

بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر - تعرق و نیاز آبی گندم در منطقه‌ی بجنورد

سمیرا یارمحمدی^۱، مهدی ذاکری نیازی^{۲*}، خلیل قربانی^۳، افشین سلطانی^۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۱۹

چکیده

به منظور شناخت بیشتر نسبت به تاثیرات پدیده‌ی تغییر اقلیم جهانی، در تحقیق پیش رو اثر تغییرات اقلیمی بر تبخیر- تعرق و نیاز آبی گندم‌های دیم و آبی در منطقه‌ی بجنورد مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، فراسنجهای هواشناسی حداقل و حداکثر دما، بارش و تابش روزانه طی سالهای ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ از اداره‌ی هواشناسی اخذ، و به عنوان داده‌های مشاهده‌ای به نرم افزار LARS-WG وارد شدند. فراسنجهای دما و بارش منطقه‌ی بجنورد با استفاده از شبیه ساز گردش عمومی HadCM3 و تحت نمایشنامه‌های انتشار A1B، A2 و B1 برای سه دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۷۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ تولید شده، و با استفاده از نرم افزار LARS-WG5 ریزمقیاس شدند. از شبیه ساز SSM-WHEAT، که دارای قابلیت تغییر در تاریخ کشت می‌باشد، برای شبیه سازی رشد گندم استفاده شد. نتایج تغییر اقلیم حاکی از آن بودند که به طور کلی، دمای منطقه تا سال ۲۱۰۰ در تمام ماههای سال روند افزایشی خواهد داشت. همچنین اندازه‌ی بارندگی در دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس افزایش، اما در آوریل، می، آگوست و سپتامبر کاهش می‌یابد. نتایج شبیه سازی با SSM-WHEAT نیز نشان دادند که به خاطر کاهش در طول فصل رشد گندم، اندازه‌ی تبخیر- تعرق گندم به‌طور کلی تا سال ۲۱۰۰ کاهش می‌یابد، اما تبخیر- تعرق طی فصل رشد در تاریخ کشتهای دیرتر در دیم‌کاری کاهش و در کشت آبی افزایش می‌یابد. با کاهش اندازه‌ی تبخیر- تعرق، نیاز خالص آبیاری نیز تا پایان قرن حاضر کاهش می‌یابد، اما در هر دوره‌ی زمانی با جابه‌جایی تاریخی کشت به سمت اواخر پاییز، بر مقدار آن افزوده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، شبیه ساز گردش عمومی، گندم، تبخیر- تعرق، نیاز آبی.

^۱ کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی

^۲ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
شماره همراه: ۰۹۱۱۱۷۷۳۲۶ Email: a_zakerinia@yahoo.com

^۳ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۴ استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

اقلیم بیانگر وضعیت متوسط آب و هوا در یک منطقه است که به طور معمول ثابت و قابل پیش بینی است. تغییرات بلندمدت شرایط عمومی آب و هوایی زمین، تغییر اقلیم نامیده می شود. با اینکه تغییرات رونددار یا احتمالی اقلیم در طول تاریخ همواره وجود داشته است، ولی با آغاز انقلاب صنعتی و افزایش استفاده از سوخت های فسیلی و در نهایت با افزایش دی اکسید کربن در جو زمین، تغییرات اقلیم در نقاط مختلف دنیا محسوس شده است. دلیل اصلی بالا رفتن دمای هوای کره زمین متراکمتر شدن گازهای گلخانه ای است. این گازها مانند یک صافی یکسو، تابش های خورشیدی را به جو زمین منتقل نموده ولی تابش های موج بلند ساطع از زمین را به تله می اندازند و همین عمل موجب افزایش دمای جو زمین گردیده است. افزایش گازهای گلخانه ای مخصوصاً گاز CO₂ در نتیجه ی مصرف سوخت های سنگواره ای در چند دهه ی اخیر موجب شده که غلظت آن از ۲۸۰ ppm در سال ۱۷۵۰ به ۳۹۰ ppm در سال ۲۰۱۱ افزایش یابد. گزارش های IPCC^۵ حاکی از آن است که در صورت ادامه ی روند کنونی مصرف این سوخت ها، غلظت این گاز تا قبل از پایان قرن ۲۱ می تواند به بیش از ۹۰۰ ppm برساند. این در حالی است که اگر انتشار این گازها کاهش نیابد، افزایش متوسط دمای سطحی زمین تا سال ۲۱۰۰ می تواند به ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی گراد رسیده و باعث پدیده ی تغییر اقلیم (تغییر چرخه ی آب و کاهش یا افزایش بارش، تبخیر سریع تر و وقوع خشکسالی ها و سیلاب ها) شود (IPCC, 2013). از این رو مسئله تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره زمین و پیامدهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولتمردان و سیاستمداران را نیز در سرتاسر دنیا به خود جلب کرده است (عزیزی و روشنی، ۲۰۰۸). لپ و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تغییرات اقلیمی در حوضه ی ساسکچوان^۶ در جنوب غربی کانادا دریافتند که در آینده بارش ها در فصل های پاییز و زمستان افزایش و در تابستان (با تغییر پذیری بیشتری نسبت به

زمستان) کاهش می یابد. همچنین، چری (۲۰۱۳) در حوضه ی بالادست نیل در اتیوپی اثرات تغییر اقلیم را بر آب شناسی و منابع آب را بررسی کرده و نتیجه گرفت که مقادیر بارش در دوره آینده برای فصل های بهار و تابستان بین ۳۶٪- تا ۱٪+ و در فصل زمستان ۸٪- تا ۱۲۶٪+ تغییر خواهند کرد. کاتفورث و همکاران (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند که دمای حداقل و حداکثر در منطقه جنوبی سا سکچوان کانادا از سال ۱۹۵۰ به بعد در اواخر زمستان و اوایل بهار افزایش داشته است. در تحقیق دیگری که به وسیله ی منتظری و فهمی (۲۰۰۳) در کشورمان انجام شده است، بررسی آثار تغییر اقلیم بر منابع آب کشور با استفاده از طرحواره های مختلف تغییر اقلیم نشان داد که افزایش دما در حدود ۲ تا ۶ دهم درجه ی سلسیوس موجب ۶ تا ۱۲ درصد افزایش در تبخیر سی حوضه خواهد شد. عباسی و همکاران (۲۰۱۰) نیز ضمن پژوهشی تغییر اقلیم ایران را در دهه های آینده تا سال ۲۱۰۰ برر سی کردند. نتایج شبیه سازی اقلیمی ایشان براساس دو شبیه ساز گردش عمومی جو ECHAM4 و HadCM2 نشان دادند که در مجموع، میانگین دمای کشور تا سال ۲۱۰۰ به میزان ۳ تا ۳/۶ درجه ی سانتیگراد افزایش خواهد یافت. پدیده ی دگرگونی اقلیم می تواند با تغییر در میزان تبخیر- تعرق گیاهان و مدت، شدت و زمان بارش ها، عملکرد محصولات، همچنین تقاضای آب را در بخش کشاورزی تحت تأثیر قرار دهد. فرشی و امداد (۱۹۹۹) اثر افزایش دما را بر افزایش تبخیر- تعرق بالقوه گیاهان در سه اقلیم عمده کشور (فراخشک سرد، فراخشک معتدل و نیمه خشک سرد) مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که در اقلیم فراخشک سرد و معتدل تا افزایش ۲ درجه ای دما، به ازای هر درجه نیاز آبی ۷٪ افزایش می یابد، پس از آن این افزایش در اقلیم فرا خشک سرد ۱۰٪ و در اقلیم فراخشک معتدل ۵٪ می گردد. در اقلیم نیمه خشک سرد شدت افزایش نیاز آبی تا افزایش ۳ درجه، ۴٪ و پس از آن به ۵٪ رسیده است. رد ریگز و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از شبیه سازی نیاز آب آبیاری، افزایش حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد نیاز آبی فصلی گیاهان زراعی در دهه ۲۰۵۰ را بر

⁷ scenario

⁵ Intergovernmental Panel Climate Change

⁶ Saskatchewan

دسترسی به مواد غذایی و اثرات تغییر دما و آب قابل دسترس گیاه دگرگون می‌شود. هماهنگی اثرات غلظت بالای CO₂ بر تبخیر- تعرق نیازمند تلفیق یک شبیه سازی پویای گیاهی است (باتز و کانزویچ، ۲۰۰۸).

در شبیه ساز گیاهی SSM-WHEAT (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲)، روابط آب، خاک، گیاه و تنشهای احتمالی به خوبی شبیه سازی شده و نیز تبخیر-تعرق با روابط جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. در تحقیقات مشابهی که در زمینه‌ی گندم انجام شده است، از شبیه سازهای گیاهی مختلفی در جهت پیش بینی رشد گندم استفاده شده، مانند نرم افزار CROPWAT در پژوهش روی و همکاران (۲۰۰۸) و یا نرم افزار CERES-WHEAT در پژوهش مظلوم زاده و همکاران (۲۰۱۴) و همچنین شبیه ساز SIMTAG در مقاله کوچکی و همکاران (۲۰۰۱)، اما با توجه به اینکه شبیه ساز SSM-WHEAT در کشور ایران طراحی و تدوین گردیده و شرایط اقلیمی این کشور نیز به خوبی در آن قابل شبیه سازی است، و نیز به شکل جامعی به بررسی شرایط رشد گندم می پردازد، در این پژوهش از آن به عنوان ابزار پیش بینی رشد گندم در سالهای آتی برای منطقه بجنورد استفاده شد. بررسی های سلطانی (۲۰۱۳) نیز نشان داده است که شبیه ساز SSM-WHEAT در مقایسه با سایر شبیه های رایج از جمله CropSyst، DSSAT و APSIM عملکرد گندم را به بهتر پیش بینی می کند.

استفاده‌ی بهینه از ذخایر آب شیرین در جهت بهبود عملکرد کشاورزی و نیز تلاش در جهت استحصال سود بیشتر از محصولات زراعی، ما را به سوی مطالعه و بررسی شرایط اقلیمی و آبی سالهای آتی سوق می دهد. با توجه به کمبود آبی که در سالهای اخیر اتفاق افتاده و نیز اهمیت محصول گندم به عنوان محصول زراعی اول استان خراسان شمالی، در این تحقیق به بررسی میزان تبخیر- تعرق و نیاز آبی آن در منطقه‌ی بجنورد پرداخته شده است.

مواد و روش ها

منطقه‌ی مورد مطالعه:

شهرستان بجنورد، مرکز استان خراسان شمالی از لحاظ موقعیت جغرافیایی در گستره‌ی شمال شرقی ایران واقع

اثر تغییر اقلیم پیش بینی نمودند. هارمسن و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مطالعه‌ای بارش، تبخیر-تعرق مرجع، کمبود بارش و کاهش نسبی عملکرد محصول را برای سه مکان در پورتوریکو^۸ تحت شرایط تغییر اقلیم برآورد کرده‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که بر اثر تغییر اقلیم، فصل بارش مرطوبتر و فصل خشک، خشکتر خواهد شد. همچنین نتایج آن‌ها نشان دادند که میزان تبخیر-تعرق نیز در ماههای خشک با کاهش بارندگی و افزایش دما افزوده خواهد شد.

کوچکی و همکاران (۲۰۰۱)، در مطالعه‌ای با بررسی رشد و نمو گندم بر اثر تغییرات اقلیمی تا سال ۱۴۰۰ با استفاده از شبیه ساز SIMTAG در شرایط مشهد نتیجه گرفتند که تغییر اقلیم از طریق افزایش دما باعث ۲۶ روز کاهش درطول دوره‌ی رشد گندم شده و عملکرد دانه گندم تا ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. همچنین پیش‌بینی شبیه ساز نشان داد که علیرغم افزایش درجه حرارت در سال ۱۴۰۰ و افزایش توان تبخیر، افزایش غلظت CO₂ موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای، و به دنبال آن کاهش تعرق می‌شود. این پدیده همراه با کوتاه تر شدن طول دوره‌ی رشد گندم در نهایت باعث کاهش آب مصرفی این گیاه در طی فصل رشد خواهد شد.

تغییر در تبخیر-تعرق، علاوه بر ذخیره رطوبتی خاک، به کارمایه در دسترس و باد سطح زمین نیز بستگی دارد. از جمله عوامل دیگری که بر تبخیر-تعرق واقعی اثر می گذارد، اثرات مستقیم غلظت دی‌اکسیدکربن جو بر فیزیولوژی گیاهان است. مقادیر سالانه‌ی تبخیر-تعرق تا اندازه ای به طول فصل رشد بستگی دارد. دی‌اکسیدکربن جو شامل دو مفهوم توان رقابتی برای تبخیر-تعرق در گیاهان می‌شود. از یک طرف غلظت بالای CO₂ می‌تواند باعث کاهش تبخیر شود، زیرا منافذ برگها که از طریق آن‌ها تعرق صورت می‌گیرد، برای جذب همان مقدار CO₂ برای سوخت و ساز نوری نیاز به باز شدگی کمتری دارند. در مقابل، غلظت بالای CO₂ می‌تواند رشد گیاه را افزایش دهد در نتیجه سطح برگ افزایش می‌یابد و بنابراین تعرق افزایش خواهد یافت. مقدار نسبی این دو اثر در میان انواع گیاهان و در پاسخ به سایر عوامل مانند

⁸ Puerto rico

گردش عمومی جو با محدودیت زمانی اجرا مواجه است؛ اما در روش آماری و در عرض چند ثانیه می توان ریز مقیاس نمایی آماری را برای یک پایگاه یا ایستگاه مشخص برای چندین ده سال انجام داد. روشهای آماری در مقایسه با روشهای دینامیکی، خصوصا موقعی که هزینه ی کمتر و ارزیابی سریع تر عوامل موثر بر تغییرات آب و هوایی مورد نیاز باشد، از مزیتها و قابلیت های بیشتری برخوردارند. از جمله نرم افزارهایی که در روشهای آماری استفاده می شوند می توان به CLIMGEN, WGEN, LARS-WG اشاره کرد. یکی از مشهورترین نرم افزارهای مولد داده های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، دماهای بیشینه و کمینه ی روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط تغییر اقلیم پایه و آینده به کار می رود. نسخه ی اولیه LARS-WG در بوداپست در سال ۱۹۹۰ به عنوان بخشی از طرح ارزیابی آسیب پذیری کشاورزی در مجارستان ابداع شد. در این نرم افزار از روش زنجیره ی مارکوف برای شبیه سازی رخداد بارش استفاده می شود (بابائیان و همکاران، ۲۰۱۰).

تحلیل آماری داده های هواشناسی:

برای بررسی داده های هواشناسی در دوره ی گذشته و داده های تولید شده برای دوره ی اقلیمی آینده، دو گروه آزمون بر روی داده ها انجام شد. گروه اول آزمون برای تشخیص روند در داده ها که با کاربرد آزمون ناپارامتریک من-کندال انجام شد، و گروه دوم برای مقایسه میانگین سری داده ها است که از آزمون مقایسه ی میانگینها یا آزمون t استفاده گردید. آزمونهای ناپارامتریک در روندیابی داده های آب شناسی و اقلیمی بسیار مفید و کارآمدند چرا که بسیاری از سربهای زمانی داده های مربوط به آب شناسی فاقد توزیع به هنجار بوده و از توزیع خاص دیگری نیز پیروی نمی کنند. مشخصه ی اصلی آزمونهای ناپارامتریک در نظر گرفتن رتبه ی داده ها به جای مقدار آنهاست. پس از اجرای شبیه سازی با شبیه ساز SSM-WHEAT برای بررسی و تحلیل بهتر نتایج آن، از آزمون مقایسه ی میانگینها (آزمون t) استفاده شد.

شده است. در این تحقیق از داده های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک فرودگاه بجنورد با ارتفاع متوسط ۱۰۷۰ متر از سطح دریا، با مشخصات عرض شمالی و طول شرقی ۳۷/۴۹ و ۵۷/۳۰ درجه استفاده شده است. بر مبنای دوره-ی آماری ۹۱-۱۳۶۱ میانگین بارندگی سالانه ۲۵۱/۴ میلیمتر، دمای بیشینه ی ۲۰ درجه ی سانتیگراد، متوسط دمای کمینه آن ۷ درجه ی سانتیگراد و نیز میانگین دمای سالانه ۱۳/۵ درجه ی سانتیگراد می باشد. اقلیم آن نیز نیمه خشک سرد می باشد.

گندم:

گندم یکی از گیاهان بومی مناطق خاور میانه و خاور نزدیک بوده و در سطحی حدود ۲۴۰ میلیون هکتار و تولید سالانه ی ۸۳۳ میلیون تن بیش از هر محصول دیگری در جهان کشت می گردد. گندم از عمده ترین محصولات کشاورزی ایران و تأمین کننده ی بیشترین نیاز غذایی کشور می باشد، و همچنین روزانه حدود ۴۷ درصد از کالری مصرفی سرانه کشور را تأمین می نماید (حسینی و همکاران، ۲۰۰۷). برآوردهای موجود نشان می دهد که نیاز سالانه ی کشور به گندم تا سال ۱۴۰۰ از مرز ۲۰ میلیون تن در سال خواهد گذشت، که حدود ۶۵-۷۰ درصد از این مقدار باید از اراضی آبی، و بقیه از اراضی دیم تأمین شود (فیض آبادی و همکاران، ۲۰۰۶).

شبیه ساز گردش عمومی جو:

شبیه ساز گردش عمومی استفاده شده در این پژوهش HadCM3 است که در مرکز تحقیقاتی HCCPR در انگلیس توسعه یافته است. شبیه ساز HadCM3 از نوع شبیه ساز-های گردش عمومی جفت شده ی جوی-اقیانوسی است که مخفف Hadley Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Model بوده و در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است. شبیه سازهای گردش عمومی جو، شرایط پستی و بلندی و پوشش سطحی و شرایط اقلیمی یکسانی را برای یک شبکه با ابعاد چندصد کیلومتری در نظر می گیرند، در حالی که ممکن است شرایط واقعی سطح زمین در محدوده ی مورد بحث کاملا متفاوت باشد. استفاده از شبیه سازهای دینامیکی برای ریزمقیاس نمایی خروجی شبیه سازهای

از سطح تعریف شده باشد و گیاه به مرحله پایان رشد دانه نرسد، آبیاری انجام می‌شود. تعداد دفعات آبیاری نیز محاسبه می‌گردد. آب آبیاری اضافه شده به خاک حاصل اختلاف بین کل آب قابل تعرق خاک) و ATSW در ناحیه‌ی ریشه است:

$$IRGW = TTSW - ATSW \quad (3)$$

شبیه‌سازی در SSM-WHEAT

دمای هوا، میزان تابش خورشیدی و بارش از جمله فراسنج‌هایی به شمار می‌روند که بر رشد ونمو گیاهان اثر می‌گذارند. در نرم افزار SSM-WHEAT از این فراسنج‌ها برای شبیه‌سازی شرایط رشد گیاه استفاده می‌شود. لذا از داده‌های آب و هوایی منطقه‌ی بجنورد مربوط به سالهای ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ بهره‌وری گردید و با کاربرد نرم افزار لارس برای دوره‌های آینده نیز، داده تولید شد. سپس با وارد کردن پرونده‌ی آب و هوای هر دوره‌ی شبیه‌سازی به عنوان ورودی، و قرار دادن مقدار دی اکسیدکربن جو (با توجه به طرحواره‌ی انتخاب شده) (2013, IPCC) و مختصات جغرافیایی منطقه‌ی بجنورد و مقادیر عامل زهکشی و شماره منحنی خاک (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲)، فراسنج‌های ورودی نرم افزار برای منطقه تکمیل گردیدند (جدول ۱). تعیین بهترین زمان برای کاشت در دوره‌های آینده، کمک شایانی را در جهت کم کردن اثر سوء تغییرات اقلیمی می‌کند؛ لذا در این پژوهش ۷ طرحواره‌ی تاریخ کشت برای منطقه تعریف شد تا با مقایسه آن‌ها بتوان برای دوره‌های آینده زمان کشت مناسب را در جهت به دست آوردن بهترین عملکرد تعیین کرد. با توجه به اینکه زمان معمول کشت گندم در منطقه‌ی بجنورد از اول مهر تا نیمه آبان است، بازه‌ی زمانی ۱۵ شهریور تا ۱۵ آذر برای تعیین طرحواره‌های کشت مشخص شد که کل این بازه را به خوبی پوشش دهد (جدول ۲).

نتایج و بحث

آشکار سازی پدیده‌ی تغییر اقلیم در بجنورد:

روند تغییرات دما و بارش در منطقه به دو صورت ۹۰ ساله و سه دوره‌ی سی ساله بررسی شد. برای هر دوره سی ساله ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱

شبیه ساز آب و هوا محصول SSM-WHEAT:

شبیه ساز SSM-Wheat (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲) یک نرم افزار ساده برای شبیه‌سازی رشد گندم می‌باشد که با کمک آن می‌توان تولید این گیاه و محدودیت‌های ژنتیکی، محیطی و مدیریتی در تولید آن را تجزیه و تحلیل کرد. موازنه‌ی آب- خاک شامل رواناب، رشد ریشه و افزایش عمق مؤثر استخراج آب، تبخیر از سطح خاک، تعرق و زهکشی و نیز اثرات تنش کمبود آب و غرقابی بر گسترش سطح برگ، تولید ماده‌ی خشک و تجمع نیتروژن شبیه سازی شده و به اطلاعات قابل دسترس درباره‌ی هوا (حداقل و حداکثر دما، تشعشع خورشیدی یا تعداد ساعات آفتابی روزانه و بارندگی روزانه) و خاک نیاز دارد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

محاسبه‌ی تبخیر- تعرق بالقوه

برای پیش‌بینی تبخیر- تعرق بالقوه از روش پریستلی تیلور (۱۹۷۲) اصلاح شده به وسیله‌ی ریچی (۱۹۹۸) استفاده شد. در این روش ابتدا تبخیر- تعرق معادل (EEQ) از بازتاب (ALBEDO) سطح (خاک و گیاه زراعی)، میانگین دمای هوا در طی روز (TD) و تشعشع خورشیدی روزانه (SRAD) به دست می‌آید:

$$EEQ = SRAD \times (0.004876 - 0.004374 \times ALBEDO) \times (TD + 29) \quad (1)$$

میانگین دمای هوای روزانه از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود که در آن وزنه‌ی بیشتری به حداکثر دمای روزانه داده شده است:

$$TD = 0.6 \times TMAX + 0.4 \times TMIN \quad (2)$$

تشعشع خورشیدی با کاربرد برنامه‌ی srad-calc برای هرروز محاسبه شد. این برنامه مقدار تشعشع خورشیدی را بر مبنای ساعت آفتابی، عرض جغرافیایی محل و همچنین روز سال (DOY) محاسبه می‌کند (روز سال براساس سال میلادی).

آبیاری

آبیاری در شرایط کشت آبی محاسبه می‌شود. در این شرایط اگر FTSW (نسبت کسر آب قابل تعرق واقعی خاک) (ATSW) به کل آب قابل تعرق خاک (TTSW) کمتر

جدول ۱- اطلاعات زراعت و خاکشناسی ورودی به نرم افزار SSM-WHEAT

عامل زهکشی	تعداد لایه های خاک	بازتاب خاک	CN خاک	بافت خاک	نوع آبیاری	تراکم کشت (بوته در مترمربع)	رقم گندم	نوع کشت
۰/۵	۶	۰/۱۲	۷۰	لوم سیلتی	خودکار	۵۰۰	تجن	آبی
۰/۵	۶	۰/۱۳	۷۰	متوسط شنی	بدون آبیاری	۳۰۰	کوهدشت	دیم

جدول ۲- طرحواره های تعریف شده براساس تاریخ کاشت

تاریخ شمسی	۱۵ شهریور	۳۱ شهریور	۱۵ مهر	۳۰ مهر	۱۵ آبان	۳۰ آبان	۱۵ آذر
کد	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7

بارش :

نتایج بررسی ها نشان می دهد که مطابق طرحواره های A1B، A2، و B1 میانگین مجموع بارندگی های سالانه به ترتیب در دوره ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱، +۷، +۱۱ و +۲ درصد و در دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱، -۵، -۱۲ و -۵ درصد و در نهایت در دوره ی ۲۱۰۰-۲۰۷۱، -۶، -۱۷ و -۸ درصد تغییر خواهد کرد. یعنی به طور کلی در دوره ی پایانی شبیه سازی (۲۰۷۱-۲۱۰۰) فقط کاهش بارش ها مشاهده می شود.

همچنین، بر اساس مقایسه ی داده های تولید شده تحت طرحواره های اقلیمی مختلف به این ترتیب استنباط می شود که به طور تقریبی، مقدار بارندگی تحت هر سه طرحواره، در فصول سرد سال به خصوص ماههای دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس افزایش یافته، و در ماههای گرم سال به خصوص آوریل، می، آگوست و سپتامبر کاهش می یابد. بررسی وضعیت بارندگی منطقه در یک بازه ی ۹۰ ساله تا سال ۲۱۰۰، نشان داد که طبق طرحواره ی A1B، متوسط بارندگی سالانه در بجنورد ۳/۶ میلی متر کاهش، بر اساس طرحواره ی A2، ۴/۳۲ میلی متر افزایش و مطابق طرحواره ی B1، ۸/۹ میلی متر کاهش خواهد یافت. آشفته و مساح (۲۰۱۰) نیز در تحقیق خود در مورد بارش به نتیجه ی مشابهی دست یافتند (شکل ۳).

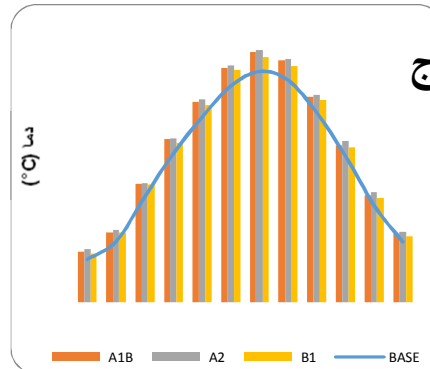
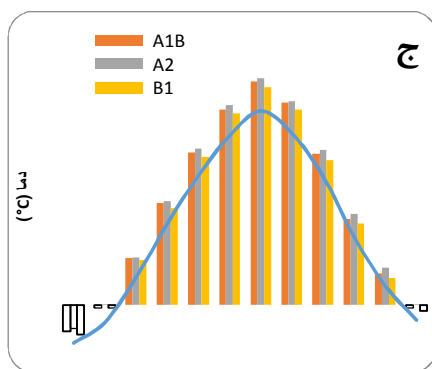
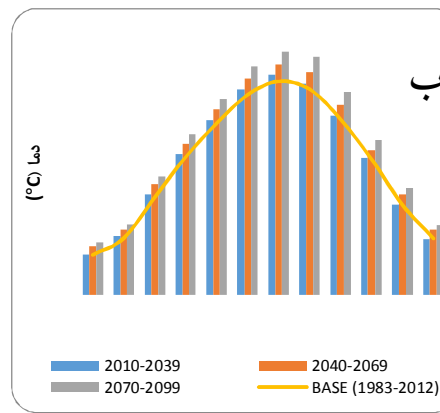
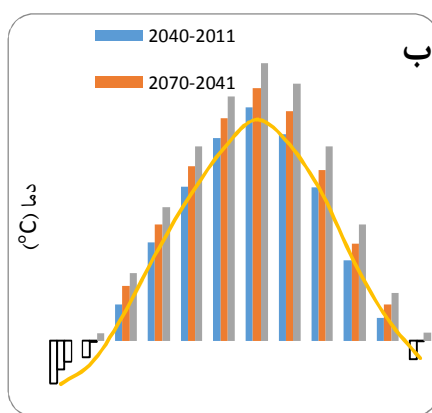
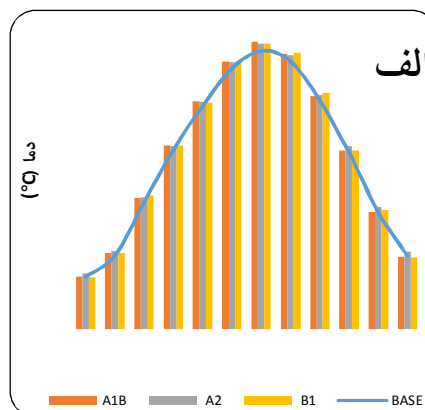
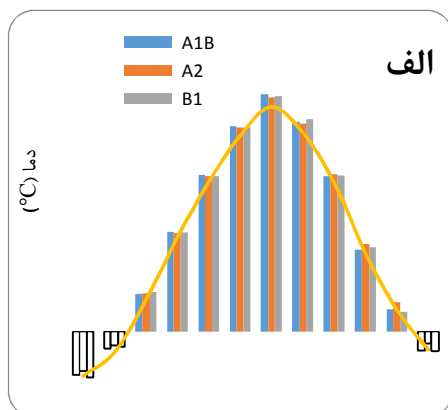
تبخیر - تعرق گندم:

با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه سازی، در کشت دیم از اولین تا آخرین تاریخ کشت، میزان تبخیر -

روند تغییرات میانگین دماهای حداقل و حداکثر، و نیز مجموع بارندگی ماهانه با سه طرحواره ی اقلیمی مقایسه شد.

دمای حداکثر و حداقل روزانه:

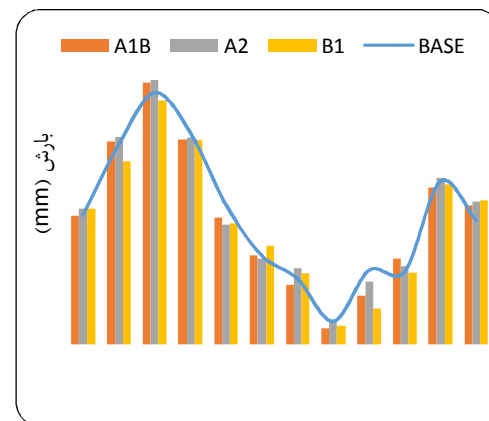
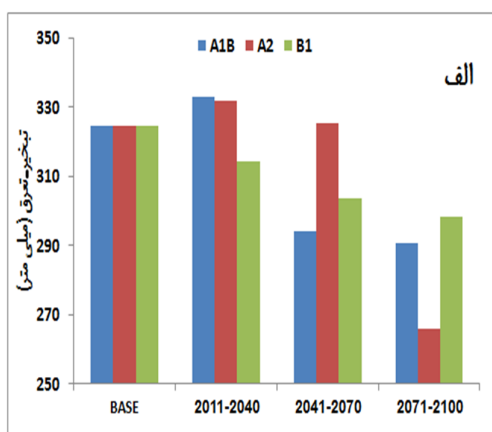
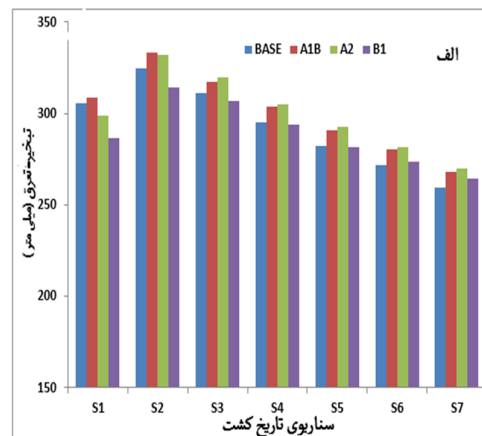
در آزمون T-student برای سه دوره ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ و ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ و نیز کل دوره ی ۹۰ ساله در تمامی ماهها اختلاف معنی داری میان داده های مشاهداتی و تولید گردیده تحت طرحواره های اقلیمی مشاهده شد و همچنین آزمون من-کندال روند مثبتی را در طی دوره ی ۹۰ ساله نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده حداکثر دمای منطقه براساس طرحواره ی A1B، ۱/۸ درجه، مطابق طرحواره ی A2، ۲/۱ درجه و با طرحواره ی B1 ۱/۴ درجه تا سال ۲۱۰۰ افزایش خواهد یافت. حداقل دمای منطقه ی بجنورد نیز تا سال ۲۱۰۰، مطابق طرحواره ی A1B، ۱/۹ درجه، طرحواره ی A2، ۲/۲ درجه و براساس طرحواره ی B1، ۱/۵ درجه افزایش خواهد یافت. این افزایش دما با نتایج تحقیق روشن و همکاران (۲۰۱۲) که با استفاده از ۲۰ شبیه ساز گردش عمومی تغییر اقلیم را در کل کشور بررسی کرده اند، و نیز نتیجه ی تحقیق با بائیان و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از شبیه ساز ECHO-G، مطابقت دارد (شکل ۱ و ۲).



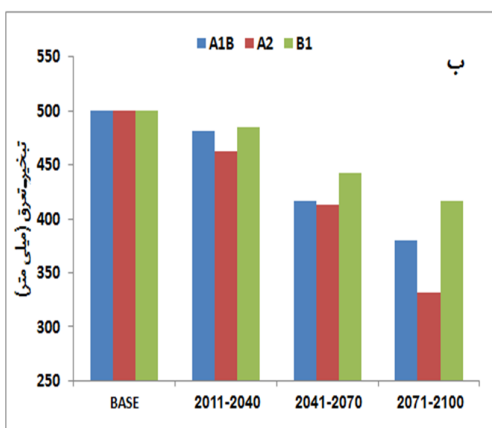
شکل ۲- روند تغییرات میانگین ماهانه‌ی حداقل دمای روزانه: الف- در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ تحت سه طرحواره‌ی مختلف ب- تحت طرحواره‌ی A1B در دوره‌ی های مختلف ج- تحت طرحواره‌های مختلف در دوره‌ی طولانی مدت ۲۰۱۰-۲۰۱۱

شکل ۱- روند تغییرات میانگین ماهانه‌ی حداکثر دمای روزانه: الف- در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ تحت سه طرحواره‌ی مختلف ب- تحت طرحواره‌ی A1B در دوره‌های مختلف ج- تحت های مختلف در دوره‌ی طولانی مدت ۲۰۱۰-۲۰۱۱

انتهایی، گیاه مدت زمان بیشتری را در روزهای گرم سال به حیات خود ادامه می‌دهد، تبخیر-تعرق بیشتری هم رخ می‌دهد. در اینجا مقدار آب قابل دسترس گیاه، میزان تبخیر-تعرق گیاه را تعیین می‌کند. قربانی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهش مشابهی روند تغییرات تبخیر-تعرق سویا در منطقه‌ی گرگان را در تاریخ‌های کشت دیرتر از موعد برای کشت آبی (به جز دو تاریخ کشت آخر) و دیم، به صورت کاهشی بیان کردند. اما سلیمانی نندگانی و همکاران (۲۰۱۲) ضمن بررسی نیاز آبی گندم دیم در شرایط تغییر اقلیم، بیان داشتند که تبخیر-تعرق گندم در تاریخ‌های کشت دیرتر افزایش خواهد داشت (شکل ۴).

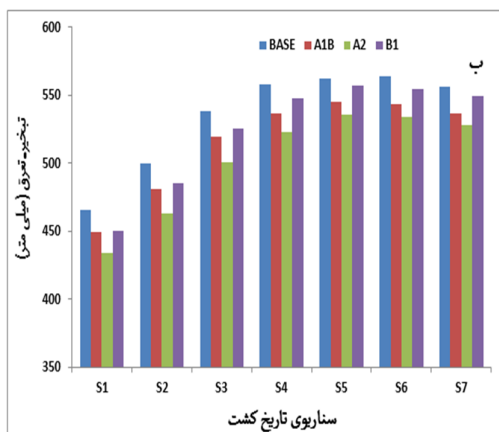
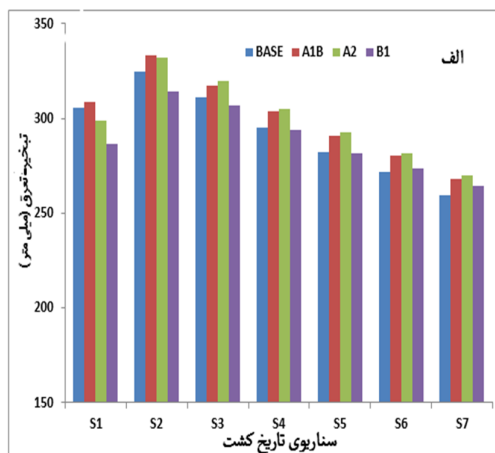


شکل ۳- تغییرات میانگین بارش ماهانه در دوره‌ی پایه و دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۱۰۰ تحت سه طرحواره



شکل ۴- میزان کل تبخیر-تعرق طی دوره‌ی رشد در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ در: الف- کشت دیم ب- کشت آبی

تعرق واقعی رو به کاهش است. با توجه به شکل ۴، در طول دوره‌ی کشت، با انتخاب طرحواره‌های کشت دیرنگام، طول دوره‌ی حیات گیاه شامل روزهای گرم و کم باران بیشتری می‌شود و به همین دلیل در تاریخ‌های کشت انتهایی فصل پاییز از میزان تبخیر-تعرق کم خواهد شد، زیرا میزان آب کمتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در کشت آبی با انتخاب طرحواره‌های تاریخ کشت مربوط به انتهایی فصل پائیز بر میزان تبخیر-تعرق دوره رشد گیاه افزوده می‌شود، به طوری که در آخرین تاریخ کشت نسبت به اولین، از ۸۸ تا ۱۱۱ میلی‌متر افزایش دیده می‌شود. دلیل این پدیده آن است که در کشت آبی به دلیل آبیاری به موقع، گیاه آب قابل دسترس بیشتری را در اختیار دارد و همان‌گونه که در کشت‌های



شکل ۵- میزان تبخیر-تعرق دوره‌ی رشد طی سالهای آتی تحت طرحواره‌های مختلف در: الف- کشت دیم ب- کشت آب

مشاهده می‌شود. دلیل این پدیده آن است که در تاریخ کشت‌های دیرتر، مرحله رشد میانی گیاه که حداکثر تبخیر-تعرق را دارد و نیز قسمت انتهایی رشد گیاه در روزهایی با دمای بالاتر و میزان بارش کمتر قرار می‌گیرد، بنابراین نیاز آبی آن افزایش پیدا می‌کند. به همین ترتیب، تعداد دفعات آبیاری نیز از طرحواره‌ی کشت اول تا آخرین آن رو به افزایش است و در بازه‌های زمانی متفاوت و طرحواره‌های اقلیمی مختلف بین ۲۵ تا ۷۵ درصد تغییر می‌کند (شکل ۶).

نتایج حاصل از شبیه‌سازی براساس طرحواره‌های اقلیمی نشان می‌دهد که میزان آب مورد نیاز آبیاری از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۱۰۰ رو به کاهش است، و نیز در آزمون

در کشت دیم به‌طور کلی نمودارها حاکی از کاهش میزان تبخیر-تعرق در یک تاریخ کشت مشخص طی سالهای آینده تا سال ۲۱۰۰ است، اما به جز مقادیر تبخیر-تعرق در تاریخ کشت‌های اول و دوم (۱۵ و ۳۱ شهریور) در سایر تاریخ‌های کشت، در تمامی دوره‌ها، در انجام آزمون مقایسه‌ی میانگین‌های دما و بارش (جدول ۳ و ۴) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ در نتیجه، تبخیر-تعرق نیز اختلاف معنی‌داری را نسبت به دوره پایه نشان نخواهد داد. بررسی نمودارهای حاصل از نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد به استثنای دوره‌ی اول شبیه‌سازی تحت طرحواره‌ی A1B و B1، در تمامی دوره‌های زمانی دیگر، در کشت آبی تبخیر-تعرق در دوره‌ی رشد گیاه کاهش یافته، و با تبخیر-تعرق دوره‌ی پایه اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. در تمامی دوره‌ها و طرحواره‌های کشت، کمترین میزان تبخیر-تعرق پیش‌بینی شده مربوط به طرحواره‌ی A2، و بیشترین آن مربوط به طرحواره‌ی B1 است. طرحواره‌ی A2 اقلیم آینده را با مقدار دی‌اکسید کربن محیطی بیشتری شبیه‌سازی می‌کند، که این افزایش غلظت CO2، باعث کاهش هدایت روزنه‌ای در برگ‌های گندم شده و تعرق را کاهش می‌دهد. همچنین، با توجه به بخش اول این پژوهش، طرحواره‌ی A2 بیشترین افزایش دما را برای آینده منطقه بجنورد نسبت به دو طرحواره‌ی اقلیمی دیگر پیش‌بینی می‌کند، که این افزایش دما باعث کوتاه‌تر شدن دوره‌ی رشدی گیاه می‌شود. بنابراین تبخیر در طول دوره‌ی رشد کاهش می‌یابد، و در مجموع دو پدیده‌ی تبخیر و پدیده‌ی تعرق باعث کاهش تبخیر-تعرق کلی گیاه شده است. سلطانی و قلی‌پور (۲۰۰۶)، ضمن تحقیقی تأثیر همزمان افزایش دما و غلظت CO2 را در مورد نخود بررسی کرده و نتیجه گرفتند که در دوره‌های آبی میزان آب مصرفی گندم دیم و آبی بین ۶ تا ۱۵ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۵).

میزان آب آبیاری مورد نیاز در زراعت آبی:

مشاهده‌ی نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روند تغییرات میزان آب مورد نیاز آبیاری طی دوره‌ی کشت از ۱۵ شهریور تا ۱۵ آذر، افزایشی است. به طوری که در بازه‌های زمانی متفاوت بین ۱۰۰ تا ۱۴۷ میلی‌متر افزایش نسبت به تاریخ کشت اول (۱۵ شهریور)

جدول ۳- نتایج آزمون من-کندال و شیب خط "سن" برای میانگین ماهانه دمای روزانه

ماه	دوره گذشته شبیه سازی شده		دوره آتی تحت طرحواره- A2		دوره آتی تحت طرحواره- A1B		دوره آتی تحت طرحواره- B1	
	شیب روند	P_value	شیب روند	P_value	شیب روند	P_value	شیب روند	P_value
۱	۰/۰۰۵	۰/۶۶۸	۰/۰۰۷	۰/۶۵۵	۰/۰۰۸	۰/۶۹۵	۰/۰۰۲	۰/۹۷۲
۲	-۰/۰۰۴	۰/۷۳۴	-۰/۰۰۶	۰/۶۹۵	-۰/۰۰۵	۰/۷۰۸	-۰/۰۰۷	۰/۸۸۷
۳	۰/۰۱۱	۰/۵۴۴	۰/۰۱۱	۰/۴۵۴	۰/۰۱	۰/۴۶۴	۰/۰۳۹	۰/۰۲۰*
۴	-۰/۰۰۲	۰/۸۵۸	-۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۰۹	۰/۹۵۷	-۰/۰۰۸	۰/۶۰۵
۵	۰/۰۰۸	۰/۴۹۷	۰/۰۱۲	۰/۳۸۲	۰/۰۱۲	۰/۳۲۶	۰/۰۰۹	۰/۵۰۹
۶	-۰/۰۰۲	۰/۹۰۱	-۰/۰۰۲	۰/۸۳۰	-۰/۰۰۳	۰/۸۳۰	۰/۰۱۵	۰/۲۲۵
۷	-۰/۰۰۹	۰/۴۴۲	-۰/۰۱۰	۰/۳۴۴	-۰/۰۱۱	۰/۳۷۲	-۰/۰۰۷	۰/۶۱۷
۸	-۰/۰۰۲	۰/۷۷۵	-۰/۰۰۶	۰/۸۳۰	-۰/۰۰۵	۰/۸۷۲	۰/۰۲۴	۰/۰۹۴
۹	۰/۰۱	۰/۶۶۸	۰/۰۰۹	۰/۷۲۱	۰/۰۱۰	۰/۶۱۷	-۰/۰۲۵	۰/۲۲۵
۱۰	-۰/۰۱۷	۰/۳۲۶	-۰/۰۱۴	۰/۳۰۹	-۰/۰۰۷	۰/۵۹۲	۰/۰۰۲	۰/۹۱۵
۱۱	۰/۰۴	۰/۰۵۰*	۰/۰۴۱	۰/۰۵*	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵*	۰/۰۲	۰/۰۹۴
۱۲	۰	۱	۰/۰۰۳	۰/۹۸۶	۱	۱	۰/۰۱	۰/۶۴۳

*معنی داری در سطح ۵ درصد

جدول ۴- نتایج آزمون من-کندال و شیب خط "سن" برای داده های میانگین بارش ماهانه

ماه	دوره گذشته شبیه سازی شده		دوره آتی تحت طرحواره A1B		دوره آتی تحت طرحواره A2		دوره آتی تحت طرحواره B1	
	شیب روند	P_value	شیب روند	P_value	شیب روند	P_value	شیب روند	P_value
۱	۰/۰۱۳	۰/۵۰۹	۰/۲۱	۰/۳۸۲	۰/۱۹۰	۰/۳۶۳	۰/۲۲۷	۰/۲۴۶
۲	-۰/۱۲۵	۰/۸۳	-۰/۲۲۶	۰/۶۱۷	-۰/۰۲۰	۰/۵۸۰	-۰/۰۸۴	۰/۸۷۲
۳	۰/۳۳۳	۰/۶۳	۰/۳۲	۰/۶۶۹	۰/۳۴	۰/۶۸۲	-۰/۱۵	۰/۸۸۷
۴	۰/۲۱۷	۰/۵۵۶	۰/۲۶۵	۰/۶۱۷	۰/۲۶۵	۰/۶۱۷	۰/۰۷۳	۰/۹۲۹
۵	۰/۰۲۰	۰/۵۴۴	۰/۲۲۸	۰/۴۹۸	۰/۲۴۴	۰/۴۷۵	-۰/۲۳۱	۰/۶۱۷
۶	-۰/۰۸	۰/۷۶۱	-۰/۰۸۴	۰/۷۸۹	-۰/۱۴	۰/۷۳۴	-۰/۲۸۴	۰/۴۰۱
۷	۰	۰/۸۹۹	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۹۱۲
۸	۰	۰/۴۹۱	۰	۰/۵۹۷	۰	۰/۵۹۷	۰	۰/۱۳۶
۹	۰/۵۵۶	۰/۰۵*	۰/۵۵۳	۰/۰۱۸*	۰/۵۵۲	۰/۰۰۹*	۰	۰/۶۸۹
۱۰	۰/۲۰۸	۰/۲۶۰	۰/۱۶۴	۰/۶۰۵	۰/۲۱۱	۰/۲۴۶	۰/۱۴۷	۰/۴۷۵
۱۱	۰/۸۰	۰/۰۲*	۰/۸۵۸	۰/۰۰۹*	۰/۸۱	۰/۰۱۴*	۰/۸۲۲	۰/۰۴۲*
۱۲	-۰/۰۶۳	۰/۷۶۱	-۰/۱۳۱	۰/۷۰۸	-۰/۱۴۴	۰/۶۹۵	۰/۴۷۵	-۰/۳۰۹

*معنی داری در سطح ۵ درصد

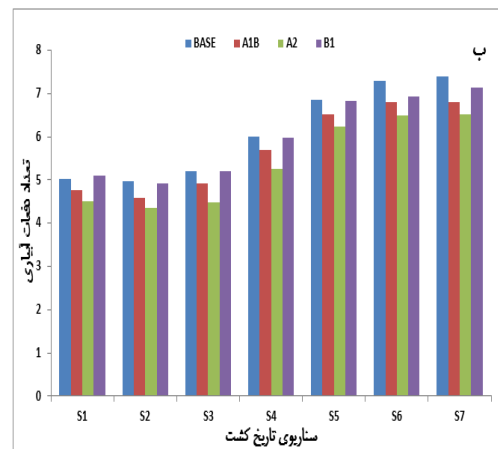
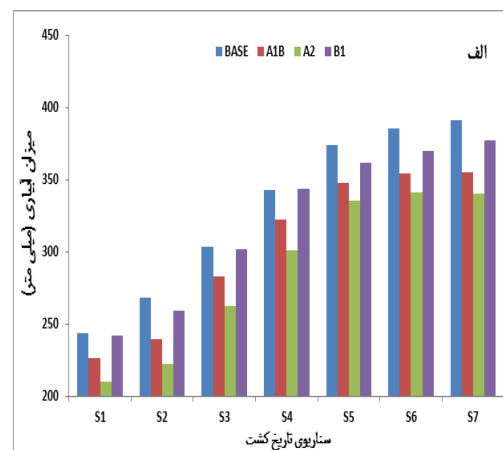
کمترین میزان آب مورد نیاز و نیز تعداد دفعات آبیاری مربوط به طرحواره ای اقلیمی A2، و بیشترین آن مربوط به طرحواره ای B1 است. آشفته (۲۰۱۲) تاثیر تغییر اقلیم را بر نیاز آبی محصولات زراعی در شبکه ای آبیاری آیدوغموش با کمک شبیه ساز گردش عمومی HadCM3

مقایسه ای میانگین ها اختلاف معنی داری را با دوره ای پایه نشان می دهد. این مسأله، مشابه تبخیر-تعرق به کوتاهتر شدن طول دوره ای رسیدگی گیاه مربوط می شود. مقایسه ای میزان آب مورد نیاز آبیاری در یک تاریخ کشت مشخص نشان می دهد که در میان طرحواره های اقلیمی،

اقلیمی انتشار میانگین حداقل دما و حداکثر دما افزایش خواهد یافت و این افزایش دما در طرحواره‌ی A2 بیشتر از دیگر طرحواره‌ها می‌باشد. طول دوره‌ی رسیدگی گندم در دوره‌ی اقلیمی آینده (۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰)، به دلیل گرم شدن هوا کاهش می‌یابد. براین اساس از میزان تبخیر-تعرق نیز تا سال ۲۱۰۰ کاسته خواهد شد. و نیاز خالص آبیاری در کشت آبی در دوره‌ی آینده رو به کاهش است. بنابراین، تغییر احتمالی اقلیم آینده در منطقه اثر نامطلوبی بر نیاز آبی محصول گندم نمی‌گذارد، اما برای قضاوت کلی در مورد شرایط کشت گندم پیشنهاد می‌گردد که مولفه‌ی عملکرد نیز با لحاظ تغییر در تاریخ کشت در کارهای مشابه مورد بررسی قرار گیرد. در ضمن، با توجه به بالا رفتن دمای منطقه و کاهش بارش بهتر است که در جهت ذخیره سازی منابع آبی و استفاده‌ی بهینه از آنها تدابیر لازم اتخاذ شود. زیرا در شرایط کنونی کشور، برداشت محصول بیشتر از سطح زیر کشت موجود، اقتصادی تر و مفیدتر از بالابردن سطح زیر کشت است. تغییر روشهای مدیریتی و انتخاب بهترین تاریخ کاشت و برداشت نیز می‌تواند در جهت بهینه سازی مصرف آب و عملکرد بهتر محصول، یاری رسان متخصصان و کشاورزان باشد.

منابع

- 1) Abbasi, F., Babaeian, A., Habibi Nokhandan, M., Goli Mokhtari, L. and Malbusi, Sh. 2010. Climate change assessment over Iran in the future decades using MAGICC-SCENGEN model. Journal of Physical geography research Quarterly. 42(72):91-110. (In Persian)
- 2) Ashofteh, p. 2012. Climate change impact on the crop water requirement using HADCM3 model in Aidoghmoush irrigaton network. Iranian journal of irrigation and drainage. 3 (6): 142-156. (In Persian)
- 3) Ashofteh, p. and Massah, bouani A.R. 2010. Impact of climate change on maximum discharge: case study of Aidoghmoush basin, east Azarbaijan. Journal of water and soil science. 14 (53): 25-39. (In Persian)
- 4) Azizi, Gh. and Roshani, M. 2008. Using Mann-Kendall test to recognize of climate change in caspian sea southern coasts. Journal of Physical



شکل ۶-الف- میزان آب آبیاری طی دوره‌ی رشد در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ ب- تعداد دفعات آبیاری طی فصل رشد در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱

بررسی کرده و نتیجه گرفته است که نیاز آبی گندم و جو طی سالهای ۲۰۳۹-۲۰۲۶ کاهش خواهد یافت. حجارپور و همکاران (۲۰۱۳) نیز ضمن بررسی رشد نخود نتیجه گرفتند که میزان آب مورد نیاز برای کشت آبی نخود تحت شرایط اثر ترکیبی افزایش دما و دوبرابر شدن غلظت CO₂، کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری:

بررسی تغییر اقلیم با کاربرد نرم‌افزار ریزمقیاس نمایی LARS-WG بر پایه‌ی شبیه ساز HADCM3 نشان می‌دهد که در منطقه‌ی بجنورد، تحت هر سه طرحواره‌ی

- group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 52p.
- 16) Kouchaki, A., Nasiri Mahallati, M., Sharifi, H., Zand A. and Kamali, Gh. 2001. A Simulation study for growth, phenology and yield of wheat cultivars under the doubled CO₂ concentration in Mashhad conditions. *Journal of biaban*, 6(2):117-128. (In Persian)
- 17) Lapp, S., Suachyn, D. and Wheaton, E. 2008. Future climate change scenarios for the south Saskatchewan River Basin. Institutional Adaptations to Climate Change Project.
- 18) Mazlounzadeh, S.M., Valizadeh, J. and Ziaei, S.M. 2014. Assessing climate change impacts on wheat production (a case study). *Journal of the Saudi society of agricultural sciences*. 13:107-115.
- 19) Montazeri, M. and Fahmi, H. 2003. The effects of climate change on water resources. The third regional conference on climate change, Isfahan. Iran meteorological organization. (In Persian)
- 20) Priestley, C.H.B. and Taylor, R.J., 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Mon. Weather Rev.* 100 (2), 81-92.
- 21) Ritchie, J.T. 1998. Soil water balance and plant water stress. In G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton (Eds), *Understanding Option for Agricultural Production*. Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands. pp. 41-54
- 22) Rodriguez, J., Weatherhead, J., Knox, W., and Camacho E. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir River Basin in Spain. *Regional Environmental Change*. 7:149-159.
- 23) Roshan, Gh., Khosh akhlagh, F. and Azizi, Gh. 2012. Assessment of suitable general atmosphere circulation models for forecasting temperature and precipitation amounts in Iran under condition of global warming. *Iranian journal of Geography and Development*. 10(27): 19-36. (In Persian)
- 24) Roy, K., Masudur R., Uthpal Kumar. 2009. Future Climate change and moisture stress: Impact on crop agriculture in South-Western Bangladesh. *Climate change and development*, 1(1).
- 25) Soleymani Nanadegani, M., Parsinejad M., Araghinejad, Sh. and Massah bavani, A. 2012. Study on Climate Change Effect on Net Irrigation Requirement and Yield for Rainfed Wheat (Case Study: Behshahr). *Journal of water and soil*. 25 (2): 389-397. (In Persian)
- 26) Soltani, A. and Gholipoor, M. 2006. Simulating the impact of climate change on growth, yield and water use of chickpea. *Journal of geography research Quarterly*. 64:13-28. (In Persian)
- 5) Babaeian, I., Nagafi Nik, Z., Zabol Abbasi, F., Habibi Nokhandan, M., Adab, H. and Malbusi, Sh. 2010. Climate change assessment over Iran during 2010-2039 by using statistical downscaling of ECHO-G model. *Iranian journal of Geography and Development*. 7 (16): 135-152. (In Persian)
- 6) Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and Palutikof, J.P. 2008. Climate change and water. Technical paper of the intergovernmental panel on climate change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp. 21-29.
- 7) Cherie, Z.N. 2013. Downscaling and modeling the effects of climate change on hydrology and water resources in the Upper Blue Nile River Basin, Ethiopia. Ph.D Thesis. Department of Civil Engineering University of Kassel.
- 8) Cutforth H.W., Woodvine R.J., McConkey B.G., Smith D.G., Jefferson P.G., and Akinremi O.O. 1999. Climate change in the semiarid prairie of Southwestern Saskatchewan: Late winter-early spring. *Can.J. Plant. Sci.* 79: 343- 353.
- 9) Farshi, A. and Emdad, M. 1999. Investigating the effect of increasing the temperature of the earth on increasing agricultural water consumption. The second regional climate change conference, Tehran. Iran meteorological organization. (In Persian)
- 10) Feyz Abadi A., Kouchaki A. and Nasiri Mahallati M. 2006. Evaluation of the 50-year changes in cultivated area, yield and production of cereals in Iran and predicting future situation. *Journal of plant researches*. 4(1): 49-69. (In Persian)
- 11) Ghorbani Kh., Zakeri nia M. and Hezar Jaribi A. 2013. The effect of climate change on water requirement of soybean in Gorgan. *Journal of Agricultural Meteorology*. 2(1): 60-72. (In Persian)
- 12) Hajarpour A., Soltani A., Zeinali E. and Sayyedi F. 2013. Simulating the impact of climate change on production of Chickpea in rainfed and irrigated condition of Kermanshah. *Journal of planet Production*. 20 (2): 235-252. (In Persian)
- 13) Harmsen E.W., Miller N.L., Schlegel N.J., and Gonzalez J.E. 2009. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *J. of Agricultural Water Management*. 96: 1085-1095.
- 14) Hosseini, M., Sioseh Mardeh, A., Fathi, P. and Sioseh mardeh M. 2007. Application of artificial neural network (ANN) and multiple regression for estimating assessing the performance of dry farming wheat yield in Ghorveh region, Kurdistan province. *Journal of agricultural research*. 7 (1): 41-54. (In Persian)
- 15) IPCC, 2013: Annex II: Climate system scenario tables [Prather, M., G. Flato, P. Friedlingstein, C. Jones, J.-F. Lamarque, H. Liao and P. Rasch (eds.)]. In: *Climate change 2013: The Physical science basis. Contribution of working*

agricultural sciences and natural resources 13(2): 69-79. (In Persian)

27) Soltani, A., and T.R. Sinclair, 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CAB International, Wallingford, UK.

28) Soltani, A. 2013. Parametric evaluation of SSM model for wheat cultivars in Golestan province. Research project report. Gorgan university of agricultural sciences and natural resources. 124 pages. (In Persian)