نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، ص. ۸۰-۶۳

Water Management in Agriculture
Vol. 11, No. 1, Spring and Summer 2024, 63-80

مقاله علمی -پژوهشی

اثرات تغییر اقلیم و تغییر تاریخ کشت بر عملکرد گندم بهاره (مطالعه موردی: دشت قزوین)

فاطمه برزو[۱]، هادی رمضانی اعتدالی[۲*]، عباس کاویانی[۳]

چکیده

برر سی اثرات تغییرات اقلیمی در بهبود و ضعیت بهره‌وری ک شاورزی ب سیار حائز اهمیت ا ست. پیش‌بینی می شود که روند افزایش دما در قرن بیست و یک ادامه یابد و منجر به ایجاد تغییراتی در شرایط اقلیمی مناطق شود. تغییر در توزیع بارش، دما و منابع آب از پیامدهای آسیب‌زا تغییر اقلیم شمرده می شود که می‌تواند اثرات مخربی را در تولید محصولات کشاورزی همراه داشته باشد. در این مطالعه اثر تغییرات اقلیمی و کشت در تاریخ‌های مختلف؛ بر میزان عملکرد کشت رقم پارسی گندم بهاره در دشت قزوین بررسی شد. این بررسی در بازه ۲۱۰۰-۲۰۲۱ و با مقایسه دو منبع اطلاعاتی LARS-WG و DKRZ در تولید داده‌های سالانه تغییر اقلیم و به‌کارگیری مدل Aquacrop در شبیه‌سازی واکنش گیاه به تغییرات ذکرشـده، صـورت گرفت. در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱ از بین تاریخ‌های مختلف ک شت (تاریخ‌های ۱۵ بهمن، ۱ ا سفند، ۱۵ ا سفند، ۱ فروردین و ۱۵ فروردین) منا سب‌ترین تاریخ، به‌منظور افزایش عملکرد گندم برر سی شد. طبق نتایج مدل‌ها در هر دو سـناریو ۴/۵ و ۸/۵، در هر چهار دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱، عملکرد گندم بهاره نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش خواهد یافت. بیشترین عملکرد در کل این دوره‌ها و مدل‌ها برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۸۱ تحت شرایط اقلیمی مدل LARS-WG در سناریو ۸/۵ در صورتی‌که تاریخ کشت ۱۵ بهمن‌ماه انجام شود، پیش‌بینی می شود؛ که مقدار آن برابر ۱۲/۴۳ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار باشـد و کمترین عملکرد برای دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱ تحت شـرایط اقلیمی LARS-WG در سـناریو ۴/۵ در تاریخ ۱۵ فروردین اتفاق میافتد. پیش‌بینی می شود مقدار آن برابر با ۷/۸۷ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار با شد. در هر ۴ دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱ تاریخ ۱۵ بهمن (۴ فوریه) به‌عنوان مناسـب‌ترین تاریخ کشـت در این دوره‌ها، به‌منظور افزایش عملکرد گندم در دشت قزوین توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، شبیه‌سازی، تغییر اقلیم، AquaCrop، LARS-WG

مقدمه

با افزایش دما هوا در قرن بیست و یکم شاهد تغییرات در توزیع بارش و درنتیجه آن ایجاد اثرات مخرب و آسیب‌زا بر تولید محصولات کشاورزی هستیم. لذا تغییرات اقلیمی از عوامل تأثیرگذار بر وضعیت کشاورزی است. گرم شدن زمین، خشک‌سالی، سیل و تغییر وسیع در وضعیت آب‌وهوا منجر به کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و درنهایت کاهش بهره‌وری اقتصادی می‌شود؛ اما مهم‌تر از آن؛ هدف از کشاورزی تولید غذا و درنتیجه امنیت غذایی در زمان حال و آینده است، تغییر اقلیم می‌تواند این امنیت را با مخاطره (FAO, 2012) روبه‌رو سازد. مقابله با این تغییرات احتمالی و یافتن راه‌حل‌هایی به‌منظور سازگار کردن سیستم‌های فعلی تولید با این تغییرات، مستلزم شناخت دقیق علل به وجود آورنده این تغییرات و پیش‌بینی احتمال وقوع آن‌ها در آینده است تا بتوان با مدیریت درست و تغییر در عواملی چون

[۱] دا شجوی کار شنا سی ار شد، گروه علوم و مهند سی آب، دا شکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، ایران
[۲] استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران (* نویسنده مسئول: (Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)
[۳] دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۳

رقم محصول و بهینه‌سازی الگوی کشت مطابق با اقلیم منطقه و تعیین الگوی زراعی مناسب، اثرات سوء تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش داد و تولیدی پایدار در محصولات غذایی داشت و آثار منفی تغییرات اقلیم را به فرصتی برای کشاورزی بهینه و پایدار تبدیل نمود (Ozkan and Akcaoz, 2002).

سلیمانی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی اثرات ناشی از تغییر اقلیم بر الگوی کشت زراعی دشت مشهد به این نتیجه رسیدند که مقادیر بارندگی، دمای بیشینه و کمینه‌ی فصلی روند افزایشی دارد و این تغییرات دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات زراعی منطقه هستند. LARS-WG به‌عنوان یک مدل ریز مقیاس ساز است و در عین پیچیدگی کمتر فرآیند شبیه‌سازی و داده‌های ورودی و خروجی، توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییر اقلیم دارد (Semonov and Stratonovith, 2008). نسخه اولیه LARS-WG در بوداپست مجارستان در سال ۱۹۹۲ به‌عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی ابداع شد. هسته اصلی این مدل استفاده از توزیع نیمه‌تجربی است که به‌دفعات از آن استفاده شده است. گیتان و همکاران تغییرات آب و هوایی را در حوضه رودخانه‌ی مانینگ استرالیا با استفاده از مدل LARS-WG تحت سناریو RCP 8.5 بررسی کردند، نتیجه کار کاهش بارندگی در سال‌های ۲۰۶۰ تا ۲۱۰۰ را نشان داد (Gaitan et al.,2019).

جهانگیر و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی روند تغییرات بارش ۱۹ ساله آینده حوضه آبریز کرخه با استفاده از شش ایستگاه سینوپتیک پرداختند. نتایج آن‌ها که با استفاده از داده‌های دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۹۸) و سناریوهای تغییر اقلیم توسط مدل LARS-WG در حوضه آبریز کرخه به دست آمد نشان می‌دهد که میانگین بارش در ۱۹ سال دوره آینده نسبت به دوره گذشته بر اساس سناریوهای تعریف‌شده در حوضه آبریز افزایش پیدا می‌کند. شاگاگا و همکاران با استفاده از مدل LARS-WG به پیش‌بینی آب و هوا در تانزانیا پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد بیشترین افزایش دما در ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کمترین افزایش در ماه‌های اکتبر و نوامبر اتفاق می‌افتد همین‌طور حداقل و حداکثر دما حدود ۲ درجه افزایش پیدا می‌کند (shagega et al. 2019).

حشمتی و رمضانی (۱۴۰۰) در بررسی توانایی مدل LARS-WG از طریق میزان خطای داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده به این نتیجه رسیدند که مدل LARS-WG قابلیت لازم را برای پیش‌بینی داده‌های اقلیمی در آینده را دارد و همین‌طور متوسط دمای حداقل و حداکثر افزایش داشته و الگوی بارش در دوره‌های زمانی آینده تغییر خواهد کرد. هاشمی و همکاران به مقایسه دو مدل LARS-WG و SDSM جهت شبیه‌سازی بارش‌های شدید در حوضه کلوتا واقع در جزیره جنوبی نیوزلند پرداختند نتایج حاصل نشان داد که هر دو مدل توانایی خوبی در شبیه‌سازی بارش‌های شدید دارند و قابل استفاده برای پیش‌بینی‌های اقلیمی می‌باشند (Hashmi et al., 2011). از مدل‌های زراعی کاربردی مدل AquaCrop است که متخصصان برجسته از سرتاسر جهان از طریق اصلاح و بازنگری نشریه شماره ۳۳ فائو آن را به دست آوردند. الگوریتم مورد استفاده در نرم‌افزار و توصیف عملیات توسط (Raes et al. 2009) و اصول اساسی مدل برای شبیه‌سازی فرآیندها توسط (Steduto et al. 2009) ارائه شده است.

عملکرد AquaCrop نسبت به مدل فائو ۵۶ بالاتر است. این مدل نسبت به مدل فائو محاسبات کمتر نیاز دارد و مؤلفه‌های بیشتری را واسنجی می‌کند. مدل AquaCrop در شبیه‌سازی فرایند رشد نسبت به دیگر مدل‌های گیاهی عملکرد بهتری دارد (Abi et al. 2015). در مطالعه دیگری آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و از مدل AquaCrop برای تخمین رطوبت خاک، تبخیر-تعرق و عملکرد ذرت علوفه‌ای در شرایط تنش شوری و حاصلخیزی استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از آماره‌ها نشان داد همبستگی مناسب و انطباق خوب بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی‌شده وجود دارد (سعیدی و همکاران، ۱۴۰۰). یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در جهان گندم است (Behera and Panda. 2009). حدود ۳۱۵ میلیون هکتار از اراضی در دنیا طبق آمار موجود در تارنمای سازمان خواروبار جهانی FAO، زیر کشت گندم است (FAO, 2012). محمدی و همکاران (۱۳۹۴) به‌منظور اعتبار سنجی مدل AquaCrop تحت تنش هم‌زمان

شوری و کم‌آبی، در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ بر روی گندم بهاره مطالعاتی در مشهد انجام دادند. از داده‌های سال زراعی اول برای واسنجی مدل و داده‌های زراعی سال دوم برای صحت سنجی مدل استفاده کردند. نتایج نشان داد که عملکرد محصول، زیست‌توده، مصرف آب، شاخص برداشت، رطوبت و شوری نیمرخ خاک برای گندم در شرایط شوری و کم‌آبی به‌خوبی شبیه‌سازی شدند هرچند که دقت مدل در شبیه‌سازی شاخص برداشت و شوری نیمرخ خاک کمتر از سایر پارامترها بود (محمدی و همکاران ۱۳۹۴). گندم بهار در مقایسه با گندم زمستانه دوره رشد کوتاه‌تری دارد و مصرف آب در دوره رشد آن کمتر و در نتیجه بهره‌وری آن بیشتر است (حق وردی و همکاران، ۱۳۹۰).

در تحقیقی که در شبکه آبیاری کوثر واقع در استان خوزستان انجام شد، داده‌های ده‌ساله مزرعه گندم به‌صورت تصادفی در این شبکه انتخاب شد سپس ۷۰ درصد داده‌ها برای واسنجی مدل AquaCrop به‌کاربرده شد. نتایج نشان داد که متوسط اختلاف بین مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گندم به ترتیب برابر با ۰/۴۵ تن در هکتار و ۰/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود. همچنین نتایج آماره‌های MBE، RMSE و NRMSE برای عملکرد دانه گندم به ترتیب برابر با ۰/۱۴ تن در هکتار، ۰/۵۲ تن در هکتار و ۰/۰۱۳ تن در هکتار و برای کارایی مصرف آب به ترتیب برابر ۰/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب، ۰/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب و ۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود. آماره‌های EF و d به برای عملکرد به ترتیب برابر با ۰/۳ و ۰/۹۹ و برای کارایی مصرف آب به ترتیب برابر با ۰/۱ و ۰/۹۹ بود بنابراین دقت مدل برای شبیه‌سازی هر دو پارامتر قابل‌قبول بود و می‌توان از این مدل برای شبیه‌سازی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطح مزرعه استفاده کرد (عابدی و همکاران، ۱۳۹۸).

نتایج مطالعه دیگری نشان می‌دهد که میانگین عملکرد گندم کشور ۳۰-۴۰ درصد کمتر از میانگین دنیا است و این میانگین متأثر از شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور (به‌خصوص در زراعت دیم) و عوامل فنی و مدیریتی تولید است. آن‌ها متوسط وزنی ۱۵ ساله عملکرد گندم در اراضی آبی، دیم و ترکیب آن را به ترتیب ۳/۴، ۰/۹۶ و ۱/۹ تن در هکتار برآورد کرده و گزارش نموده‌اند (عزیزی زهان و همکاران ۱۳۹۳). اصولاً افزایش عملکرد تولید یک محصول علاوه بر عملیات آبیاری و اعمال مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه، به عوامل متعدد دیگری نظیر اقلیم، خاک و توپوگرافی زمین، تغذیه گیاهی، آفات و بیماری‌ها و دیگر پارامترهای زراعی، بستگی دارد و می‌تواند سبب کاهش و یا افزایش تولید واقعی نسبت به تولید پتانسیل گردد. اشراقی و همکاران (۱۳۸۸) با به‌کارگیری تابع تولید ترانسلوگ و برآورد هم‌زمان توابع تولید مرزی تصادفی و ناکارایی گندم‌کاران، به بررسی عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد گندم آبی در استان ایلام پرداختند. نتایج این مطالعه، حاکی از آن است که متوسط کارایی فنی گندم‌کاران مورد مطالعه ۷۸ درصد است. با افزایش تجربه‌ی زراع، ناکارایی فنی نمونه‌های مورد مطالعه کاهش یافته است و زارعان به‌صورت کارآمدتری از نهاده‌های تولیدی استفاده نموده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده، از وجود رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار میان افزایش تجربه و افزایش کارایی فنی گندم‌کاران حکایت داشت. همچنین، پراکندگی قطعات کشاورزی به‌عنوان یک عامل بازدارنده‌ی افزایش عملکرد تولید گندم آبی منطقه شناسایی شد. در این مطالعه اثرات تغییرات اقلیمی و کشت در تاریخ‌های مختلف؛ بر میزان عملکرد، رقم بهاره گندم در دشت قزوین بررسی شد. این بررسی در بازه ۲۰۲۱-۲۱۰۰ و با مقایسه دو منبع اطلاعاتی LARS-WG و DKRZ در تولید داده‌های سالانه تغییر اقلیم و به‌کارگیری مدل Aquacrop در شبیه‌سازی واکنش گیاه به تغییرات اقلیمی، صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

پایگاه اطلاعاتی تحت وب DKRZ

مرکز محاسبات اقلیمی آلمان (DKRZ: Deutsches Klimarechenzentrum GmbH) یک سرویس بایگانی طولانی‌مدت را برای مجموعه داده‌های تحقیقاتی بزرگ که مربوط به تحقیقات اقلیم یا سیستم زمین است فراهم می‌کند. این سرویس شامل قابلیت بایگانی و بازیابی داده‌ها برای بازه‌های زمانی ۱۰ ساله یا بیشتر است. بایگانی طولانی‌مدت DKRZ (LTA) طبق ضوابط Core Trust Seal (CTS) تأیید شده است و به‌عنوان

مرکز داده جهانی آب و هوا (WDCC) به‌عنوان 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 از این پایگاه اطلاعاتی دانلود شد. فایل‌های دانلود شده با فرمت NC هستند که به‌منظور تبدیل فرمت به TXT در محیط ARCGIS فراخوانی شدند. سپس تبدیل واحدهای لازم برای دما و بارش صورت گرفت تا داده‌های دما برحسب سانتی‌گراد و بارش برحسب میلی‌متر در روز شوند. 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 تحت سناریوهای واداشت تابشی (RCP) ۴/۵ و ۸/۵ در سال‌های آماری ۲۱۰۰–۲۰۲۱ دانلود شد. فایل‌های دانلود شده با فرمت NC بودند که در محیط ARCGIS فراخوانی شدند و به فایل TXT تبدیل شدند. سپس تبدیل واحدهای لازم برای دما و بارش صورت گرفت تا داده‌های دما برحسب سانتی‌گراد و بارش برحسب میلی‌متر در روز شوند

گزارش‌های مختلف تغییر اقلیم تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای در ورژن های مختلف LARS-WG ارائه شده است (Semoenov and Stratonovith, 2008). در این پژوهش، جدیدترین ورژن یعنی سری ششم استفاده 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. مدل‌های گردش عمومی جو که در این مطالعه استفاده شده است، سناریوهای مربوط به هر GCM در جدول ۱ آورده شده است.

ایستگاه همدید

در بازه زمانی سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۲۰ از ایستگاه سینوپتیک قزوین داده‌های روزانه‌ی دما حداقل (درجه سلسیوس)، دما حداکثر (درجه سلسیوس)، بارش (میلی‌متر در روز) و ساعت آفتابی (تعداد ساعت در طول یک شبانه‌روز) اخذ گردید. ارزیابی بر روی داده‌ها انجام شد. ازآنجایی‌که دوره ۲۰ ساله برای مراحل بعدی داده‌ها مناسب بود، داده‌های دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ به‌عنوان داده‌های پایه انتخاب گردید. به‌منظور تولید داده‌های تغییر اقلیم در مدل LARS-WG، ابتدا می‌بایست مجموعه‌ای از داده‌های (دما حداقل، دما حداکثر، بارش و ساعت آفتابی) در طول بازه‌ای چندساله، تحت عنوان داده‌های پایه به نرم‌افزار داده شود. در این مطالعه، داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین در طول سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ به‌عنوان داده‌های پایه انتخاب شد. برای معرفی داده‌های پایه به مدل LARS-WG، می‌بایست داده‌ها به ترتیب شماره سال، روز ژولیوسی، دما حداقل (درجه سلسیوس)، دما حداکثر (درجه سلسیوس)، بارش (میلی‌متر در روز) و ساعت آفتابی (تعداد ساعت در طول یک شبانه‌روز) در ستون‌های مجزا مرتب شوند. با فرمت DAT به مدل معرفی شوند. مشخصات ایستگاه مورد نظر ازجمله، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا، با فرمت St نیز آماده شود و به مدل LARS-WG جهت تولید داده‌ها داده شود.

جدول ۱- 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

بررسی مقادیر عملکرد گندم بهاره در شرایط پایه و شرایط تغییر اقلیم بر اساس یافته‌های LARS-WG و DKRZ

به‌طورکلی ارقام بهاره در مناطق گرم و معتدل و در انتهای پاییز کشت می‌شوند، دوره رشد به‌طور متوسط بین ۱۰۰ تا ۱۳۰ روز متغیر است که به دلیل شرایط اقلیمی مختلف و ارقام گوناگون، تاریخ کشت و دوره رشد متفاوت است. ازآنجایی‌که این رقم به سرمای زمستانی نیاز ندارند و تحت شرایط دمایی اندک دچار

خسارت خواهد شد، لذا تاریخ کشت آن‌ها در شرایط پایداری دمایی بایستی انتخاب گردد. کشت زودهنگام تیپ بهاره موجب جلو افتادن خوشه‌دهی محصول خواهد شد. تاریخ اولیه کشت گندم بهاره ۶ مارس (۱۵ اسفند) تعیین شد و تاریخ‌های بعدی کشت این محصول، به ترتیب ۴ فوریه (۱۵ بهمن)، ۲۰ فوریه (۱ اسفند)، ۲۱ مارس (۱ فروردین) و ۴ آوریل (۱۵ فروردین) در نظر گرفته شد. از میانگین داده‌های ۵ مدل گردش عمومی جو تحت سه متغیر دما حداقل، دما حداکثر و بارش به تفکیک داده‌های LARS-WG و داده‌های پایگاه اطلاعاتی DKRZ و سناریوهای انتشار ۴/۵ و ۸/۵ استفاده شد و به‌منظور تولید پارامترهای عملکرد، نیاز آبیاری، بارش، تبخیر، تعرق، تاریخ برداشت محصول به مدل Aquacrop معرفی شد.

مقدار عملکرد گندم بهاره، در شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG و پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ و در تاریخ‌های کشت متفاوت، در ۴ دوره آتی (۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰) تخمین زده شده و بررسی شدند. روند تغییرات آن (افزایش یا کاهش) و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد در طول این دوره‌ها، مدل و سناریویی که تحت آن بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد را گزارش می‌کند، میانگین اختلاف متغیرها در طول دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه در شرایطی که کشت در تاریخ‌های متفاوت صورت گیرد، ارزیابی شدند.

گزینش بهترین تاریخ برای مدیریت بهتر هر یک از متغیرها

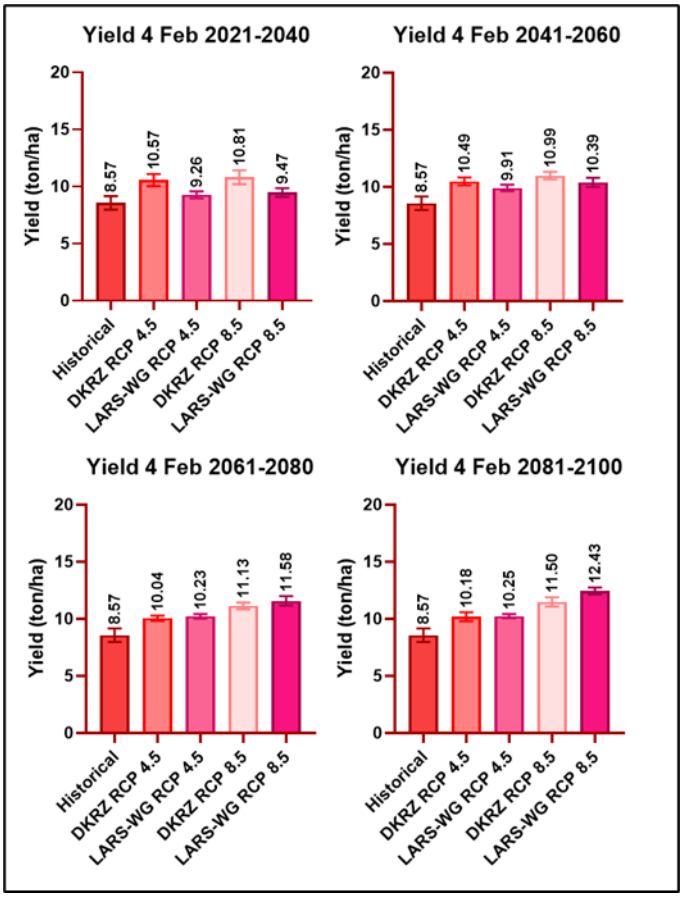
به‌منظور افزایش عملکرد گندم در منطقه، تاریخی که اگر در آن کشت صورت گیرد بالاترین عملکرد در دشت قزوین حاصل می‌شود، معرفی شد.

نتایج

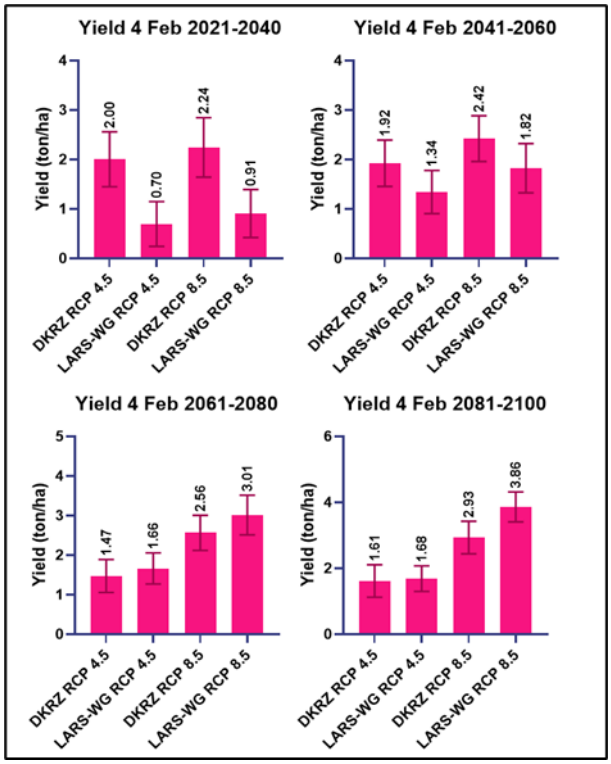
عملکرد گندم بهاره- تاریخ کشت ۴ فوریه (۱۵ بهمن)

طبق نتایج مدل Aquacrop، میانگین عملکرد گندم بهاره در دوره پایه درصورتی‌که کشت در تاریخ ۱۵ بهمن انجام شود برابر ۸/۵۶ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۵۹ تن بر هکتار خواهد بود. طبق نتایج، مدل‌ها در هر دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵ در هر چهار دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ افزایش عملکرد گندم بهاره را نسبت به عملکرد دوره پایه گزارش می‌کنند. در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۱۰/۵۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵۱ تن بر هکتار)، ۱۰/۴۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار)، ۱۰/۰۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۳ تن بر هکتار) و ۱۰/۱۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا به ترتیب، ۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵۵ تن بر هکتار)، ۱/۹۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۶ تن بر هکتار)، ۱/۴۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۱ تن بر هکتار) و ۱/۶۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۹ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود (مطابق شکل ۱ و شکل۲). در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۱۰/۸۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۶۱ تن بر هکتار)، ۱۰/۹۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۳ تن بر هکتار)، ۱۱/۱۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۹ تن بر هکتار) و ۱۱/۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۲/۲۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۶ تن بر هکتار)، ۲/۴۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۶ تن بر هکتار)، ۲/۵۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۴ تن بر هکتار) و ۲/۹۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۹ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد گزارش می‌شود. در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۹/۲۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار)، ۹/۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۸ تن بر هکتار)، ۱۰/۲۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار

۰/۱۹ تن بر هکتار) و ۱۰/۲۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۱۸ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۶۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۵ تن بر هکتار)، ۱/۳۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۳ تن بر هکتار)، ۱/۶۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار) و ۱/۶۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۸ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد تخمین زده می‌شود. کمترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰ اتفاق می‌افتد. در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکر شده برابر ۹/۴۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار)، ۱۰/۳۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴ تن بر هکتار)، ۱۱/۵۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴ تن بر هکتار) و ۱۲/۴۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۸ تن بر هکتار)، ۱/۸۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۹ تن بر هکتار)، ۳/۰۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵ تن بر هکتار) و ۳/۸۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۵ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود. بیشترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره ۲۰۸۱–۲۱۰۰ اتفاق می‌افتد.



شکل ۱–عملکرد گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی درصورتی‌که تاریخ کشت ۱۵ بهمن‌ماه در نظر گرفته شود



شکل ۲- تغییرات متوسط عملکرد 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؛ درصورتی‌که تاریخ کشت محصول ۱۵ بهمن‌ماه در نظر گرفته شود

عملکرد گندم بهاره- تاریخ کشت ۲۰ فوریه (۱ اسفند)

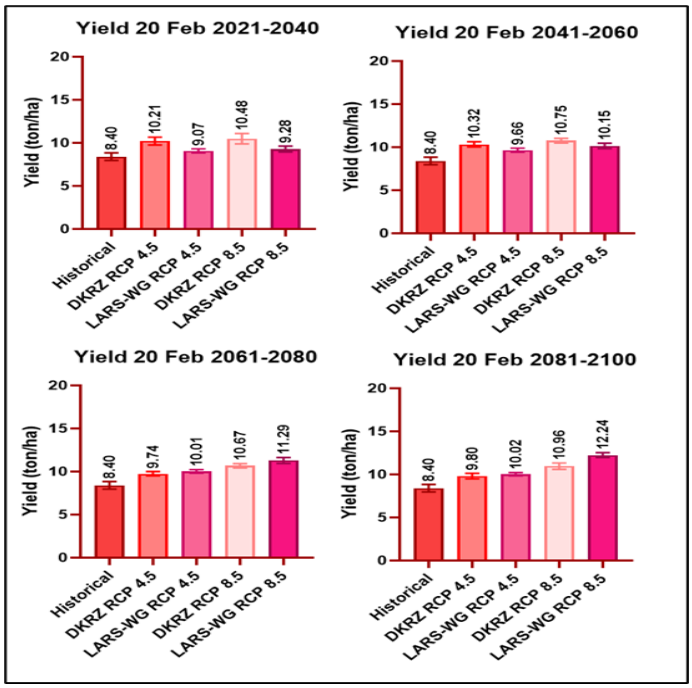
طبق نتایج مدل Aquacrop همان‌طور که در شکل ۳ نیز آورده شده است، میانگین عملکرد گندم بهاره در دوره پایه درصورتی‌که کشت در تاریخ ۱ اسفندماه انجام شود، برابر ۸/۴ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۴۴ تن بر هکتار است. طبق نتایج مدل‌ها در هر دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵، در هر چهار دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰ افزایش عملکرد گندم بهاره نسبت به مقدار آن در دوره پایه گزارش می‌کنند. در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۱۰/۲۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۴ تن بر هکتار)، ۱۰/۳۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳ تن بر هکتار)، ۹/۷۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۵ تن بر هکتار) و ۹/۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۱/۸۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۴ تن بر هکتار)، ۱/۹۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار)، ۱/۳۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۵ تن بر هکتار) و ۱/۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۸ تن بر هکتار) نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش عملکرد گزارش می‌شود (مطابق شکل ۳ و شکل ۴).

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۱۰/۴۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۶۱ تن بر هکتار)، ۱۰/۷۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۷ تن بر هکتار)، ۱۰/۶۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۵ تن بر هکتار) و ۱۰/۹۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۲/۰۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵۲ تن بر هکتار)، ۲/۳۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار

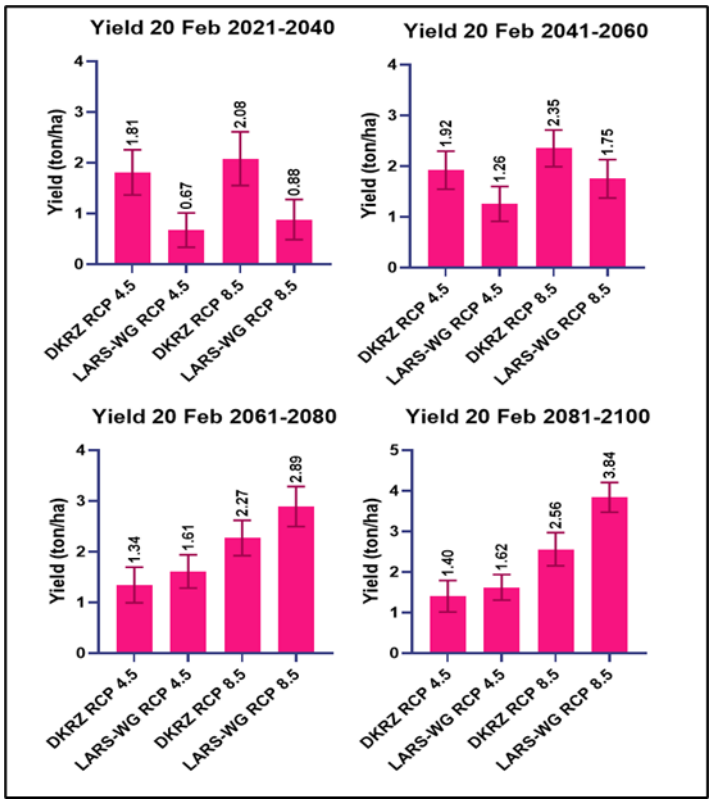
۰/۳۶ تن بر هکتار)، ۲/۲۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار) و ۲/۵۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۱ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۹/۰۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۳ تن بر هکتار)، ۹/۶۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۴ تن بر هکتار)، ۱۰/۰۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲ تن بر هکتار) و ۱۰/۰۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۱۸ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۶۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۳ تن بر هکتار)، ۱/۲۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار)، ۱/۶۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار) و ۱/۶۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه، افزایش عملکرد گزارش می‌شود. کمترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰ اتفاق خواهد افتاد.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۹/۲۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار)، ۱۰/۱۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار)، ۱۱/۲۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار) و ۱۲/۲۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۸ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۸۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار)، ۱/۷۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار)، ۲/۸۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار) و ۳/۸۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود. بیشترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره ۲۰۸۱–۲۱۰۰ اتفاق می‌افتد.



شکل ۳–عملکرد گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی درصورتی‌که تاریخ کشت ۱ اسفندماه در نظر گرفته شود.



شکل ۴- تغییرات متوسط عملکرد 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؛ درصورتی‌که تاریخ کشت محصول ۱ اسفندماه در نظر گرفته شود.

عملکرد گندم بهاره- تاریخ کشت ۶ مارس (۱۵ اسفند)

طبق نتایج مدل Aquacrop، همان‌طور که در شکل ۵ نیز قابل‌مشاهده است، میانگین عملکرد گندم بهاره دوره پایه درصورتی‌که کشت در تاریخ ۱۵ اسفندماه صورت گیرد برابر ۸/۰۲ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۴۶ تن بر هکتار است. طبق نتایج مدل‌ها در هر دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵، در هر چهار دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰ عملکرد گندم بهاره نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش می‌یابد.

در شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۹/۷۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵ تن بر هکتار)، ۱۰/۰۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار)، ۹/۳۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار) و ۹/۳۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۹ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا عملکرد در این دوره‌ها به مقدار ۱/۷۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۸ تن بر هکتار)، ۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۸ تن بر هکتار)، ۱/۳۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴ تن بر هکتار) و ۱/۳۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار) نسبت به مقدار آن در دوره پایه، افزایش خواهد یافت (مطابق شکل ۵ و شکل ۶).

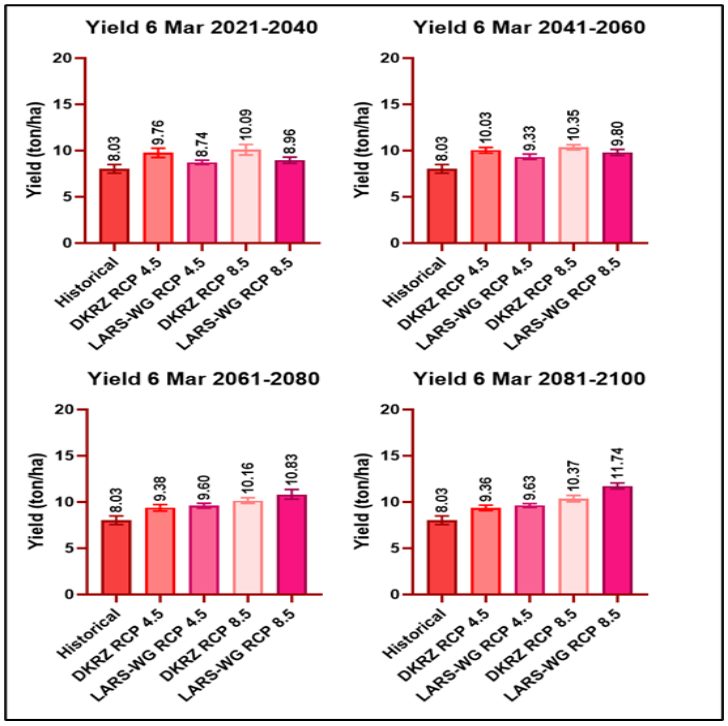
در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۶۰، ۲۰۶۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۱۰/۰۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵۶ تن بر هکتار)، ۱۰/۳۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۶ تن بر هکتار)، ۱۰/۱۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۹ تن بر هکتار) و ۱۰/۳۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار

۰/۳۴ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۲/۰۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵۱ تن بر هکتار)، ۲/۳۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار)، ۲/۱۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۸ تن بر هکتار) و ۲/۳۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد تخمین زده می‌شود.

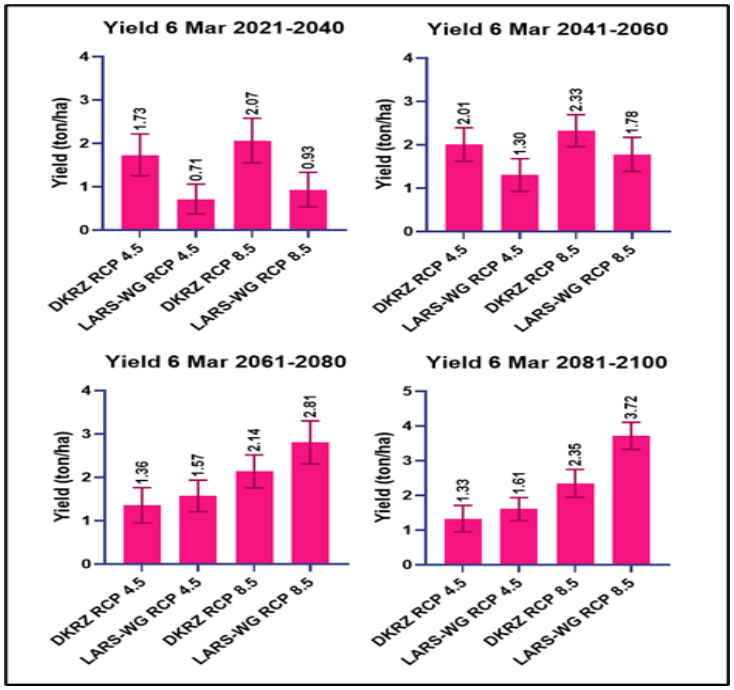
در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۸/۷۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۲ تن بر هکتار)، ۹/۳۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۹ تن بر هکتار)، ۹/۵۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۶ تن بر هکتار) و ۹/۶۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۷۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار)، ۱/۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار)، ۱/۵۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار) و ۱/۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۳ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد گزارش می‌شود. کمترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰ اتفاق خواهد افتاد.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۸/۹۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۳ تن بر هکتار)، ۹/۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار)، ۱۰/۸۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵۲ تن بر هکتار) و ۱۱/۷۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۹۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار)، ۱/۷۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار)، ۲/۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۹ تن بر هکتار) و ۳/۷۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود. بیشترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره ۲۰۸۱–۲۱۰۰ اتفاق خواهد افتاد.

اگر تاریخ کشت گندم بهاره در منطقه موردنظر ۱۵ اسفندماه صورت گیرد و عملکرد گندم بهاره در بازه ۲۰۲۱–۲۱۰۰ بررسی شود (مطابق شکل ۵)، طبق نتایج، عملکرد در شرایط اقلیمی گزارش‌شده از هر دو پایگاه اطلاعاتی DKRZ و مدل LARS-WG تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵؛ در دوره آتی افزایش خواهد داشت. عملکرد گندم بهاره در شرایط اقلیمی متوسط گزارش‌شده مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ برابر ۱۰/۳۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۱/۱۱ تن بر هکتار) خواهد بود که ۲/۴۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۸۱ تن بر هکتار) افزایش عملکرد نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد (مطابق شکل ۶). همین‌طور در شرایط اقلیمی متوسط گزارش‌شده پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۴/۵ میانگین عملکرد گندم بهاره برابر ۹/۶۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۶ تن بر هکتار) تخمین زده می‌شود که ۱/۷۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۸ تن بر هکتار) افزایش عملکرد نسبت به دوره پایه را گزارش می‌کند. در شرایط اقلیمی متوسط گزارش‌شده پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ میانگین عملکرد گندم بهاره برابر ۱۰/۲۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار) پیش‌بینی می‌شود که ۲/۳۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۴ تن بر هکتار) افزایش عملکرد نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد. در شرایط اقلیمی متوسط گزارش‌شده مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵، میانگین عملکرد گندم بهاره برابر ۹/۳۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۳ تن بر هکتار) گزارش می‌شود که ۱/۴۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۶ تن بر هکتار) افزایش عملکرد نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد. کم‌ترین عملکرد در شرایط اقلیمی گزارش‌شده از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین عملکرد در شرایط اقلیمی گزارش‌شده از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ گزارش می‌شود.



شکل ۵-عملکرد گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی درصورتی‌که تاریخ کشت ۱۵ اسفندماه در نظر گرفته شود



شکل ۶- تغییرات متوسط عملکرد 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؛ درصورتی‌که تاریخ کشت محصول ۱۵ اسفندماه در نظر گرفته شود

عملکرد گندم بهاره- تاریخ کشت ۲۱ مارس (۱ فروردین)

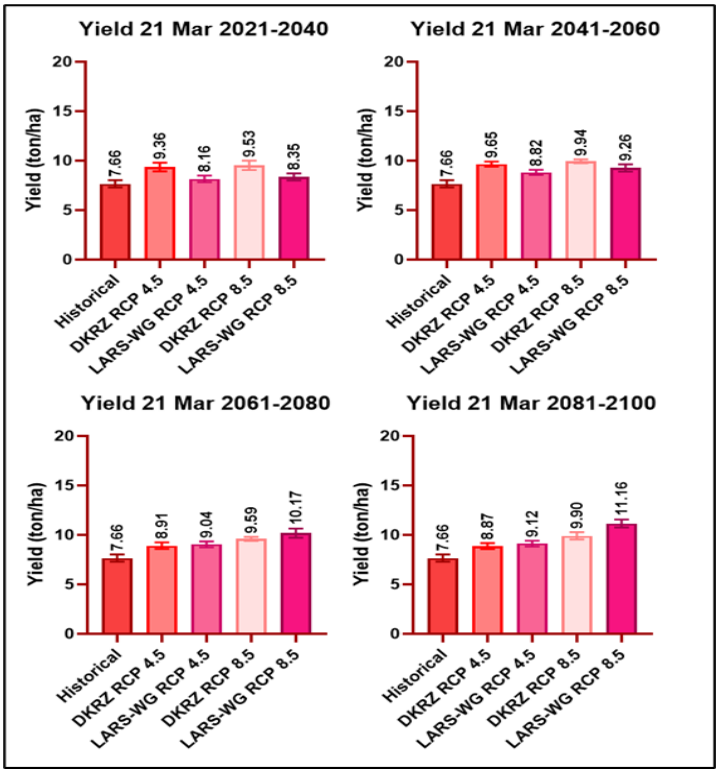
طبق نتایج مدل Aquacrop همان‌طور که شکل ۷ نیز آمده است، عملکرد گندم بهاره در دوره در شرایطی که کشت در تاریخ ۱ فروردین صورت گیرد، برابر ۷/۶۶ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار است. طبق نتایج مدل‌ها، هر دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵ در هر چهار دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ افزایش عملکرد گندم بهاره را نسبت به عملکرد در دوره پایه گزارش می‌کنند.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۹/۳۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۳ تن بر هکتار)، ۹/۶۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۵ تن بر هکتار)، ۸/۹۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار) و ۸/۸۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۱/۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار)، ۱/۹۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار)، ۱/۲۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار) و ۱/۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۳ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود (مطابق شکل ۷ و ۸).

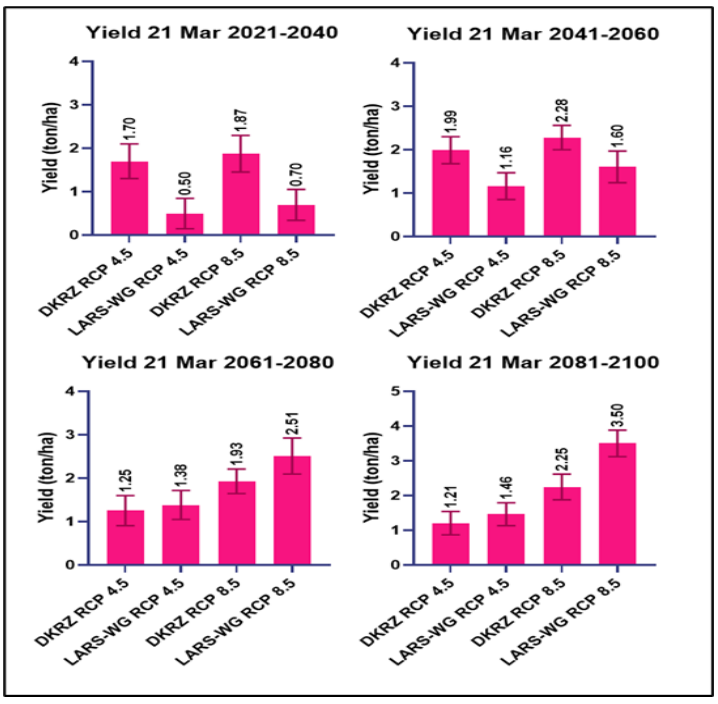
در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۹/۵۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۷ تن بر هکتار)، ۹/۹۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۱۹ تن بر هکتار) و ۹/۵۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۱/۸۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۲ تن بر هکتار)، ۲/۲۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۷ تن بر هکتار)، ۱/۹۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۸ تن بر هکتار) و ۲/۲۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه، افزایش عملکرد گزارش می‌شود.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۸/۱۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۳ تن بر هکتار)، ۸/۸۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۵ تن بر هکتار)، ۹/۰۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳ تن بر هکتار) و ۹/۱۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۹ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۴۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۵ تن بر هکتار)، ۱/۱۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳ تن بر هکتار)، ۱/۳۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۳ تن بر هکتار) و ۱/۴۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار) نسبت به عملکرد این محصول در دوره پایه، افزایش عملکرد تخمین زده می‌شود. کمترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰ اتفاق می‌افتد.

در شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۸/۳۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار)، ۹/۲۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار)، ۱۰/۱۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۶ تن بر هکتار) و ۱۱/۱۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۶۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۵ تن بر هکتار)، ۱/۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار)، ۲/۵۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۱ تن بر هکتار) و ۳/۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۸ تن بر هکتار) نسبت به مقدار آن در دوره پایه، افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود. بیشترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره ۲۰۸۱–۲۱۰۰ اتفاق می‌افتد.



شکل ۷-عملکرد گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی درصورتی‌که تاریخ کشت ۱ فروردین‌ماه در نظر گرفته شود



شکل ۸-تغییرات متوسط عملکرد 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؛ درصورتی‌که تاریخ کشت محصول ۱ فروردین‌ماه در نظر گرفته شود

عملکرد گندم بهاره- تاریخ کشت ۴ آوریل (۱۵ فروردین)

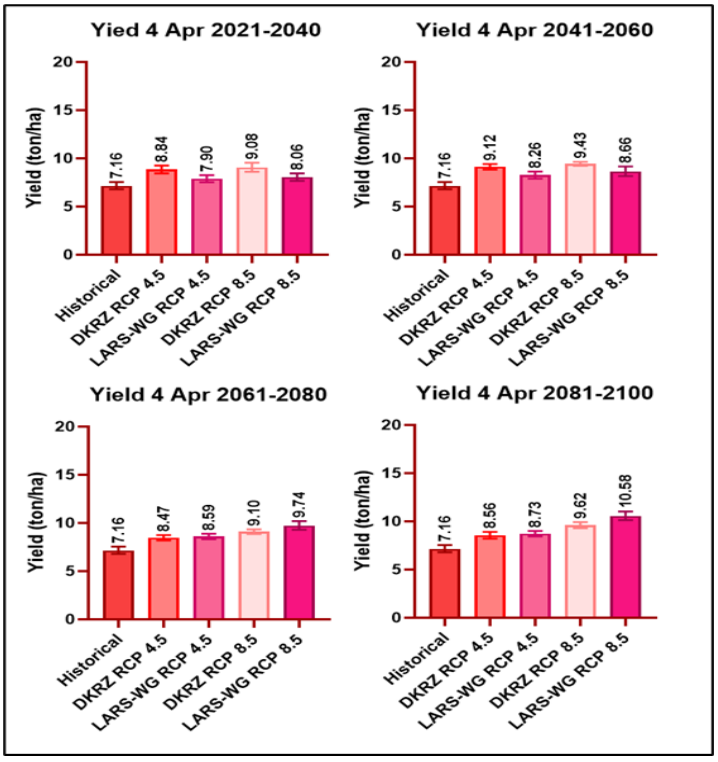
طبق نتایج مدل Aquacrop همان‌طور که در شکل ۹ نیز آورده شده است، میانگین عملکرد گندم بهاره در دوره پایه در شرایطی که کشت در تاریخ ۱۵ فروردین صورت گیرد برابر ۷/۱۶ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار است. طبق نتایج مدل‌ها در هر دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵، در هر چهار دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، عملکرد گندم بهاره نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش خواهد یافت.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۸/۸۴ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴ تن بر هکتار)، ۹/۱۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۷ تن بر هکتار)، ۸/۴۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۶ تن بر هکتار) و ۸/۵۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۵ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا عملکرد به ترتیب دوره‌های ذکرشده به میزان ۱/۶۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار)، ۱/۹۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار)، ۱/۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار) و ۱/۳۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار) نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش خواهد یافت (مطابق شکل ۹ و ۱۰).

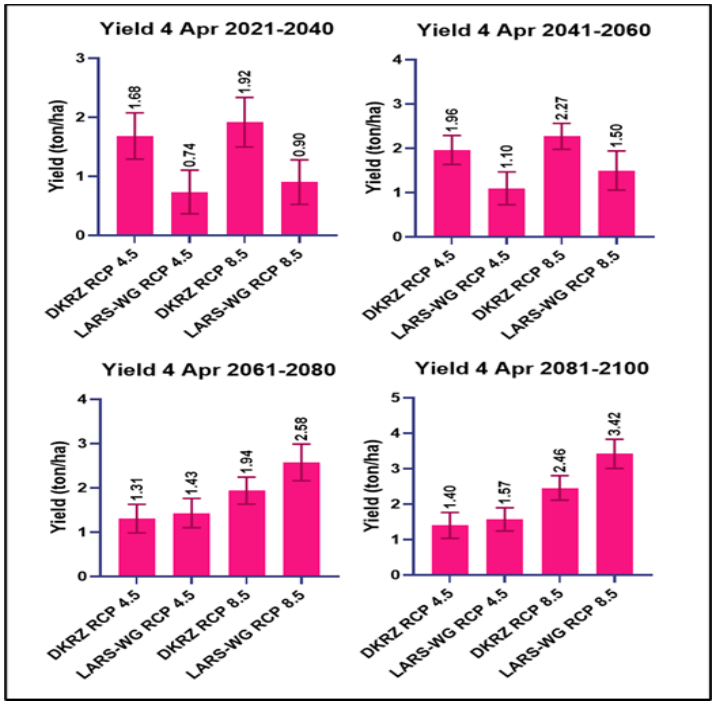
در شرایط اقلیمی حاصل از پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰، میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۹/۰۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۶ تن بر هکتار)، ۹/۴۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۱ تن بر هکتار)، ۹/۰۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۳ تن بر هکتار) و ۹/۶۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۱/۹۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۱ تن بر هکتار)، ۲/۲۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۹ تن بر هکتار)، ۱/۹۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳ تن بر هکتار) و ۲/۴۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۴ تن بر هکتار) نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش پیش‌بینی می‌شود.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۷/۸۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار)، ۸/۲۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار)، ۸/۵۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۸ تن بر هکتار) و ۸/۷۲ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۲۸ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۷۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار)، ۱/۰۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار)، ۱/۴۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار) و ۱/۵۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۲ تن بر هکتار) نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش عملکرد گزارش می‌شود. کمترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از LARS-WG تحت سناریو ۴/۵ در دوره ۲۰۲۱–۲۰۴۰ اتفاق خواهد افتاد.

در شرایط اقلیمی متوسط مدل‌های گردش عمومی جو حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره‌های ۲۰۲۱–۲۰۴۰، ۲۰۴۱–۲۰۶۰، ۲۰۶۱–۲۰۸۰ و ۲۰۸۱–۲۱۰۰ میانگین عملکرد گندم بهاره به ترتیب دوره‌های ذکرشده برابر ۸/۰۶ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۸ تن بر هکتار)، ۸/۶۵ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۵ تن بر هکتار)، ۹/۷۳ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۵ تن بر هکتار) و ۱۰/۵۸ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۵ تن بر هکتار) خواهد بود. لذا ۰/۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۳۷ تن بر هکتار)، ۱/۴۹ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۴ تن بر هکتار)، ۲/۵۷ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۱ تن بر هکتار) و ۳/۴۱ تن بر هکتار (با انحراف معیار ۰/۴۱ تن بر هکتار) نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش عملکرد پیش‌بینی می‌شود. بیشترین عملکرد تحت شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG تحت سناریو ۸/۵ در دوره ۲۰۸۱–۲۱۰۰ اتفاق خواهد افتاد.



شکل ۹-عملکرد گندم بهاره تحت شرایط اقلیمی دوره پایه و میانگین مدل‌های گردش عمومی جو GCM در سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵، در ۴ بازه زمانی دوره آتی درصورتی‌که تاریخ کشت ۱۵ فروردین‌ماه در نظر گرفته شود



شکل ۱۰-تغییرات متوسط عملکرد 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؛ درصورتی‌که تاریخ کشت محصول ۱۵ فروردین‌ماه در نظر گرفته شود

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، مقادیر عملکرد گندم بهاره در شرایط اقلیمی حاصل از مدل LARS-WG و پایگاه اطلاعاتی DKRZ تحت سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ و در ۵ تاریخ کشت متفاوت (۱۵ بهمن، ۱ اسفند، ۱۵ اسفند، ۱ فروردین و ۱۵ فروردین)، در ۴ دوره آتی (۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) بررسی‌شده‌اند. طبق نتایج مدل‌ها در هر دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵، در هر چهار دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۶۰-۲۰۴۱، ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱، عملکرد گندم بهاره نسبت به مقدار آن در دوره پایه افزایش خواهد یافت. بیشترین عملکرد در کل این دوره‌ها و مدل‌ها برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۸۱ تحت شرایط اقلیمی مدل LARS-WG در سناریو ۸/۵ درصورتی‌که تاریخ کشت ۱۵ بهمن‌ماه انجام شود، پیش‌بینی می‌شود که مقدار آن برابر ۱۲/۴۳ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۳۱ تن بر هکتار است و کمترین عملکرد برای دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱ تحت شرایط اقلیمی LARS-WG در سناریو ۴/۵ در تاریخ ۱۵ فروردین اتفاق می‌افتد پیش‌بینی می‌شود مقدار آن برابر با ۷/۸۷ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۳۶ تن بر هکتار باشد. کمترین عملکرد برای پایگاه اطلاعاتی DKRZ در دوره ۲۰۸۰-۲۰۶۱ در سناریو ۴/۵ درصورتی‌که تاریخ کشت ۱۵ فروردین‌ماه انجام شود، گزارش می‌شود که مقدار آن برابر ۸/۴۶ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۲۶ تن بر هکتار است. بیشترین عملکرد پایگاه اطلاعاتی DKRZ در دوره ۲۱۰۰-۲۰۸۱ در سناریو ۸/۵ در تاریخ کشت ۱۵ بهمن پیش‌بینی می‌شود و مقدار آن برابر ۱۱/۵ تن بر هکتار با انحراف معیار ۰/۳۹ تن بر هکتار است.

در دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱، تاریخ ۱۵ بهمن‌ماه (۴ فوریه)، در دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۱، تاریخ ۱۵ بهمن (۴ فوریه)؛ در دوره ۲۰۸۰-۲۰۶۱ تاریخ ۱۵ بهمن (۴ فوریه) و در دوره ۲۱۰۰-۲۰۸۱ تاریخ ۱۵ بهمن‌ماه به‌عنوان مناسب‌ترین تاریخ کشت در این دوره‌ها، به‌منظور افزایش عملکرد گندم در دشت قزوین توصیه می‌شود.

منابع

اشراقی، ر.، پورسعید، ع. ر.، چهارسوقی امین، ح.، اشراقی سامانی، ف. ۱۳۸۸. عوامل مؤثر برافزایش عملکرد گندم آبی: مطالعه موردی استان ایلام. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی) ۳ (۱۱): ۷۱–۸۱.

سلیمانی نژاد، س.، دوراندیش، آ.، صبوحی، م.، بنایان اول، م. ۱۳۹۸. اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات زراعی (مورد مطالعه: دشت مشهد). تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران. ۵۰ (۲): ۲۴۹–۲۶۳ . doi:10.22059/ijaedr.2019.237998.668461.

سعیدی، ر.، رمضانی اعتدالی، ه.، ستودنیا، ع.، نظری، ب.، کاویانی، ع. ۱۴۰۰. ارزیابی مدل AquaCrop در برآورد روند تغییرات رطوبت خاک، تبخیر تعرق و عملکرد ذرت، تنش‌های شوری و حاصلخیزی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۴(۱): 10.22077/escs.2020.2473.1652

حشمتی، س.، رمضانی اعتدالی، ه. ۱۴۰۰. پیش‌بینی وضعیت خشک‌سالی در دوره‌های آتی با استفاده از مدل LARS-WG (مطالعه موردی استان کرمانشاه). آمایش سرزمین. ۱۳(۲): ۶۴۷-۶۶۹ .10.22059/JTCP.2021.332432.670263

حق وردی، ا.، قهرمان، ب.، کافی، م.، داوری، ک. ۱۳۹۰. تحلیل آزمایش‌های گزینش شوری-کم‌آبیاری برای گندم بهاره در منطقه مشهد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم و آب و خاک. ۱۵(۵۸):۱۰-۱.

جهانگیر، م. ح.، جهان‌پناه، م.، ابوالقاسمی، م. ۱۳۹۹. پیش‌بینی وضعیت خشک‌سالی برای دوره‌های آتی با استفاده از مدل LARS-WG (مطالعه موردی: ایستگاه شیراز). محیط‌زیست و مهندسی آب. ۶ (۱): ۶۹- ۸۲

عابدی، م.، اگدرنژاد، ا.، ابراهیمی پاک، ن. ع. ۱۳۹۸. ارزیابی مدل AquaCrop در شبیه‌سازی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گندم تحت شرایط مختلف آبیاری در مزرعه. زراعت و اصلاح نباتات.

عزیزی زهان. ع.، شهابی فر، م، ابراهیمی پاک، ن. ع.، رضوی، ر.، غالبی، س.، سرابی تبریزی م.، طلوعی، ر. و پیری، ر.، ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی مصرف آب گندم در ایران و جهان. اولین همایش ملی مدیریت خاک و آب در تولید گندم. ۱۸ آذر. تهران.

and Downscaling of Extreme Precipitation Events in a Watershed. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 25 (4). Springer: 475–84.

Ozkan، B.، Handan، A. 2002. Impacts of Climate Factors on Yields for Selected Crops in the Southern Turkey. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 7 (4). Springer: 367–80.

Raes، D.، Steduto، P.، Hsiao، T.C.، and Fereres، E. 2009. AquaCrop-the FAO Crop Model for Predicting Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. Agronomy Journal 101: 438–47.

Semonov، M. A.، Stratonovith، P. 2008. Use of multi-model ensembles from global models for assessment of climate change impacts. J. Climate Research. Vol. 41.2010.p.1-14.

Shagega، F. P.، Munishi، S. E.، Kongo، V. M. 2019. Prediction of futuer climate in Ngerengere river catchment. Tanzania، Physiics and chemistry of the earth، parts A/B/C.(1) 112، pp.200-209.

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.

محمدی، م.، داوری،ک.، قهرمان، ب.، انصاری، ح.، حق وردی، ا. ۱۳۹۴. واسنجی و صحت سنجی مدل AquaCrop برای شبیه‌سازی عملکرد گندم بهاره تحت تنش هم‌زمان شوری و خشکی. پژوهش آب در کشاورزی ۲۹ (۳): ۲۷۷–۹۵.

Abi saab، M. T.، Todorovich، M.، Albrizio، R. 2015. Comparing AquaCrop and cropSystmodels in simulating barley growth and yield under different water and nitrogen regimes. Does calibration year influence the perfomance of crop groeth models?. Agricultural Water Management. 147:21-33.

Behera، S. K.، and R. K. Panda. 2009. Integrated Management of Irrigation Water and Fertilizers for Wheat Crop Using Field Experiments and Simulation Modeling. Agricultural Water Management. 96 (11): 1532–40.

FAO. 2012. Coping With Water Scarcity - An Action Framework For Agriculture And Food Security. FAO Water Reports 38.

Gaitan، E.، Monjo، R.، Portoles. J. 2019. Pino –Otin MR projection of temperatures and heat col waves for Aragon (Spain) using a two-ste statistical downscalingof CMIP5 model outputs. Science of the total environment. 10، pp. 650:2778-95

Hashmi، M. Z.، Asaad، Y. Sh.، and Bruce، W. M. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for Simulation

Water Management in Agriculture
Vol. 11, No. 1, Spring and Summer 2024, 63-80

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، ص. ۸۰-۶۳

The Effects of Climate Change and Change of Planting Date on Spring Wheat Yield (Case Study: Qazvin Plain)

F. Borzoo[1], H. Ramezani Etedali[2]* and A. Kaviani[3]

Abstract

Investigating the effects of climate change on improving agricultural productivity is of great importance. It is predicted that the rising temperature trend will continue in the 21st century, leading to changes in the climatic conditions of regions. Changes in precipitation distribution ، temperature and water resources are considered as harmful consequences of climate change، which could have detrimental effects on agricultural production. . In this study، the impact of climate change and cultivation on different dates was examined in terms of the yield of the 'Parsi' spring wheat variety in the Qazvin Plain. This study covered the period from 2021to 2100, comparing two information sources, LARS-WG and DKRZ, for producing annual climate change data and using the Aquacrop model to simulate the plant's response to the mentioned changes. During the periods 2021-2040، 2041-2060، 2061-2080، and 2081-2100، the best planting date (February 4, February 20, March 5, March 20, and April 4) for increasing wheat yield was evaluated. According to the model results in both scenarios 4.5 and 8.5، in all four periods (2021-2040، 2041-2060، 2061-2080 and 2081-2100), the spring wheat yield will increase compared to the baseline.. The highest yield in all of these periods and models is predicted for the period 2081-2100 under the LARS-WG climate model of in scenario 8.5, assuming planting on February 4, with an estimated yield of 12.43 tons per hectare and a standard deviation of 0.31 tons per hectare. the lowest yield is expected for the period 2021-2040 under LARS-WG climate conditions in scenario4.5, with planting on April 4, with an estimated yield of 7.87 tons per hectare and a standard deviation of 0.36 tons per hectare. In all four periods (2021-2040، 2041-2060، 2061-2080 and 2081-2100), February 4 is recommended as the most suitable planting date to increase wheat yield in the Qazvin plain.

Keywords: AquaCrop, Climate change, LARS-WG, Simulation, Yield

[1] MSC Student, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
[2] Professor, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran (*Corresponding author: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)
[3]Associate Professor, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
Received: 17 Jun 2023
Accepted: 5 Oct 2023