-CM3, HadGEM2-ES, MIROC5, MPI-ESM-MR) were used under two emission scenarios of 4.5 and 8.5 in future rounds (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100). Using the obtained data and applying the Aquacrop model, the amount of actual evaporation-transpiration of spring wheat on 5 different planting dates (15 Bahman, 1 Esfand, 15 Esfand, 1 April and 15 April) was calculated and the amount of their changes compared to the period the base was checked.
Results: Observations show that with cultivation on 15th of Bahman and 1st of March under the climatic conditions obtained from the LARS-WG model in scenario 4/5; In the future period (2040-2021), transpiration will increase compared to its value in the base period, but in the periods (2041-2060, 2061-2080 and 2081-2100) and in the scenario 4.5 and 5.8 from the LARS model - WG average real evapotranspiration will decrease compared to its value in the base period. DKRZ database under scenarios 4.5 and 8.5 predicts a decrease in the average actual evapotranspiration compared to its value in the base period for these two dates in each of the next 4 periods. by planting on March 15, April 1 and April 15, according to the results of the climate conditions of the LARS-WG model and the DKRZ database under scenarios 4/5 and 8/5, in each of the next 4 periods; The average actual evapotranspiration will decrease compared to its value in the base period.
Conclusion: The results show that the average real evapotranspiration will increase compared to its value in the base period, on the two dates of February 15 and March 1 in the period of 2040-2021 in the climate conditions obtained from the LARS-WG model under scenario 4.5.If cultivation is carried out in the rest of the dates, according to the results of the climatic conditions of the LARS-WG model and the DKRZ database under scenarios 4.5 and 5.8, in each of the next 4 periods, the average real evapotranspiration will decrease compared to its value in the base period Will have. The highest evaporation-transpiration in the future periods will occur with cultivation on April 15, under the climate conditions obtained from the LARS-WG model under scenario 4/5 and in the period of 2040-2021. Its value is equal to 289.9 mm (with a standard deviation of 18.33 mm). The lowest evaporation-transpiration in the future periods with cultivation on 15th of Bahman, under the climatic conditions obtained from the DKRZ database under scenario 8.5 and in the period 2081-2100, which is equal to 166.6 mm (with a standard deviation of 82.5 mm).
Keywords: Database DKRZ, LARS-WG, AquaCrop

10.30495/WSRCJ.2023.74221.11393

مقاله پژوهشی

اثر تاریخ‌های مختلف کشت و تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق گندم بهاره دشت قزوین (۲۱۰۰-۲۰۲۱)

فاطمه برزو[۱]، هادی رمضانی اعتدالی[۲*] و عباس کاویانی[۲]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.
۲) دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: ramezani@eng.ikiu.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: پیش‌بینی تاثیرات تغییرات اقلیمی بر تولیدات کشاورزی در دوره‌های آتی به منظور تامین امنیت غذایی گیاه استراتژیک گندم که در معاهدات بین المللی نقش اساسی دارد، امری ضروری است. مدل‌های مولد داده‌های مصنوعی آب و هوایی مانند مدل‌های معتبر GCM، به منظور بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف استفاده می‌شوند و قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تایید شده هیات بین دولتی تغییر اقلیم‌مدل‌سازی نمایند. در پژوهش حاضر، دو منبع اطلاعاتی LARS-WG و DKRZ در تولید داده‌های تغییر اقلیم دشت قزوین در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۱۰۰ استفاده شد سپس مقادیر تبخیر-تعرق واقعی گندم بهاره رقم پارسی به وسیله مدل Aquacrop در تاریخ‌های کشت متفاوت محاسبه و میزان تغییرات آن‌ها نسبت به دوره پایه بررسی شد.

روش پژوهش: در پژوهش حاضر، از داده‌های حاصل از پایگاه اطلاعاتی تحت وب DKRZ و مدل LARS-WG، برای محاسبه سه متغیر دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش، مربوط به ایستگاه همدیدی قزوین و پنج مدل گردش عمومی جو گزارش پنجم IPCC (EC-EARTH, (GFDL-CM3, HadGEM2-ES, MIROC5, MPI-ESM-MR تحت دو سناریو انتشار ۴/۵و ۸/۵ در دورهای آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰، ۲۰۸۱-۲۱۰۰) استفاده شد. با استفاده از داده‌های به دست آمده و به‌کارگیری مدل Aquacrop، مقدار تبخیر-تعرق واقعی گندم بهاره در ۵ تاریخ کشت متفاوت (۱۵ بهمن، ۱ اسفند، ۱۵ اسفند، ۱ فروردین و ۱۵ فروردین) محاسبه و میزان تغییرات آن‌ها نسبت به دوره پایه بررسی شد و تاریخی که اگر کشت در آن صورت گیرد منجر به بیشترین تبخیر-تعرق واقعی و کمترین تبخیر-تعرق واقعی می‌شود؛ معرفی شده است.

یافته‌ها: مشاهدات نشان می‌دهد با کشت در تاریخ ۱۵ بهمن و ۱ اسفند تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۴/۵؛ در دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش می‌یابد اما در دوره‌های (۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) و در سناریو ۴/۵و ۸/۵ حاصل از مدل LARS-WG میانگین تبخیرتعرق واقعی نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش خواهد داشت. پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در هر ۴ دوره آتی، کاهش میانگین تبخیرتعرق واقعی نسبت به مقدار آن در دوره پایه برای این دو تاریخ را پیش‌بینی می‌کند. با کاشت در تاریخ‌های ۱۵ اسفند، ۱ فروردین و ۱۵ فروردین، طبق نتایج حاصل از شرایط اقلیمی مدل LARS-WG و پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در هر ۴ دوره آتی؛ میانگین تبخیرتعرق واقعی نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش خواهد داشت.

نتایج: نتایج نشان می‌دهد میانگین تبخیر-تعرق واقعی نسبت به مقدار آن در دوره پایه، در دو تاریخ ۱۵ بهمن ماه و ۱ اسفند ماه در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ در شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ افزایش خواهد داشت. اگر کشت در بقیه تاریخ‌ها صورت پذیرد، طبق نتایج حاصل از شرایط اقلیمی مدل LARS-WG و پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در هر ۴ دوره آتی میانگین تبخیر-تعرق واقعی نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش خواهد داشت. بیشترین تبخیر-تعرق در دوره‌های آتی، با کشت در تاریخ ۱۵ فروردین، تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ و در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ اتفاق می‌افتد. مقدار آن برابر ۲۸۹/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۳۳ میلی‌متر) است. کمترین تبخیر-تعرق در دوره‌های آتی با کشت در تاریخ ۱۵ بهمن، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ و در دوره ۲۰۸۱-۲۱۰۰ اتفاق می‌افتد که مقدار آن برابر ۱۶۶/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۸۲ میلی‌متر) می‌باشد.

کلید واژه‌ها: پایگاه اطلاعاتی DKRZ، LARS-WG، AquaCrop

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال سیزدهم
شماره ۳ (۵۱)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۴/۲۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۸/۰۱

صفحات: ۵۸-۴۳

10.30495/WSRCJ.2023.74221.11393

مقدمه

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است بنابراین کشاورزی بخش قابل توجهی از آب مصرفی در کشور را به خود اختصاص داده است. حدود ۶۰ درصد از بارندگی در کل جهان توسط تبخیر و تعرق به جو برگردانده می‌شود (Oki and Kanae., 2006). از آنجایی که معادلات محاسبه تبخیر-تعرق بر اساس تابش خالص خورشید R_n، حداقل و حداکثر دما، سرعت باد و رطوبت نسبی هستند، در نتیجه تغییر در پارامترهای اقلیمی ورودی موجب تغییر در تبخیر-تعرق می‌شود (Vicente-Serrano et al., 2014). در دهه‌های اخیر، اثرات تغییرات آب و هوایی، عمدتاً در افزایش دما، و افزایش و یا کاهش بارندگی در چندین منطقه از جهان، قابل مشاهده بوده است (Eskandari et al., 2020; Chung et al., 2011). اندازه‌گیری یا برآورد دقیق تبخیر- تعرق در شرایط واقعی به روش‌های مختلفی مانند لایسیمتر، ادیکواریانس و سایر روش‌ها صورت می‌گیرد. تبخیر-تعرق واقعی با تغییر شرایط اقلیمی که شامل میزان بارندگی، تراکم پوشش گیاهی و نوع آن و ویژگی‌های هیدورلوژیکی خاک و عوامل دیگری تغییر کرده و در نتیجه نمی‌توان مقادیر آن را با روش‌های قدیمی به‌درستی محاسبه کرد. مدل‌ها ابزاری مناسب، برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف محسوب می‌شوند و قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تایید شده هیأت بین‌دولتی تغییر اقلیم مدل‌سازی نمایند (Kilsby et al.2007). مدل‌هایی که در برای ریزمقیاس نمایی به روش‌های آماری استفاده می‌شوند SDSM، LARS-WG، GEM، CLIMGEN، USCLIMATE WGEN هستند. این مدل‌ها سری‌های زمانی روزانه متغیرهای هواشناسی همانند بارش، دما و تشعشع خورشیدی را تولید می‌نمایند (Racsko et al.1991). LARS_WG به عنوان یک مدل ریز مقیاس ساز است، که در عین پیچیدگی کمتر فرآیند شبیه‌سازی و داده‌های ورودی و خروجی، توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییر اقلیم دارد (Semonov et al. 2010). دقت بالای این مدل در تولید داده‌های آب‌وهوایی (دما و بارش) مربوط به ۱۸ ایستگاه در کانادا (Williams, 1991) و ۲۲ ایستگاه واقع در اقلیم‌های متفاوت انگلیس (Semenov, 2008) گزارش شده است. در عصر حاضر استفاده از مدل‌های گیاهی بسیار مورد توجه قرار گرفته است، دلیل این امر کاهش هزینه‌ها، اقتصادی بودن مدل-های گیاهی و کوتاه کردن زمان مطالعات می‌باشد. بسیار از مدل های ارائه شده نیاز به داده‌های ورودی زیاد دارند. از این رو مدل‌های ساده‌تر مثل AquaCrop که کاربرد این مدل نسبت به مدل‌های دیگر محاسبات کمتر دارد مورد توجه قرار گرفته است. AquaCrop از مدل‌های زراعی کاربردی است که از اصلاح و بازنگری نشریه شماره ۳۳ فائو توسط متخصصان برجسته از سرتاسر جهان به دست آمده است(Mohammadi et al. 2015). اصول اساسی مدل برای شبیه‌سازی فرآیندها توسط (Steduto et al. 2009) ارائه شده است. در پژوهشی که در دانشگاه فارس برای مقادیر تبخیر-تعرق واقعی گندم زمستانه در پنج تیمار آبیاری دیم، ۰/۵، ۰/۸، ۱ و ۱/۲ برای آبیاری کامل دو سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ و ۱۳۹۰-۱۳۸۹ توسط مدل‌های Aquacrop و WSM و ضریب گیاهی دوگانه انجام شد. داده‌های اندازه گیری شده در سال اول زراعی برای واسنجی مدل‌ها و در سال دوم برای اعتبار سنجی مورد استفاده قرار گرفت. در مطالعه‌ای برای محاسبه مقادیر حداکثر تبخیر-تعرق برآورد شده و با الگوریتمMETRIC با استفاده از مقادیر تهیه شده از مدل واسنجی شده AquaCrop با دقت خوبی برابر با (NRMSE ریشه متوسط مربع خطای نرمال شده) ۰/۱۲ اعتبارسنجی شد. رمضانی اعتدالی و صفری (۱۴۰۲) در بررسی تاثیر روش‌های مختلف برآورد ETO در شبیه‌سازی تبخیر-تعرق واقعی گندم با مدل Aquacrop به این نتیجه رسیدند که مدلAquaCrop در شبیه سازی تبخیر-تعرق نسبت به سایر روش‌ها از دقت خوبی برخوردار است، به عنوان مثال با روش بلانی کریدل R^2 بیشتر از ۰/۵، NRMSE ۰ تا ۱۰ و شاخص NS ۰/۹۹ گزارش شده است. در تحقیقی میزان تبخیروتعرق واقعی و نیاز خالص آبیاری محصولات گندم، جو و ذرت دانه‌ای در دشت مغان با استفاده از مدل Aquacrop تعیین و با مدل کراپ وات و نت وات مقایسه گردید. نتایج به دست‌آمده نشان داد که تبخیر-تعرق و نیاز آبی حاصل از مدل Aquacrop در مقایسه با کراپ وات کمتر و نتایج در مقایسه با نت وات برای گندم و ذرت دانه-ای بیشتر و برای جو کمتر برآورد شده است (Abdollahzadeh et al., 2019).

این مطالعه با هدف بررسی اثرات تغییرات اقلیمی و کشت در تاریخ‌های مختلف؛ بر میزان تبخیر-تعرق، رقم بهاره گندم (پارسی) در دشت قزوین انجام شد. این بررسی در بازه ۲۰۲۱-۲۱۰۰ و با مقایسه دو منبع اطلاعاتی LARS-WG و DKRZ در تولید داده‌های سالانه تغییر اقلیم و به کارگیری مدل Aquacrop در شبیه‌سازی واکنش گیاه به تغییرات اقلیمی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، از داده‌های حاصل از پایگاه اطلاعاتی تحت وب DKRZ و مدل LARS-WG، به منظور محاسبه سه متغیر دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش، مربوط به ایستگاه همدیدی قزوین و پنج مدل گردش عمومی جو گزارش

پنجم-IPCC (EC-EARTH, GFDL-CM3, HadGEM2-ES, MIROC5, MPI-ESM-MR) تحت دو سناریو انتشار ۴/۵و ۸/۵ در دورهای آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰، ۲۰۸۱-۲۱۰۰) استفاده شد. با استفاده از داده های به دست آمده و به‌کارگیری مدل Aquacrop، مقدار تبخیر-تعرق واقعی گندم بهاره رقم پارسی در ۵ تاریخ کشت متفاوت (۱۵ بهمن، ۱ اسفند، ۱۵ اسفند، ۱ فروردین و ۱۵ فروردین) محاسبه و میزان تغییرات آن‌ها نسبت به دوره پایه بررسی شد و تاریخی که اگر کشت در آن صورت گیرد منجر به بیشترین تبخیر-تعرق واقعی و کمترین تبخیر-تعرق واقعی می‌شود؛ معرفی شده است. محدوده مورد مطالعه، دشت قزوین است (شکل). دشت قزوین در محدوده مرکزی استان قزوین می‌باشد که طبق پهنه‌بندی اقلیمی، خشک و سرد است. از ایستگاه سینوپتیک قزوین به منظور دریافت اطلاعات پایه (دما حداقل، دما حداکثر و بارش) از سال ۱۹۹۱ تا پایان سال ۲۰۲۰ میلادی استفاده شد. مشخصات جغرافیایی و ویژگی‌های اقلیمی ایستگاه مذکور در جدول ۱ آورده شده است.

پایگاه‌های مولد داده‌های اقلیمی

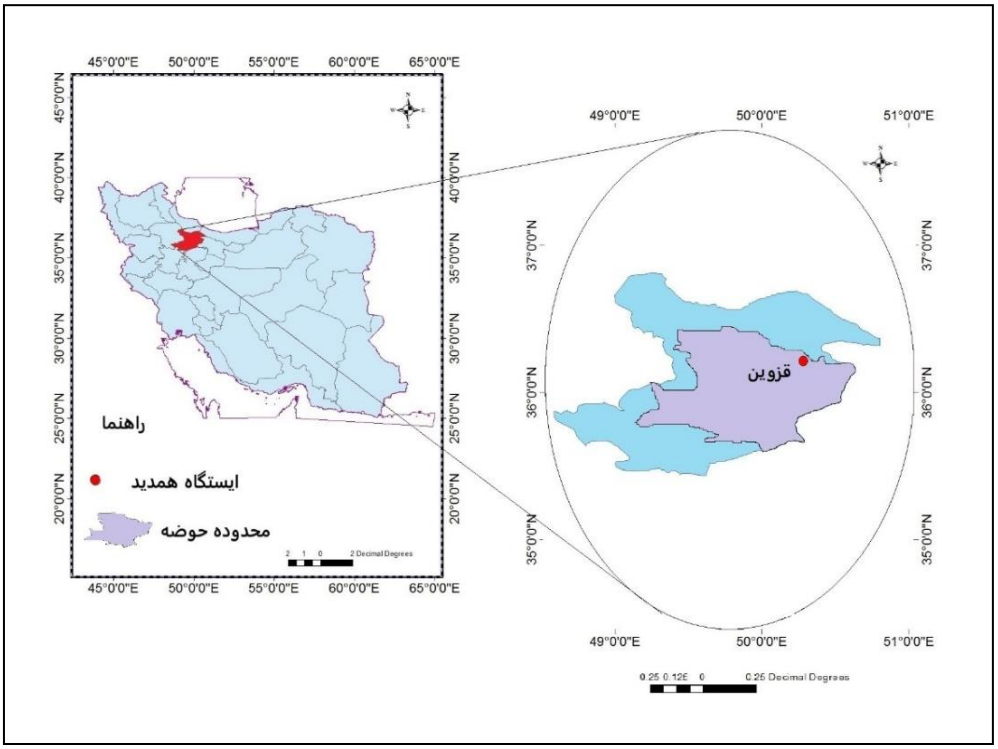
در این پژوهش از مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG و پایگاه اطلاعاتی تحت وب DKRZ به منظور تولید داده‌های اقلیمی دما حداقل، دما حداکثر و بارش در دوره‌های آتی (۲۰۲۱-۲۱۰۰) استفاده شد.

LARS-WG

LARS-WG یک مولد تصادفی آب و هوا است که با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی حال و آینده اقدام به تولید سری زمانی پارامترهای هواشناسی می‌کند. این ابزار از توزیع نیمه تجربی (Emp)برای طول سری‌های روزانه خشک و تر، بارش روزانه و تابش خورشیدی روزانه استفاده می‌کند (Semenov 2008). در این پژوهش، از جدیدترین ورژن LARS-WG یعنی سری ششم به کار گرفته شده است. در سری ششم مدل LARS-WG گزارش‌های پنجم گردش عمومی جو (GCM) تحت سناریوهای مختلف وجود دارد که توسط کشورهای مختلف ارائه شده‌اند.

جدول ۱. مشخصات اقلیمی و جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک قزوین

نوع اقلیم	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض (درجه) / طول	استان
نیمه خشک	۱۲۹۷	°N۲۴.۵۰ °E ۱۴.۳۶	قزوین



شکل ۱. نقشه محدوده مورد مطالعه و ایستگاه منتخب

جدول ۲. GCM همراه با سناریوهای مربوطه

GCM	Scenario
EC-EARTH	rcp 4/5
	rcp 8/5
GFDL-CM3	rcp 4/5
	rcp 8/5
HadGEM2-ES	rcp 4/5
	rcp 8/5
MIROC5	rcp 4/5
	rcp 8/5
MPI-ESM-MR	rcp 4/5
	rcp 8/5

از ۵ مدل گردش عمومی جو در این پژوهش، استفاده شده است. سناریوهای مربوط به هر GCM در جدول ۲) آورده شده است.

پایگاه اطلاعاتی تحت وب DKRZ

مرکز محاسبات اقلیمی آلمان (DKRZ)[1] یک سرویس بایگانی طولانی مدت را برای مجموعه داده‌های تحقیقاتی بزرگ که مربوط به تحقیقات اقلیم است فراهم می‌کند. بایگانی طولانی مدت DKRZ (LTA) طبق ضوابط (CTS)[2] تأیید شده است و به عنوان مرکز داده جهانی آب و هوا[3] و عضو منظم سیستم داده جهانی معتبر است. داده‌های دما حداکثر (درجه کلوین)، دما حداقل (درجه کلوین) و بارش (کیلوگرم بر مترمربع در هر ثانیه) برای مدل‌های EC-EARTH، GFDLCM3، HadGEM2-Es، MIROC5 و MPI-ESM-MR در سال‌های آماری ۱۹۹۱-۲۰۲۰ (به منظور داده‌های پایه) و ۲۰۲۱-۲۱۰۰ (داده‌های دوره‌های آتی) تحت سناریوهای واداشت تابشی (RCP)[4] ۴/۵ و ۸/۵؛ از این پایگاه اطلاعاتی دانلود شد.

مدل Aquacrop به منظور مدلسازی، نیاز به مقادیر مختلفی دارد که یکی از آن‌ها تبخیرتعرق گیاه مرجع است. به منظور محاسبه مقادیر تبخیر تعرق گیاه مرجع از معادله هارگریوز استفاده شد. این معادله به صورت رابطه زیر است:

$$ET_0 = 0.0023 \times R_a \times (T + 17.8) \times \sqrt{TR} \qquad (۱)$$

ET_0= تبخیرتعرق مرجع بر حسب (mm/day)، R_a = تابش برون زمینی بر حسب ($MJ/m^2.day$)، T = دمای متوسط (C^0)، TR= اختلاف دما حداقل از دما حداکثر (C^0)

تبخیر تعرق واقعی (ET_a)

مقدار آبی که به صورت تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح گیاه خارج می‌شود و مقدار آن کمتر از تبخیر تعرق پتانسیل می‌باشد. مقدار این پارامتر در این پژوهش از حاصل جمع تبخیر و تعرق خروجی از مدل Aquacrop به دست آمده است.

$$ET_a = E + T \qquad (۲)$$

ET_a تبخیر تعرق واقعی بر حسب (mm)، E تبخیر از سطح خاک بر حسب (mm) و T تعرق از روزنه‌های گیاه بر حسب (mm) می‌باشد.

مقدار تبخیر و تعرق محصول (گندم بهاره) تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ در شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG و پایگاه اطلاعاتی DKRZ و در تاریخ‌های کشت متفاوت، در ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) پیش‌بینی شده‌اند، بررسی شدند. روند تغییرات آن و بیش‌ترین و کم‌ترین تبخیر و تعرق در طول این دوره‌ها، مدل و سناریویی که تحت آن بیش‌ترین و کم‌ترین تبخیر و تعرق را گزارش می‌کند، میانگین اختلاف تبخیر و تعرق در طول دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه در شرایطی که کشت در تاریخ‌های متفاوت صورت گیرد، ارزیابی شدند. تاریخ کشت به ترتیب ۴ فوریه (۱۵ بهمن)، ۲۰ فوریه (۱ اسفند)، ۲۱ مارس (۱ فروردین) و ۴ آپریل (۱۵ فروردین) در نظر گرفته شد.

نتایج

تبخیرتعرق گندم بهاره- تاریخ کشت ۴ فوریه (۱۵ بهمن)

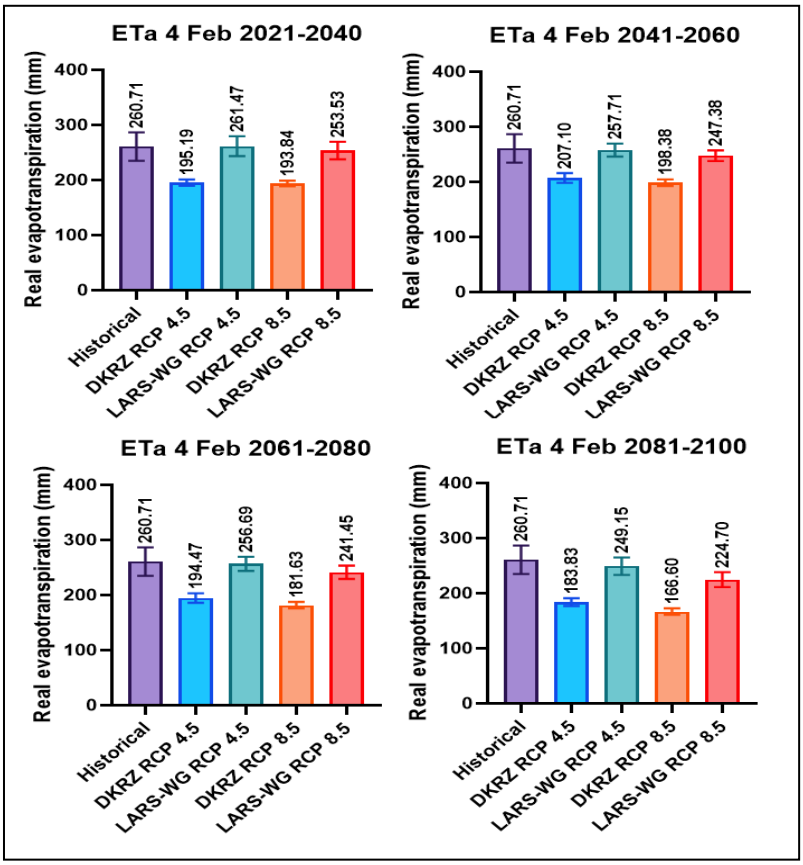
اگر ۱۵ بهمن ماه را به منظور تاریخ کشت گندم بهاره در نظر بگیریم، همانطور که در نمودارهای شکل ۱ آورده شده است، تبخیر تعرق محصول در دوره پایه برابر ۲۶۰/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۵/۷۱ میلی‌متر) است.

طبق نتایج حاصل از مدل Aquacrop، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۱۹۵/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۷۶ میلی‌متر)، ۲۰۷/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۸/۷۸ میلی‌متر)، ۱۹۴/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۸/۵۸ میلی‌متر) و ۱۸۳/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۹۴ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۶۵/۵ میلی‌متر

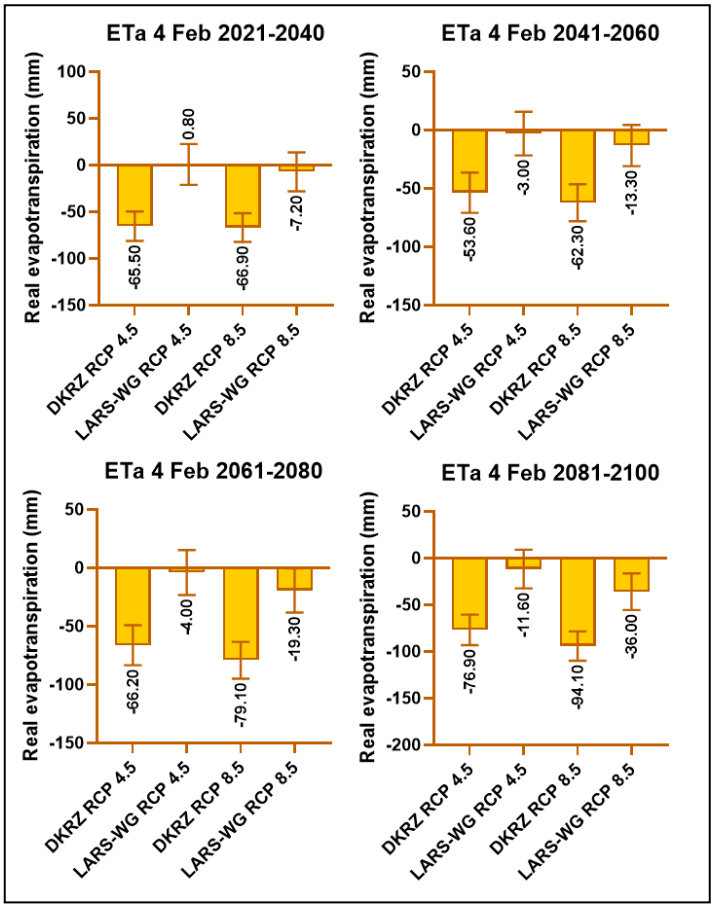
(با انحراف معیار ۱۵/۷۳ میلی‌متر)، ۵۳/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۷/۲۴ میلی‌متر)، ۶۶/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۷/۱۴ میلی‌متر) و ۷۶/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۳۲ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت (مطابق شکل ۲).

تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۱۹۳/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۰۴ میلی‌متر)، ۱۹۸/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۹۶ میلی‌متر)، ۱۸۱/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۷۸ میلی‌متر) و ۱۶۶/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۸۲ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۶۶/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۳۷ میلی‌متر)، ۶۲/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۸۳ میلی‌متر)، ۷۹/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۷۴ میلی‌متر) و ۹۴/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۷۶ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. کمترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ و در دوره ۲۰۸۱-۲۱۰۰ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از نتایج مدل LARS-WG در سناریو ۴/۵؛ غیر از دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ در بقیه ادوار آتی، تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰، برابر ۲۵۷/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۱/۸۱ میلی‌متر)، ۲۵۶/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۲/۸۵ میلی‌متر) و ۲۴۹/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۸۲ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۷۶ میلی‌متر)، ۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۲۸ میلی‌متر) و ۱۱/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۷۶ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. مقدار تبخیر تعرق در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۶۱/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۰۹ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. بنابراین ۰/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۱/۹ میلی‌متر) افزایش تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه اتفاق می‌افتد. بیشترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ و در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ اتفاق می‌افتد.



شکل ۱. تبخیر تعرق گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریو های ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی در صورتی که تاریخ کشت ۱۵ بهمن ماه در نظر گرفته شود.



شکل ۲. تغییرات متوسط تبخیرتعرق واقعی گندم بهاره دشت قزوین در ۴ بازه زمانی آتی و تحت شرایط اقلیمی سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ پایگاه اطلاعاتی DKRZ و مدل LARS-WG، نسبت به شرایط اقلیمی پایه؛ در صورتی که تاریخ کشت محصول ۱۵ بهمن ماه در نظر گرفته شود.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۵۳/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۰۸ میلی‌متر)، ۲۴۷/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۹/۶۳ میلی‌متر)، ۲۴۱/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۲/۱۶ میلی‌متر) و ۲۲۴/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۴۵ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۷/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۸۹ میلی‌متر)، ۱۳/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۷/۶۷ میلی‌متر)، ۱۹/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۹۳ میلی‌متر) و ۳۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۵۸ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت.

تبخیر تعرق گندم بهاره- تاریخ کشت ۲۰ فوریه (۱ اسفند)

اگر ۱ اسفند ماه را به منظور تاریخ کشت گندم بهاره در نظر بگیریم، همانطور که در نمودارهای **شکل ۳** آورده شده است، تبخیر تعرق محصول در دوره پایه برابر ۲۶۰/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۲/۳۷ میلی‌متر) است.

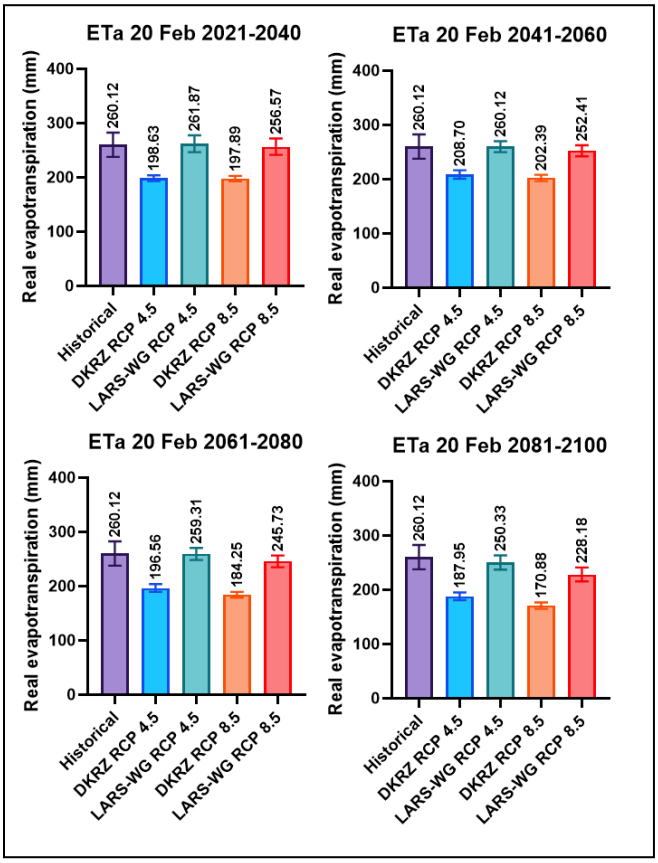
طبق نتایج حاصل از مدل Aquacrop، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۱۹۸/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۲۲ میلی‌متر)، ۲۰۸/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۷/۸۱ میلی‌متر)، ۱۹۶/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۷/۱۳ میلی‌متر) و ۱۸۷/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۷/۱۲ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۶۱/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۷ میلی‌متر)، ۵۱/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۰۹ میلی‌متر)، ۶۳/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۷۵ میلی‌متر) و ۷۲/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۷۴ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت (مطابق **شکل ۳** و شکل ۴).

تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۱۹۷/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۴/۸۹

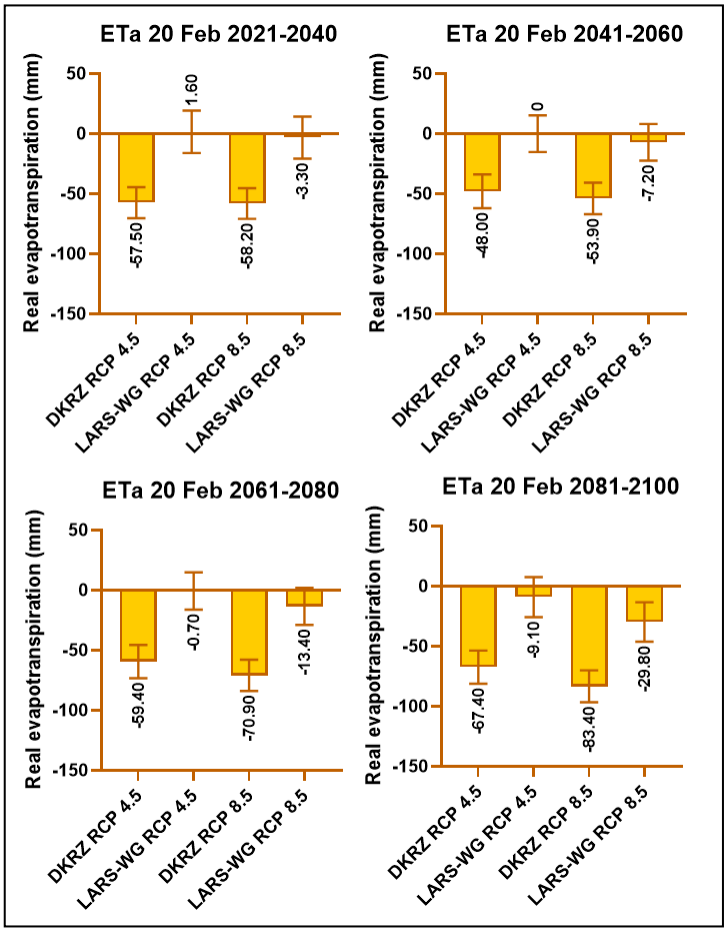
میلی‌متر)، ۲۰۲/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۷۸ میلی‌متر)، ۱۸۴/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۳۲ میلی‌متر) و ۱۷۰/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۹۷ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۶۲/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۶۳ میلی‌متر)، ۵۷/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۰۷ میلی‌متر)، ۷۵/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۸۴ میلی‌متر) و ۸۹/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۱۷ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. کمترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ و در دوره ۲۱۰۰-۲۰۸۱ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۴/۵؛ در دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱، تبخیر تعرق گندم بهاره نسبت به تبخیر تعرق آن در دوره پایه افزایش می‌یابد. در دوره ذکر شده مقدار تبخیر تعرق ۲۶۱/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۵۲ میلی‌متر) تخمین زده می‌شود که نسبت به مقدار پایه ۱/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۹۴ میلی‌متر) افزایش تبخیر تعرق را نشان می‌دهد. در دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۱ مقدار تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه تغییری نمی‌کند و برابر ۲۶۰/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۰/۱۳ میلی‌متر) است. در دوره‌های ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱، تبخیر تعرق محصول برابر ۲۵۹/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۱/۰۳ میلی‌متر) و ۲۵۰/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۳۲ میلی‌متر) تخمین زده می‌شود. لذا کاهش تبخیر تعرق نسبت به دوره پایه ۰/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۷ میلی‌متر) و ۹/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۷/۸۴ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. بیشترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ و در دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی نتایج حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۵۶/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۱۴ میلی‌متر)، ۲۵۲/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۰/۱۹ میلی‌متر)، ۲۴۵/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۰/۹۲ میلی‌متر) و ۲۲۸/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۲/۸۴ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۳/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۷۵ میلی‌متر)، ۷/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۲۸ میلی‌متر)، ۱۴/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۶۴ میلی‌متر) و ۳۱/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۷/۶ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت.



شکل ۳. **تبخیر تعرق گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریو های ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی در صورتی که تاریخ کشت ۱ اسفند ماه در نظر گرفته شود.**



شکل ۴. تغییرات متوسط تبخیرتعرق واقعی گندم بهاره دشت قزوین در ۴ بازه زمانی آتی و تحت شرایط اقلیمی سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ پایگاه اطلاعاتی DKRZ و مدل LARS-WG، نسبت به شرایط اقلیمی پایه؛ در صورتی که تاریخ کشت محصول ۱ اسفند ماه در نظر گرفته شود.

تبخیر تعرق گندم بهاره- تاریخ کشت ۶ مارس (۱۵ اسفند)

اگر ۱۵ اسفند ماه را به منظور تاریخ کشت گندم بهاره در نظر بگیریم، همانطور که در نمودارهای شکل ۵ آورده شده است، تبخیر تعرق محصول در دوره پایه برابر ۲۶۹/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۵/۴۵ میلی‌متر) گزارش می‌شود.

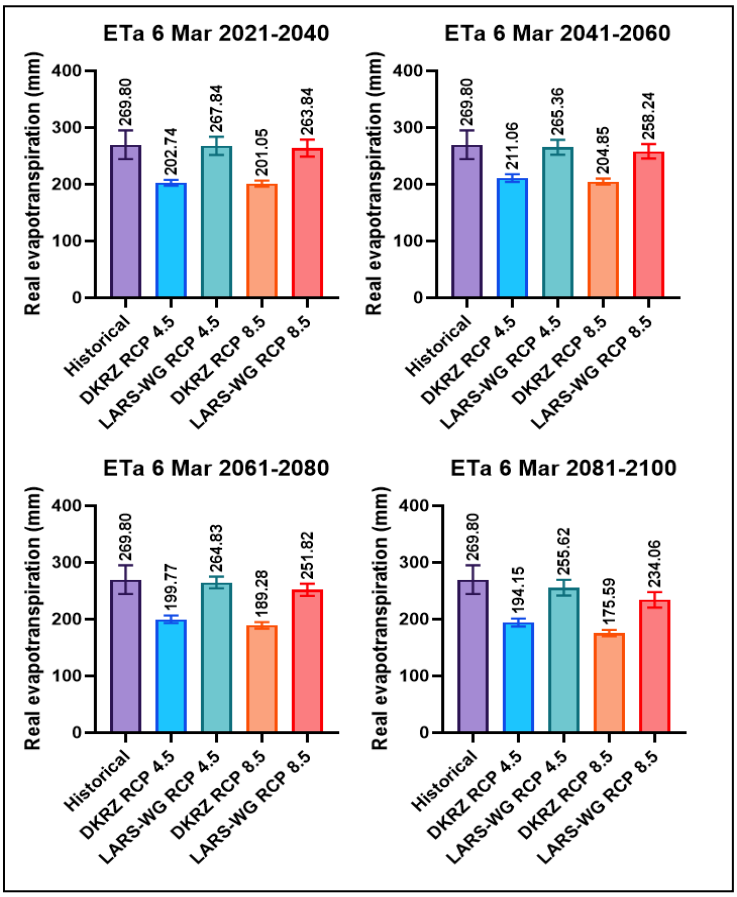
طبق نتایج حاصل از مدل Aquacrop، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۰۲/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۰۷ میلی‌متر)، ۲۱۱/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۹۲ میلی‌متر)، ۱۹۹/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۷۳ میلی‌متر) و ۱۹۴/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۹۶ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۶۷/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۲۶ میلی‌متر)، ۵۸/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۱۸ میلی‌متر)، ۷۰ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۰۹ میلی‌متر) و ۷۵/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۲ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت (مطابق شکل ۵ و شکل ۶).

تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۰۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۳۳ میلی‌متر)، ۲۰۴/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۳۱ میلی‌متر)، ۱۸۹/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۷۱ میلی‌متر) و ۱۷۵/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۶۸ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۶۸/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۳۹ میلی‌متر)، ۶۴/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۳۸ میلی‌متر)، ۸۰/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۵۸ میلی‌متر) و ۹۴/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۵۶ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. کمترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی

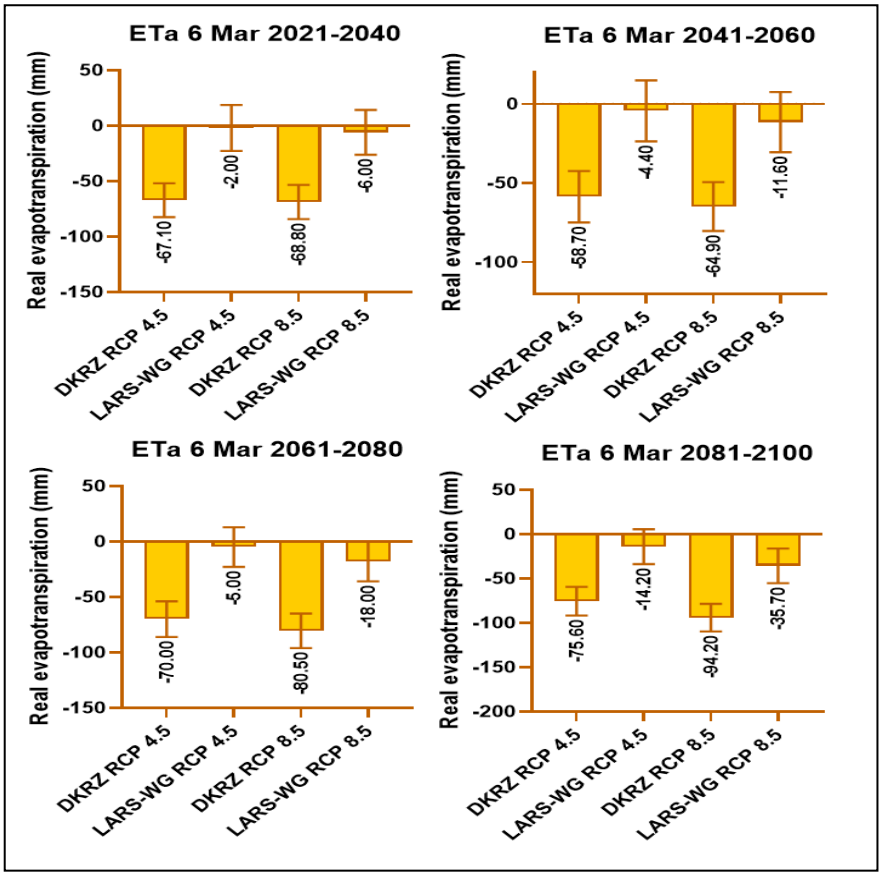
حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ و در دوره ۲۰۸۱-۲۱۰۰ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۶۷/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۰۱ میلی‌متر)، ۲۶۵/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۰۵ میلی‌متر)، ۲۶۴/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۰/۳۶ میلی‌متر) و ۲۵۵/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۸۱ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۷۳ میلی‌متر)، ۴/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۲۵ میلی‌متر)، ۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۷/۹ میلی‌متر) و ۱۴/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۶۳ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. بیشترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ و در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۶۳/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۱۳ میلی‌متر)، ۲۵۸/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۲/۵۹ میلی‌متر)، ۲۵۱/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۰/۵۵ میلی‌متر) و ۲۳۴/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۶۷ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۲۹ میلی‌متر)، ۱۱/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۰۲ میلی‌متر)، ۱۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸ میلی‌متر) و ۳۵/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۵۶ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت.



شکل ۵. تبخیر تعرق گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریو های ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی در صورتی که تاریخ کشت ۱۵ اسفند ماه در نظر گرفته شود.



شکل ۶.تغییرات متوسط تبخیرتعرق واقعی گندم بهاره دشت قزوین در ۴ بازه زمانی آتی و تحت شرایط اقلیمی سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ پایگاه اطلاعاتی DKRZ و مدل LARS-WG، نسبت به شرایط اقلیمی پایه؛ در صورتی که تاریخ کشت محصول ۱۵ اسفند ماه در نظر گرفته شود.

تبخیر تعرق گندم بهاره- تاریخ کشت ۲۱ مارس (۱ فروردین)

اگر ۱ فروردین ماه را به منظور تاریخ کشت گندم بهاره در نظر بگیریم، همانطور که در نمودارهای شکل ۷ آورده شده است، تبخیر تعرق محصول در دوره پایه برابر ۲۸۲/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۶/۰۶ میلی‌متر) گزارش می‌شود.

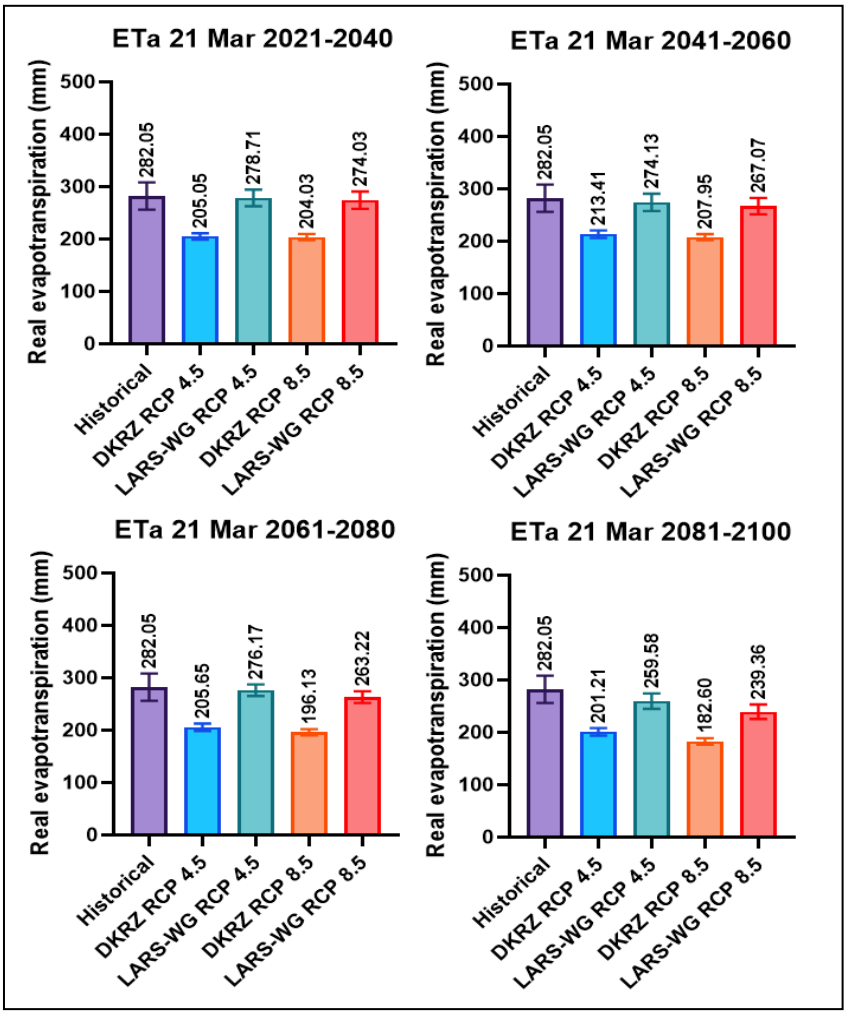
طبق نتایج حاصل از مدل Aquacrop، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۰۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۹۳ میلی‌متر)، ۲۱۳/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۷/۰۶ میلی‌متر)، ۲۰۵/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۹۴ میلی‌متر) و ۲۰۱/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۷/۰۹ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۷۷/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۹۹ میلی‌متر)، ۶۸/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۵۶ میلی‌متر)، ۷۶/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۵ میلی‌متر) و ۸۰/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۵۷ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت (مطابق شکل ۷ و شکل ۸).

تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۰۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۸۲ میلی‌متر)، ۲۰۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۵۶ میلی‌متر)، ۱۹۶/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۸۸ میلی‌متر) و ۱۸۲/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۱۸ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۷۸/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۹۴ میلی‌متر)، ۷۴/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۸۱ میلی‌متر)، ۸۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۹۷ میلی‌متر) و ۹۹/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۱۲ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. کمترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ و در دوره ۲۰۸۱-۲۱۰۰ اتفاق می‌افتد.

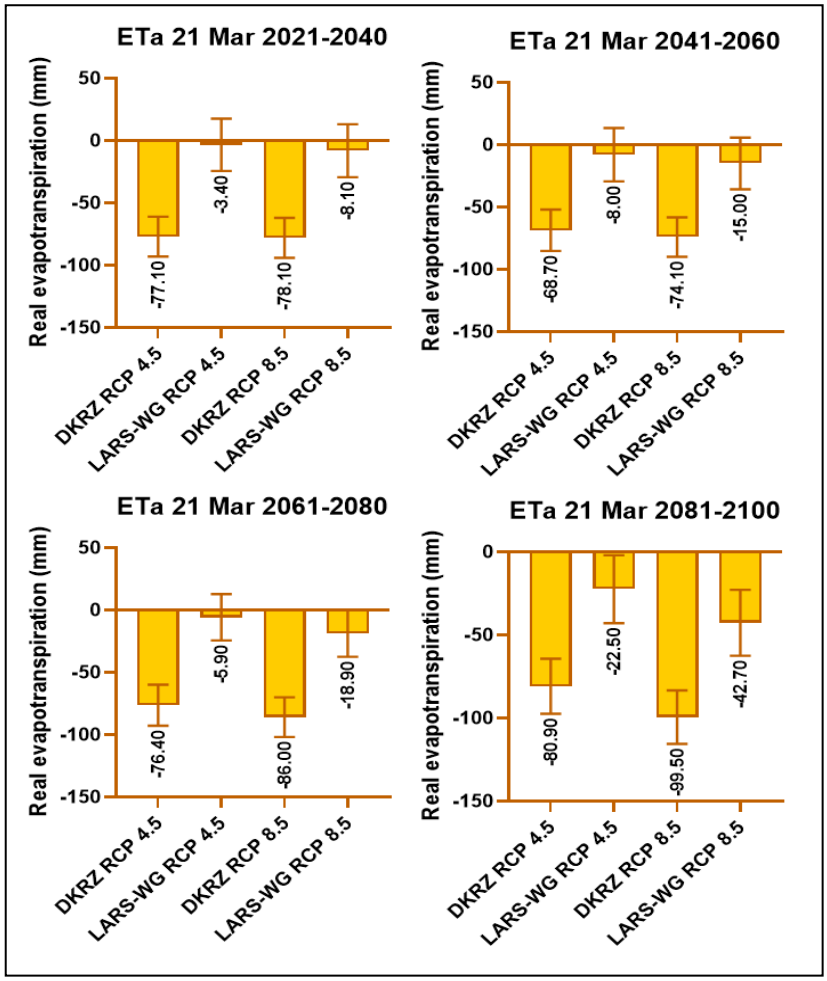
تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن

در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۷۸/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۸۴ میلی‌متر)، ۲۷۴/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۶۱ میلی‌متر)، ۲۷۶/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۱/۰۸ میلی‌متر) و ۲۵۹/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۸ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۳/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۹۵ میلی‌متر)، ۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۱/۳۳ میلی‌متر)، ۵/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۵۷ میلی‌متر) و ۲۲/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۴۳ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. بیشترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ و در دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۷۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۴۷ میلی‌متر)، ۲۶۷/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۴۷ میلی‌متر)، ۲۶۳/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۱/۲۷ میلی‌متر) و ۲۳۹/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۶۵ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۸/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۱/۲۶ میلی‌متر)، ۱۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۷۶ میلی‌متر)، ۱۸/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۶۶ میلی‌متر) و ۴۲/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۸۵ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت.



شکل ۷. تبخیر تعرق گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریو های ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی در صورتی که تاریخ کشت ۱ فروردین ماه در نظر گرفته شود.



شکل ۸. تغییرات متوسط تبخیرتعرق واقعی گندم بهاره دشت قزوین در ۴ بازه زمانی آتی و تحت شرایط اقلیمی سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ پایگاه اطلاعاتی DKRZ و مدل LARS-WG، نسبت به شرایط اقلیمی پایه؛ در صورتی که تاریخ کشت محصول ۱ فروردین ماه در نظر گرفته شود.

تبخیر تعرق گندم بهاره- تاریخ کشت ۴ آپریل (۱۵ فروردین)

اگر ۱۵ فروردین ماه را به منظور تاریخ کشت گندم بهاره در نظر بگیریم، همانطور که در نمودارهای **شکل ۹** آورده شده است، تبخیر تعرق محصول در دوره پایه برابر ۲۹۴/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۳/۶۵ میلی‌متر) است.

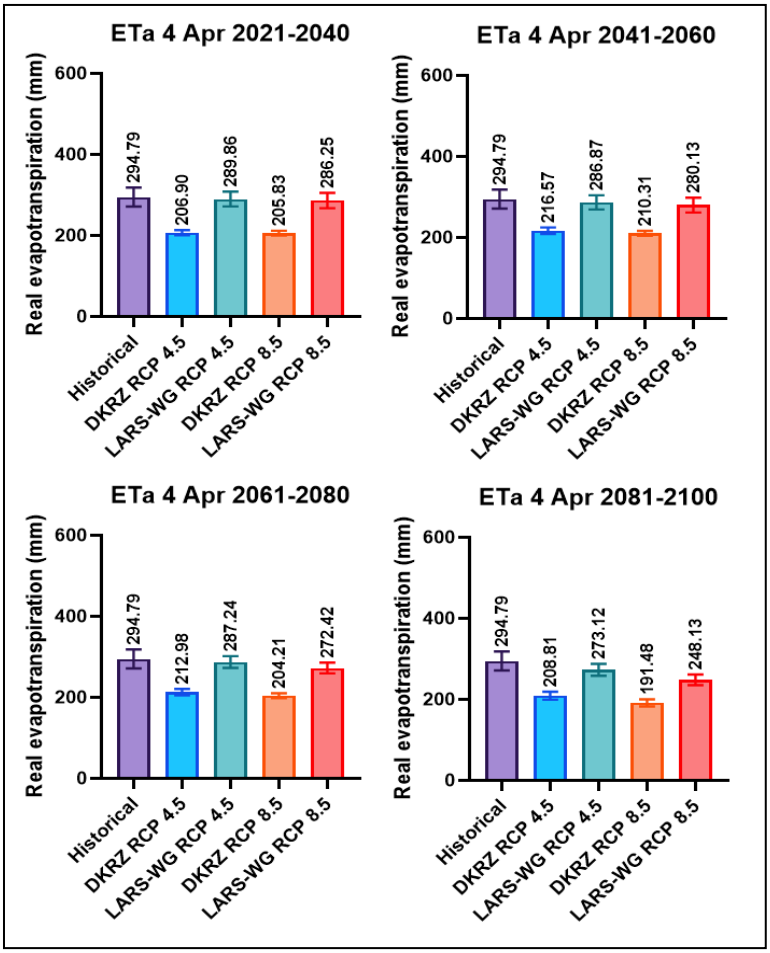
طبق نتایج حاصل از مدل Aquacrop، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۰۶/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۳۷ میلی‌متر)، ۲۱۶/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۷/۹۵ میلی‌متر)، ۲۱۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۷/۹۲ میلی‌متر) و ۲۰۸/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۹/۷ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۸۷/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۰۱ میلی‌متر)، ۷۸/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۸ میلی‌متر)، ۸۱/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۵/۷۸ میلی‌متر) و ۸۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۶۷ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت (مطابق شکل ۹ و شکل ۱۰).

تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۰۵/۸ میلی‌متر (با انحراف معیار ۶/۰۱ میلی‌متر)، ۲۱۰/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۹۳ میلی‌متر)، ۲۰۴/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۵/۹۴ میلی‌متر) و ۱۹۱/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۸/۷۹ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۸۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۸۳ میلی‌متر)، ۸۴/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۷۹ میلی‌متر)، ۹۰/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۷۹ میلی‌متر) و ۱۰۳/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۶/۲۲ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. کمترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه

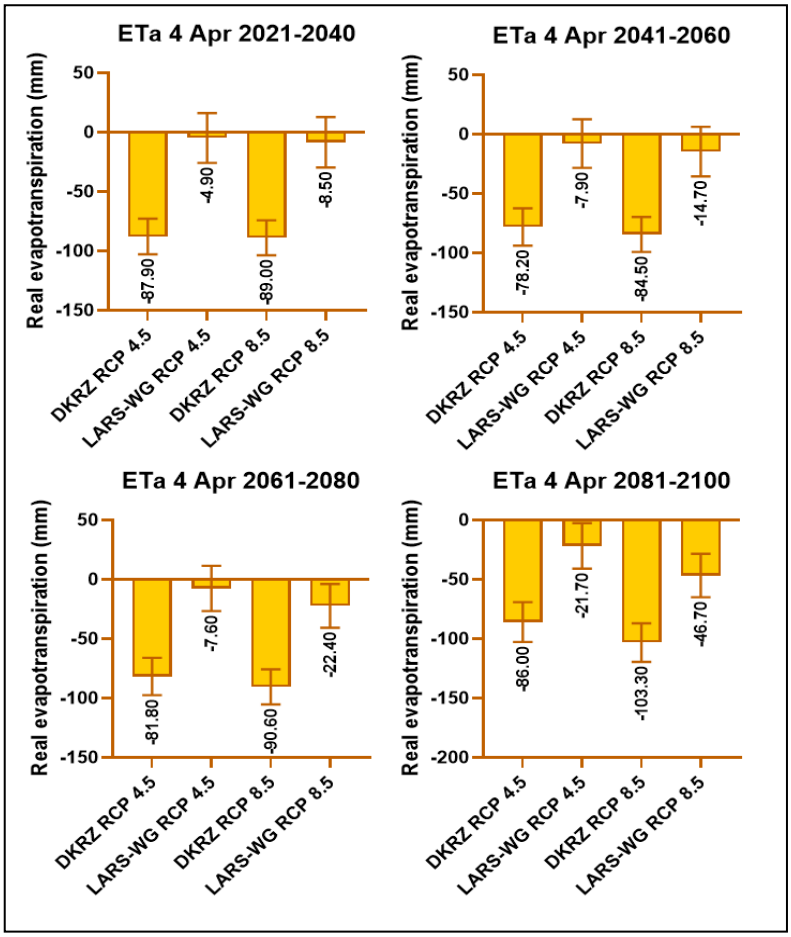
اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ و در دوره ۲۱۰۰-۲۰۸۱ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۴/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۸۹/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۳۳ میلی‌متر)، ۲۸۶/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۷/۴۶ میلی‌متر)، ۲۸۷/۲ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۵ میلی‌متر) و ۲۷۳/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۴/۶۵ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۴/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۹۹ میلی‌متر)، ۷/۹ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۵۵ میلی‌متر)، ۷/۶ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۰۷ میلی‌متر) و ۲۱/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۹/۱۵ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت. بیشترین تبخیر تعرق در دوره‌های آتی، تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ و در دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱ اتفاق می‌افتد.

تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG در سناریو ۸/۵؛ در هر ۴ دوره آتی (۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) تبخیر تعرق نسبت به مقدار آن در دوره پایه کاهش می‌یابد. مقدار این پارامتر به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۲۸۶/۳ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۷۹ میلی‌متر)، ۲۸۰/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۲۲ میلی‌متر)، ۲۷۲/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۳/۲۱ میلی‌متر) و ۲۴۸/۱ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۲/۹۶ میلی‌متر) پیش‌بینی می‌شود. لذا تبخیر تعرق واقعی در این دوره‌ها نسبت به مقدار آن در دوره پایه ۸/۵ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۱/۲۲ میلی‌متر)، ۱۴/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۲۰/۹۳ میلی‌متر)، ۲۲/۴ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۴۳ میلی‌متر) و ۴۶/۷ میلی‌متر (با انحراف معیار ۱۸/۳ میلی‌متر) کاهش خواهد داشت.



شکل ۹. تبخیر تعرق گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریو های ۴/۵ و ۸/۵ در ۴ بازه زمانی دوره آتی در صورتی که تاریخ کشت ۱۵ فروردین ماه در نظر گرفته شود.



شکل ۱۰. تغییرات متوسط تبخیرتعرق واقعی گندم بهاره دشت قزوین در ۴ بازه زمانی آتی و تحت شرایط اقلیمی سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ پایگاه اطلاعاتی DKRZ و مدل LARS-WG، نسبت به شرایط اقلیمی پایه؛ در صورتی که تاریخ کشت محصول ۱۵ فروردین ماه در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مقادیر تبخیر-تعرق واقعی گندم پاییزه و بهاره در شرایط تغییر اقلیم حاصل از دو مدل LARS-WG و پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ و در تاریخ‌های کشت مختلف بررسی شده‌اند. تنها در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ و متغیرهای اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ تبخیر و تعرق واقعی نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش خواهد داشت. اما در شرایط دیگر (دوره‌ها، تاریخ-های کشت و پایگاه‌های مختلف کاهش خواهد داشت. این کاهش تبخیر-تعرق واقعی ممکن است دلایل مختلفی داشته باشید. با توجه به افزایش دمای حداقل و حداکثر در شرایط تغییر اقلیم، طول دوره رشد گندم به دلیل اجرای مدل بر اساس درجه روز رشد (GDD) کاهش خواهد یافت. این کاهش طول دوره رشد باعث کاهش تبخیر-تعرق و اقعی و نیاز آبی گندم بهاره خواهد شد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به شرایط تغییر اقلیمی محتمل، تغییر تاریخ کاشت گندم بهاره بایستی مورد توجه ویژه قرار گیرد.

Reference:

Abdollahzadeh, M., Ramezani etedali, H., Ababaei, B., & Nazari, B. (2019). Estimation of actual evapotranspiration and net irrigation water requirement for strategic agricultural crop in Moghan plain using AquaCrop model. Nivar 43(104-105): 113-122. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30467/nivar.2019.141476.1101.

Alizadeh, H. A., Nazari, B., Parsinejad, M., Ramezani, Eetedali, H., janbaz, H. R., 2010. Evaluation of AquaCrop Model on Wheat Deficit Irrigation in Karaj area. Iranian journal of Irrigation and drainage . No. 2, Vol. 4, fall 2010, p. 273-283. (In Persion)

Chung, E.S., Park, K., & Lee, K.S. 2011. The Relative Impacts of Climate Change and Urbanization on the Hydrological Response of a Korean urban Watershed. Hydrol. Process, 25, 544–560, doi:10.1002/hyp.7781.

Eskandari Damane, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivand, H., & Barati, A. 2020. Simulation and Forecasting of Climatic Components of Temperature and Precipitation in Arid Regions (Case study: Minab plain). Geography, 18(66), 110-128. (In Persian)

Ghasemi-Saadat Abadi, F., Zand-Parsa, Sh., Mahbod, M., 2021. Estimation of Actual Evapotranspiration, Water productivity, and Irrigation Efficiency of Wheat Fields in Surface and Sprinkler Irrigation Systems Using Remote Sensing. Journal of Water and Soil Science. 25 (4). (In Persian)

Kilsby, Chris G, P D Jones, A Burton, A C Ford, Hayley J Fowler, C Harpham, P James, A Smith, and R L Wilby. 2007. A Daily Weather Generator for Use in Climate Change Studies. Environmental Modelling & Software 22 (12). Elsevier: 1705–19.

Mohammadi, M., Davari, K., Ghahreman., B, Ansari., H, Haghverdi., A. 2015. Calibration and validation of AquaCrop model for simulating spring wheat yield under simultaneous salinity and drought stress. Water research in agriculture. 29(3), 277-295. (in Persian)

Oki, T., & Kanae, S. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. Science 313(5790): 1068–1072.

Parvizi, S., ZandParsa, Sh., Mahbid, M., 2015. Water, irrigation and productivity: estimation of standard and actual evapotranspiration of winter wheat using AquaCrop, WSM and dual plant factor models. (In Persian)

Semonov, M. A., Stratonovith, P., 2010. Use of multi- model ensembles from global models for assessment of climate change impacts. J. Climate Research. Vol. 41.2010.p.1-14.

Semenov, M. A., 2008. Simulation of Extreme Weather Events by a Stochastic Weather Generator. Climate Research 35 (3): 203–12.

Steduto, Pasquale, Theodore C Hsiao, Dirk Raes, and Elias Fereres. 2009. AquaCrop—The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. Agronomy Journal 101 (3). Wiley Online Library: 426–37.

Racsko, P, L Szeidl, and M Semenov. 1991. "A Serial Approach to Local Stochastic Weather Models. Ecological Modelling 57 (1–2). Elsevier: 27–41.

Ramezani Etedali, H., Safari, F. (2022). Evaluation of the Influence of Different ETO Estimation Methods in Simulation of Wheat Actual Evapotranspiration and Biomass by AquaCrop Model. Journal of Water and Soil. https://doi.org/10.22067/jsw.2022.76839.1171. (In Persian)

Vicente-Serrano, S.M., Azorin-Molina, C., & Sanchez-Lorenzo, A. 2014. Sensitivity of Reference Evapotranspiration to changes in Meteorological Parameters in Spain (1961–2011). Water Resources Research 50(11): 8458–8480. https://doi.org/10.1002/ 2014WR015427.

Williams, A. G. 1991. Modeling Future Climates: From GCMs to Statistical Downscaling Approaches. University of Toronto at Scarborough, 56p.

Zwart, S. J. and W, G. M. Bastiaanssen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigate wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management 69(2): 115-133.

یادداشت ها

[1] *DKRZ: Deutsches Klimarechenzentrum GmbH*

[2] *CTS: Core Trust Seal*

[3] *WDCC*

[4] سناریوهایی *RCPs* در سال ۲۰۱۰ توسط یک کمیته علمی و زیر نظر هیئت بین دول تغییرات اقلیمی با هدف مهیا نمودن مجموعه ای از اطلاعاتی که از نتایج آن بتوان عوامل اصلی تغییرات اقلیمی را ردیابی نمود و نتایج آن را بتوان برای مدل های اقلیمی اعمال کرد.