



بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی سویا در منطقه گرگان

خلیل قربانی^{۱*}، مهدی ذاکری نیا^۱، ابوطالب هزارجریبی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۰

چکیده

تغییر اقلیم باعث تغییراتی در الگوهای بارش و دما و مقدار آنها می‌شود و این تغییرات می‌تواند نیاز آبی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. بر این اساس تحقیقی صورت گرفت تا اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی گیاه سویا در منطقه گرگان بررسی شود. از مدل LARS-WG برای تولید داده‌های هواشناسی بارش و دما در دوره سی ساله آتی (۱۳۹۲ الی ۱۴۲۱) تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده و سپس این داده‌ها و همچنین داده‌های دوره پایه مشاهداتی (۱۳۶۴-۱۳۹۱) وارد مدل آب و هوا - محصول SSM شدند. با تعریف هشت سناریوی مختلف تاریخ کاشت با تأخیرهای زمانی ده روزه از اول خرداد ماه تا دهم مرداد ماه، تبخیر از سطح خاک، تعرق از گیاه و نیاز آبی سویا برای دو کشت آبی و دیم شبیه‌سازی شدند. آزمون مقایسه میانگین‌ها افزایش معنی‌داری را در بیشتر ماه‌های سال برای میانگین بیشینه و کمینه دماهای روزانه و در چند ماه سال برای میانگین بارش ماهانه تأیید می‌کنند. نتایج مدل آب و هوا و محصول نیز حاکی از آن است که در دوره آبی تبخیر از سطح خاک اندکی کاهش ولی تعرق از سطح گیاه اندکی افزایش می‌یابد، این افزایش برای کشت دیم مشهودتر، تا حدود ۱۵ درصد می‌باشد. تبخیر تعرق در دوره آبی برای کشت آبی تغییر محسوسی نخواهد داشت ولی در کشت دیم تا حدود ۱۰ درصد افزایش را نشان می‌دهد. در مجموع با توجه به رایج نبودن کشت دیم سویا در منطقه گرگان می‌توان اظهار داشت که تغییر اقلیم تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر نیاز آبی سویا نخواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، تبخیر تعرق، سویا، گرگان، نیاز آبی

مقدمه

انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو بدلیل صنعتی شدن و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد. هرگونه تغییر در وضعیت آب و هوای جهان، به طور مستقیم در تولید محصولات کشاورزی تأثیرگذار است. در زمینه بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر تعرق، نیاز آبی و عملکرد گیاهان مطالعاتی زیادی صورت گرفته است و با توجه به تأثیرات مختلف این پدیده بر روی دما و بارش در نقاط مختلف، گزارشات متفاوتی نیز ارائه شده است بطوری که در برخی از آنها کاهش و در برخی دیگر افزایش عملکرد و نیاز آبی گزارش شده است. ابراهیم‌پور و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل SIMETAW و سناریوهای تغییر اقلیم در ایستگاه مشهد نشان دادند که تبخیر تعرق پتانسیل به طور متوسط در دوره‌های ۲۰۲۰-۲۰۵۰ و ۲۰۸۰-۲۰۵۰ به ترتیب ۵/۳۵ و ۱۰/۴۹ میلی‌متر در ماه

اقلیم بیانگر وضعیت متوسط آب و هوا در یک منطقه است که به طور معمول ثابت و قابل پیش‌بینی است. تغییرات بلندمدت شرایط عمومی آب و هوایی زمین، تغییر اقلیم نامیده می‌شود. در اثر تغییر اقلیم متوسط متغیرهای آب و هوایی مانند دما و بارش ثابت نمانده و در مناطق مختلف تغییر می‌کند. یکی از دلایل اصلی تغییر اقلیم، افزایش

^۱ استادیار، بخش مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*نویسنده مسئول: ghorbani.khalil@yahoo.com)

^۲ دانشیار، بخش مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

زمان کاشت، طول دوره رشد و نیاز آبی گندم زمستانه در منطقه بهشهر به این نتیجه رسیدند که تحت شرایط تغییر اقلیم در آینده، دوره زمانی مناسب برای کاشت گندم بین ۹ تا ۲۷ روز افزایش و طول دوره رشد گیاه بین ۴ تا ۱۴ روز کوتاه‌تر خواهد شد. تبخیر تعرق گیاه در طول فصل رشد افزایش می‌یابد اما در مجموع تبخیر تعرق کل فصل رشد گیاه به دلیل کوتاه‌تر شدن دوره رشد کاهش خواهد یافت. در دیگر نقاط جهان نیز اثر تغییر اقلیم بر گیاهان و نیاز آبی آن‌ها بررسی شده است. بطور مثال کوروبو (۲۰۰۲) اثرات تغییر اقلیم را بر تولید حبوبات در مالدیو بررسی کرد و نتیجه گرفت که تغییر اقلیم که باعث افزایش گرمای جهانی شده منجر به وقوع خشکی در طول دوره‌های رشد گیاه خواهد شد و در منطقه مطالعاتی شرایط اقلیمی آینده بر تولید حبوبات و گندم زمستانه اثراتی منفی خواهد داشت. یو و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی روند تبخیر تعرق در شالیزارهای تایوان اعلام کردند تا سال ۲۰۵۰، حدود ۳ تا ۵ درصد به تبخیر تعرق برنج اضافه خواهد شد. رودیریگز دیاز و همکاران (۲۰۰۷)، با بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی در حوضه رودخانه جودالکویبر در اسپانیا نشان دادند که نیاز آبی یک فصل زراعی در دهه ۲۰۵۰ بین ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت. یانو و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر رشد و نیاز آبی گیاهان گندم و ذرت در ساحل شرقی دریای مدیترانه در ترکیه نتیجه گرفتند که بالا رفتن دما باعث افزایش سرعت رشد فیزیولوژیکی هر دو گیاه می‌شود و این خود باعث زودرس شدن این محصولات و در نتیجه کاهش دوره رشد می‌شود. هاورکورت و ورهاگن (۲۰۰۸)، با بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیب زمینی در اروپا شمالی به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم باعث طولانی شدن فصل رشد سیب زمینی در این منطقه خواهد شد. لوم و همکاران (۲۰۰۹)، اثر پتانسیل تغییر اقلیم بر گندم را در نواحی شمالی و مرکزی تانزانیا بررسی کردند و نتیجه گرفتند که دما در هر دو ناحیه افزایش، میانگین بارندگی سالانه در مرکز افزایش و در شمال کاهش می‌یابد. کاشت گندم در هر دو منطقه زودتر انجام شده و طول دوره رشد گندم کاهش می‌یابد. بررسی منابع وجود نشان می‌دهد که تغییر اقلیم در مناطق مختلف اثرات متفاوتی را بر گیاهان

تحت سناریوی A2 و ۳/۵۴ و ۸/۰۸ میلی‌متر در ماه، تحت سناریوی B2 نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۴) افزایش خواهد داشت. آبابایی و همکاران (۱۳۸۹) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم فاریاب را تحت سناریوهای تغییر اقلیم A2 و B1 در منطقه روددشت اصفهان مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند میانگین بارش سالانه، مجموع بارش سالانه در طول دوره رشد گیاه و متوسط دمای روزانه تحت هر دو سناریوی تغییر اقلیم افزایش خواهند یافت. اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم فاریاب با استفاده از مدل SWAP مورد ارزیابی قرار گرفت. متوسط عملکرد نسبی تحت دو سناریوی تغییر اقلیم A2 و B1 نسبت به سناریوی مبنا، به ترتیب ۱/۴۹ و ۲/۱ درصد و متوسط عملکرد دانه گندم به ترتیب ۴/۱۹ و ۱۷/۹ درصد کاهش یافت. روزنزیوگ و پری (۱۹۹۴) پیش‌بینی کرده‌اند که طول دوره رشد گیاهان در ایران به شدت کاهش خواهد یافت و تولید محصول غلات نیز بین ۵ تا ۴۰ درصد در کشاورزی دیم دچار افت خواهد شد. کوچکی و همکاران (۱۳۸۶) با مطالعه اثر تغییر اقلیم بر شاخص‌های اقلیمی- زراعی ایران با استفاده از مدل‌های گردش عمومی، تغییرات قابل توجه طول فصل رشد و الگوهای بارش توام با افزایش دما را در اغلب مناطق کشور پیش‌بینی کرده‌اند. برزگر و سلطانی (۱۳۸۶) افزایش ۲۶/۱۷ درصدی در متوسط عملکرد محصول نخود دیم را در شمال غرب ایران به دلیل کاهش دوره رشد گیاه و زودرس‌تر شدن آن و در نتیجه انطباق بهتر رشد گیاه در شرایط دیم با ذخیره آبی خاک و کاهش دوره تنش انتهایی فصل رشد گزارش کردند. میرصانع و همکاران (۱۳۹۰) نتیجه گرفتند که با افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در آینده، طول دوره رشد گیاه چغندر قند کاهش و نیاز آبی آن با توجه به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. علیزاده و همکاران (۱۳۸۹) نتیجه گرفتند که در صورت افزایش دمای هوا به میزان ۱، ۲ و ۴ درجه سانتیگراد، میزان تبخیر تعرق محاسبه شده برای تمامی ماهها افزایش خواهد یافت و همچنین نیاز آبی الگوی کشت گیاهان در حوضه کشف‌رود به ترتیب ۶، ۱۰ و ۱۶ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. سلیمانی ننادگانی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی رخداد پدیده تغییر اقلیم و تأثیر آن بر

این مشخصات به همراه یک مولد اعداد شبه-تصادفی برای ساخت سری‌های درازمدت داده‌های روزانه استفاده می‌شود. فرآیند ساخت داده‌های روزانه با تعیین وضعیت بارندگی در یک روز معین شروع شده و سپس مقدار بارندگی و سایر متغیرهای وضع هوا شامل دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش خورشید تولید می‌شوند (قهرمان و همکاران ۱۳۸۸)

ارزیابی مدل LARS-WG

یکی از راه‌های تشخیص تغییر در داده‌های هواشناسی و تشخیص تغییر اقلیم، آزمون مقایسه میانگین‌ها بین سری داده‌های تاریخی و داده‌های دوره آتی بر اساس آزمون t می‌باشد. در این آزمون دو فرضیه به صورت زیر مطرح می‌شود:

فرضیه H_0 : میانگین داده‌های شبیه‌سازی شده مساوی میانگین داده‌های مشاهده شده است.

فرضیه H_1 : میانگین داده‌های شبیه‌سازی شده با میانگین داده‌های مشاهده شده فرق می‌کند.

آماره آزمون t در شرایطی که اندازه و واریانس دو نمونه یکسان نباشد به فرم زیر است:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (1)$$

که در آن، n اندازه نمونه، S_2 واریانس نمونه و \bar{X} میانگین نمونه و اندیس‌های ۱ و ۲ معرف نمونه‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده‌اند. پس از محاسبه t ، احتمال مقادیر بزرگتر از $|t|$ (یعنی p -value) بدست آمده از توزیع آماری t با درجه آزادی n_1+n_2-2 در سطوح معنی‌داری ۵ و ۱ درصد مقایسه می‌شود. چنانچه p -value کمتر از ۵ یا ۱ درصد باشد، فرضیه تساوی میانگین‌ها رد می‌شود و تغییر در داده‌ها تأیید می‌شود.

با توجه به اینکه در منطقه گرگان، سویا به عنوان کشت دوم در نظر گرفته می‌شود، از اول خرداد ماه با تأخیر زمانی ۱۰ روزه سناریوهای مختلفی به عنوان سناریوهای تاریخ کاشت مطابق جدول ۱ در نظر گرفته شدند و داده‌های آب و هوایی وارد مدل SSM شدند.

مختلف در شرایط دیم و آبی دارد و لازم است برای تدوین الگوی مناسب کشت در آینده برای هر منطقه، این اثرات مورد مطالعه قرار گیرد. هدف این پژوهش بررسی نیاز آبی گیاه زراعی (سویا) در سال‌های آتی در منطقه مطالعاتی (گرگان) با توجه به تغییرات اقلیمی در منطقه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در این پژوهش، شهرستان گرگان با طول جغرافیایی $۱۶^{\circ}۵۴'$ ، عرض جغرافیایی $۵۱^{\circ}۳۶'$ و ارتفاع $۱۳/۳$ متر از سطح دریا می‌باشد. این منطقه با میانگین بارش سالانه ۶۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد، براساس سیستم اقلیمی دمارتن، دارای اقلیم مدیترانه‌ای است. برای اجرای مدل آب و هوا محصول سویا که در این پژوهش از آن استفاده شده است به داده‌های هواشناسی دمای کمینه و بیشینه، بارش و تابش در مقیاس روزانه نیاز است. تابش خورشیدی یکی از مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی است که در مدل‌سازی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دمای هوا نیز بر سرعت اکثر فرآیندهای فیزیولوژیکی مؤثر است، بیشینه و کمینه دما مورد استفاده قرار نمی‌گیرند بلکه از آنها برای محاسبه دمای مؤثر استفاده می‌شود. بارش نیز در تأمین نیاز آبی مورد نیاز است. داده‌های مربوط به ایستگاه سینوپتیک گرگان برای دوره آماری $۱۳۹۱-۱۳۶۴$ (۱۹۶۱-۲۰۱۲) از اداره کل هواشناسی استان گلستان تهیه و از آنها برای تولید داده‌های هواشناسی در دوره ۳۰ ساله آتی به کمک مولد LARS-WG استفاده شد.

شبیه‌سازی اقلیم آینده با مدل LARS-WG

مدل LARS-WG ابتدا توسط راسکو و همکاران (۱۹۹۱) ارائه و سپس توسط سمینوف (۱۹۹۸) بازننگری و تعدیل شد. این مولد داده برای شبیه‌سازی وضع هوا احتیاج به مقادیر روزانه بارندگی، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش خورشید دارد. ابتدا مشخصات آماری مقادیر روزانه داده‌های مشاهده شده وضع هوا در یک مکان معین تحلیل شده و سپس از

جدول ۱: کد و روز سناریوهای تعریف شده بر اساس تاریخ کاشت

کد	شماره روز جولیوسی	تاریخ
S140	۱۴۰	اول خرداد
S150	۱۵۰	یازدهم خرداد
S160	۱۶۰	۲۱ خرداد
S170	۱۷۰	اول تیر
S180	۱۸۰	۱۱ تیر
S190	۱۹۰	۲۱ تیر
S200	۲۰۰	اول مرداد
S210	۲۱۰	۱۰ مرداد

بیولوژیک مورد نیاز برای طی شدن هر مرحله از نمو قابل پیش‌بینی هستند.

تبخیر تعرق، تلفات آب بوسیله دو فرآیند تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه تعریف شده و یکی از مؤلفه های اصلی گردش آب در طبیعت می‌باشد. شدت تبخیر تعرق تابعی از متغیرهای محیطی مثل دما، تابش خورشیدی، رطوبت و سرعت باد است که همگی این متغیرها نقش مهمی در برآورد تبخیر تعرق دارند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). به غیر از عوامل محیطی، ویژگیهای فیزیکی گیاه و خاک نیز در تعیین تبخیر تعرق نقش بسزایی دارد. به عنوان مثال، شکل برگ، مرحله رشد گیاه، ارتفاع گیاه و بازتابش (آلبیدو) سطح برگ متغیرهای مهمی هستند که شدت تعرق را کنترل می‌کنند و در نباتات مختلف تغییر می‌کنند. در عمل برای تعیین تبخیر تعرق هر گیاهی، اول تبخیر تعرق مرجع برآورد و سپس با اعمال ضریب گیاهی مناسب، تبخیر تعرق پتانسیل گیاه تعیین می‌گردد. در این مدل، ابتدا تبخیر تعرق پتانسیل (EO) محاسبه سپس تبخیر پتانسیل از سطح خاک (EOS) با توجه به سطح برگ و پوشش زمین به دست می‌آید و سرانجام تبخیر حقیقی از سطح خاک (ES) محاسبه می‌شود. EO با استفاده از دما و تشعشع خورشیدی روزانه با روش پریستلی و تیلور (۱۹۷۲) تغییر یافته توسط ریچی (۱۹۹۸) محاسبه می‌شود. تبخیر پتانسیل از سطح خاک با ضرب EO در کسری از زمین که لخت می‌باشد (پوشیده نشده با گیاه) به دست می‌آید:

$$EOS = EO \times EXP(-0.5 \times ETLAI) \quad (۲)$$

که در آن ETLAI عبارت از شاخص سطح برگ موثر در تبخیر است که شامل برگ های سبز و برگ های زرد ریزش نیافته می‌شود. تبخیر حقیقی از سطح خاک بر مبنای مدل

مدل آب و هوا-محصول SSM

مدل روابط فیزیکی حاکم بر پدیده‌های طبیعی را به صورت ریاضی و کمی بیان می‌کند. یعنی تصویری است که از ماهیت روابط پیچیده طبیعی وجود دارد. مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی، ابزارهای کمی هستند که بر اساس اصول علمی و روابط ریاضی استوار بوده و می‌توانند اثرات متفاوت اقلیم، خاک، آب و عوامل مدیریت زراعی را روی رشد و نمو گیاهان زراعی مورد ارزیابی قرار دهند (وایسلر و همکاران، ۱۹۸۶). برای شبیه‌سازی نمو، رشد و عملکرد سویا در شرایط اقلیمی جاری و آینده از مدل SSM (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲) استفاده شد. این مدل مراحل فنولوژیک را به عنوان تابعی از دما و طول روز پیش‌بینی می‌کند. گسترش و پیر شدن سطح برگ تابعی از دما، تراکم بوته و نیتروژن می‌باشد. تولید ماده خشک به عنوان تابعی از تشعشع دریافت شده و دما تخمین زده می‌شود و ماده خشک تولیدی براساس مرحله نمو و روابط مبدا-مقصد بین اندام های رویشی (برگ، ساقه و پوسته غلاف) و دانه توزیع می‌شوند. موازنه آب خاک شامل رواناب، رشد ریشه و افزایش عمق موثر استخراج آب، تبخیر از سطح خاک، تعرق و زهکشی و نیز اثرات تنش کمبود آب بر گسترش سطح برگ، تولید ماده خشک و تجمع نیتروژن شبیه‌سازی می‌شوند. مدل شبیه‌سازی را به صورت روزانه انجام می‌دهد و به اطلاعات قابل دسترس درباره هوا (کمینه و بیشینه دما، تشعشع خورشیدی یا تعداد ساعات آفتابی روزانه و بارندگی روزانه) و خاک نیاز دارد. در این مدل مراحل مختلف فنولوژی شامل مراحل سبز شدن، گلدهی (R1)، غلاف‌بندی (R3)، شروع پرشدن دانه (R5)، شروع رسیدگی (R7) و رسیدگی کامل (R8) می‌باشند که بر اساس مفهوم روز

نتایج و بحث

ابتدا وضعیت تغییر اقلیم در منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس اثر آن بر رشد، و نیاز آبی گیاه سویا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

آشکار سازی رخداد تغییر اقلیم

برای آشکار سازی رخداد تغییر اقلیم و تشخیص تغییر در داده‌ها، از آزمون مقایسه میانگین‌ها برای تمامی سری‌های زمانی بارش، دمای کمینه و دمای حداکثر در مقیاس زمانی ماهانه استفاده شد. نتایج این آزمون بطور مجزا برای سری داده‌های تاریخی، و سری داده‌های تولید شده برای دوره آینده تحت سناریوهای A2، A1B و B1 به شکل زیر می‌باشد:

میانگین ماهانه کمینه و بیشینه دماهای روزانه در تمام ماه‌های سال افزایش را نشان می‌دهد (شکل‌های ۱ و ۲) و این افزایش دما بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها تأیید می‌شود (جداول ۲ و ۳). البته افزایش در ماه‌های گرم سال بیشتر از دیگر ماه‌های سال و همچنین افزایش دمای کمینه بیشتر از دمای بیشینه می‌باشد. در بین سناریوهای اقلیمی، سناریوی A2 نسبت به دیگر سناریوها افزایش دمای بیشتری را نشان می‌دهد. معنی دار نبودن اختلاف بین میانگین ماهانه داده‌های دمای کمینه و بیشینه در دوره آتی بدون در نظر گرفتن سناریو با داده‌های دوره مشاهداتی، توانایی مدل Lars_WG را در شبیه‌سازی دمای هوا نشان می‌دهد.

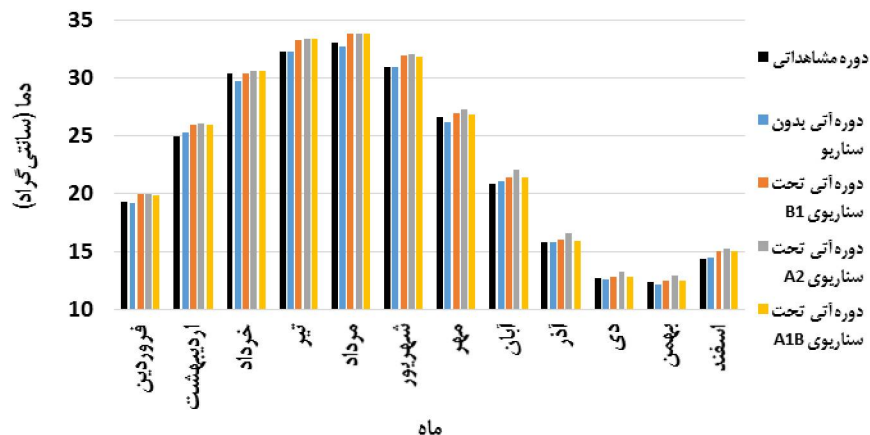
ساده شده دو مرحله ای تبخیر است (امیر و سینکله، ۱۹۹۱؛ سلطانی و همکاران، ۱۹۹۹). در مرحله اول که تبخیر از سطح خاک توسط انرژی قابل دسترس محدود می‌شود و زمانی اتفاق می‌افتد که لایه اول خاک مرطوب باشد (یعنی اولین روز پس از مرطوب شدن سطح خاک با بارندگی یا آبیاری بیش از ۱۰ میلی متر)، مقدار ES برابر EOS است اما در شرایطی که لایه سطحی خشک باشد ($ESW < 1$) از مرطوب شدن سطح خاک بیش از یک روز گذشته باشد، یا عمق موثر استخراج آب دارای رطوبت کم باشد ($FTSW < 0.5$) تبخیر وارد مرحله دوم می‌شود که در طی آن تبخیر حقیقی از سطح خاک برابر است با:

$$ES = EOS((t + 1)^{0.5} - t^{0.5}) \quad (3)$$

که در آن t تعداد روز از شروع مرحله ۲ است. مقدار آب تفرق یافته از گیاه ES به صورت حاصلضرب و کسری از زمین که با شاخص سطح برگ فعال (سبز) پوشیده شده است و ضریب اصلاحی تنش کمبود آب برای رشد (WSCFG) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$TR = EO \times (1 - \text{EXP}(-0.5 \times LAI)) \times \text{WSCFG} \quad (4)$$

که در آن عدد ۰/۵ عبارت از ضریب خاموشی برای گیاه می‌باشد. بخشی از آب تفرق یافته که از لایه اول خاک استخراج می‌شود (TR1) از حاصلضرب تفرق و WSCFG به دست می‌آید که بر اساس کسر آب قابل تفرق در لایه اول محاسبه شده است. بنابراین در شرایطی که کسر آب قابل تفرق خاک در لایه اول بیشتر از ۰/۳۱ باشد، کل آب تفرق از لایه اول جذب می‌شود اما با کاهش این کسر از ۰/۳۱ به صفر، TR1 نیز به طور خطی کاهش و به صفر می‌رسد.

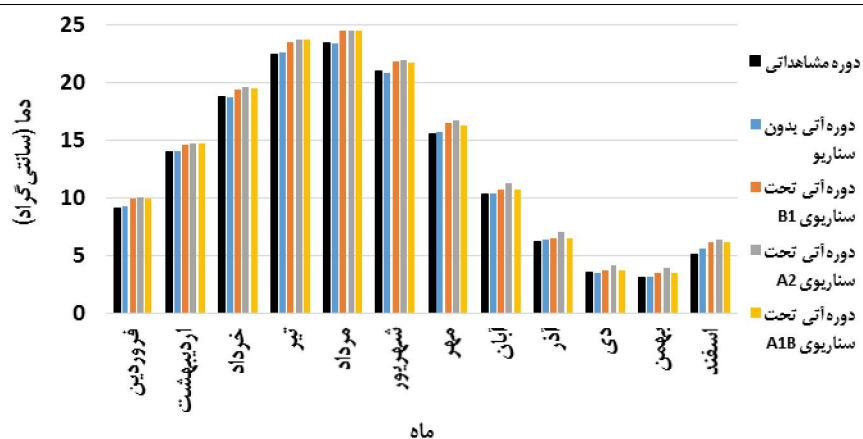


شکل ۱: میانگین ماهانه بیشینه دماهای روزانه طی دوره مشاهداتی و دوره‌های آبی تحت سناریوهای مختلف انتشار

جدول ۲: آزمون t برای مقایسه اختلاف میانگین‌های ماهانه بیشینه دماهای روزانه دوره آبی تحت سناریوهای مختلف با داده‌های دوره

مشاهداتی

ماه	دوره آبی بدون سناریو	دوره آبی تحت سناریوی B1	دوره آبی تحت سناریوی A2	دوره آبی تحت سناریوی A1B
فروردین	۰/۱۲	۱/۹۳	۱/۹۷	۱/۷۸
اردیبهشت	۰/۹۱	۱/۳۸	۱/۹۰	۱/۶۷
خرداد	۱/۳۳	۱/۵۶	۲/۵۴	۲/۲۶
تیر	۰/۶۷	۳/۸۲	۴/۱۷	۴/۳۹
مرداد	۰/۶۲	۳/۸۰	۳/۶۹	۳/۷۷
شهریور	۰/۴۶	۳/۶۶	۴/۲۴	۳/۱۰
مهر	۱/۰۱	۱/۰۷	۲/۶۰	۰/۷۶
آبان	۰/۴۱	۱/۲۶	۳/۲۶	۱/۲۳
آذر	۰/۵۳	۰/۹۶	۲/۶۸	۰/۹۲
دی	۰/۶۵	۰/۰۵	۰/۹۹	۰/۰۲
بهمن	۰/۶۴	۰/۴۷	۱/۵۸	۰/۵۱
اسفند	۰/۴۲	۲/۲۶	۲/۷۵	۱/۹۹



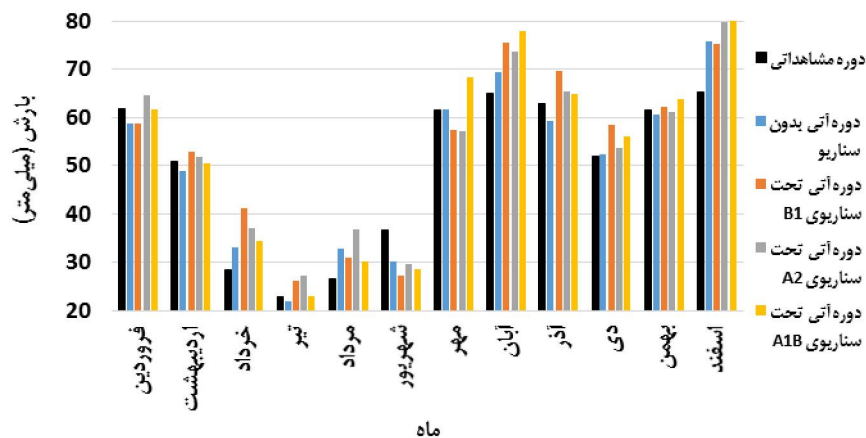
شکل ۲: میانگین ماهانه کمینه دماهای روزانه طی دوره مشاهداتی و دوره‌های آبی تحت سناریوهای مختلف انتشار

جدول ۳: آزمون t برای مقایسه اختلاف میانگین‌های ماهانه کمینه دماهای روزانه دوره آتی تحت سناریوهای مختلف با داده‌های دوره مشاهداتی

ماه	دوره آتی بدون سناریو	دوره آتی تحت سناریوی B1	دوره آتی تحت سناریوی A2	دوره آتی تحت سناریوی A1B
فروردین	۰/۳۳	۳/۵۱	۳/۵۸	۳/۲۹
اردیبهشت	۰/۰۱	۳/۵۸	۴/۳۶	۴/۰۳
خرداد	۰/۹۳	۳/۸۵	۵/۲۵	۴/۸۹
تیر	۰/۶۴	۶/۹۳	۷/۸۳	۸/۲۶
مرداد	۰/۵۲	۷/۵۹	۷/۰۷	۷/۲۴
شهریور	۰/۴۰	۴/۶۸	۵/۳۹	۳/۹۷
مهر	۰/۰۳	۲/۴۲	۴/۱۸	۲/۰۶
آبان	۰/۲۱	۰/۹۱	۳/۵۷	۰/۸۸
آذر	۰/۸۹	۱/۳۹	۳/۳۲	۱/۳۶
دی	۰/۱۴	۰/۶۵	۱/۹۸	۰/۷۰
بهمن	۰/۵۲	۲/۰۱	۳/۵۳	۲/۰۸
اسفند	۱/۳۴	۴/۳۳	۵/۱۷	۳/۹۴

سناریوها افزایش و برخی دیگر کاهش بارش را نشان می‌دهند. این تغییرات بارش در تمام ماه‌های سال معنی‌دار نیست (جدول ۴). در مجموع مدل Lars_WG افزایش بارش را در دوره آتی نشان می‌دهد.

میانگین ماهانه بارش نیز در بیشتر ماه‌های سال در دوره آتی نسبت به دوره مشاهداتی تغییر را نشان می‌دهد. البته این تغییرات در ماه‌ها و در سناریوهای مختلف اقلیمی منظم نیست (شکل ۳) بطوری که در برخی از ماه‌ها برخی از



شکل ۳: میانگین ماهانه بارش طی دوره مشاهداتی و دوره‌های آتی تحت سناریوهای مختلف انتشار

جدول ۴: آزمون t برای مقایسه اختلاف میانگین‌های بارش ماهانه دوره آبی تحت سناریوهای مختلف با داده‌های دوره مشاهداتی

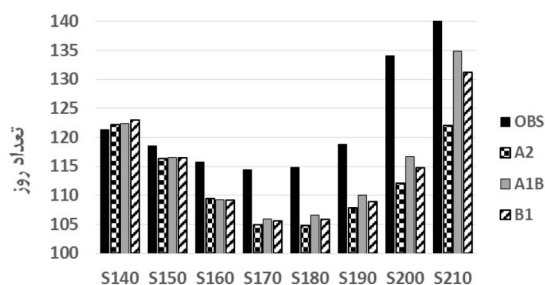
ماه	دوره آبی بدون سناریو	دوره آبی تحت سناریوی B1	دوره آبی تحت سناریوی A2	دوره آبی تحت سناریوی A1B
فروردین	۱/۹۶	۱/۹۹	۲/۷۸	۲/۴۵
اردیبهشت	۰/۹۷	۲/۰۰	۱/۴۲	۱/۱۸
خرداد	۱/۳۷	۰/۰۷	۰/۵۹	۱/۱۰
تیر	۱/۱۹	۱/۵۶	۲/۰۱	۱/۲۰
مرداد	۰/۹۷	۰/۲۹	۱/۴۰	۰/۲۶
شهریور	۱/۱۰	۱/۴۶	۱/۳۴	۰/۹۶
مهر	۰/۱۳	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۷۲
آبان	۰/۳۸	۱/۳۸	۱/۱۶	۱/۲۴
آذر	۰/۲۷	۱/۵۳	۰/۸۰	۱/۰۳
دی	۰/۱۸	۰/۹۲	۰/۲۵	۰/۷۶
بهمن	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۸۷
اسفند	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۸۸	۰/۵۸

نتایج شبیه سازی سویا با مدل SSM

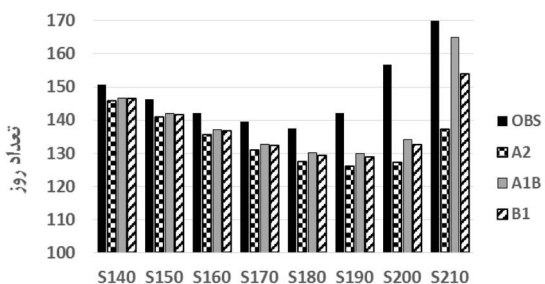
بر اساس سری داده‌های مشاهداتی و سری داده‌های دوره‌های آبی تحت سه سناریوی اقلیمی، مدل آب و هوا محصول SSM با ۸ سناریوی تاریخ کشت با فواصل زمانی ۱۰ روز برای دو کشت آبی و دیم اجرا شد. نتایج خروجی مدل که شامل طول دوره‌های فنولوژی، بارش، تبخیر تعرق و نیاز آبی می‌باشد به شرح زیر می‌باشد:

طول دوره‌های فنولوژی

بطور متوسط تعداد روز تا رسیدگی کامل (کل دوره رشد سویا)، در کشت آبی بر اساس تاریخ کاشت‌های مختلف بین ۱۲۸ تا ۱۷۰ روز و در کشت دیم بین ۱۰۵ تا ۱۴۰ روز متغیر است. تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم و افزایش دمای هوا، تمامی سناریوهای اقلیمی انتشار، کاهش طول دوره رشد سویا را نتیجه می‌دهند این کاهش طول دوره در تاریخ‌های مختلف کاشت و سناریوهای مختلف متفاوت است ولی بطور متوسط بترتیب سناریوی A2، B1 و A1B با بیشترین کاهش تعداد روز همراه می‌باشند. در تاریخ کاشت‌های اولیه، تعداد روز تا رسیدگی کامل و برداشت سویا تحت سناریوهای اقلیمی مختلف اختلاف کمی داشت ولی بتدریج با تأخیر کاشت این اختلافات چه در کشت دیم و چه در کشت آبی بیشتر می‌شود و دلیل آن افزایش بیشتر دما در طول فصل رشد گیاهانی است که دیرتر کاشته می‌شوند (شکل ۴).



سناریوی تاریخ کاشت

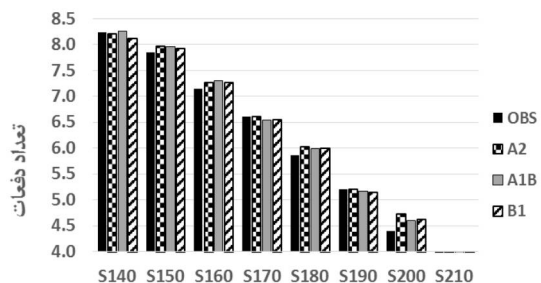


سناریوی تاریخ کاشت

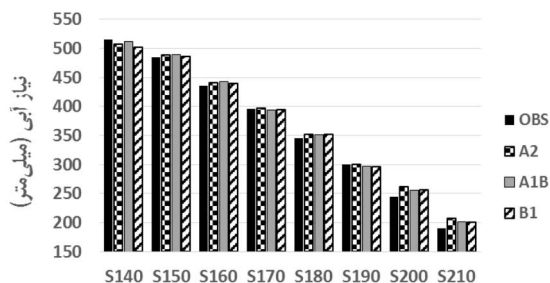
شکل ۴: تغییرات تعداد روز تا رسیدگی کامل و برداشت سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت دیم (شکل بالا) و کشت آبی (شکل پایین)

تغییرات بارش کل دوره رشد

برای گیاهانی که زودتر کشت می‌شوند، تغییرات بارش در کل دوره رشد در دوره آبی نسبت به دوره مشاهداتی گذشته



سناریوی تاریخ کاشت



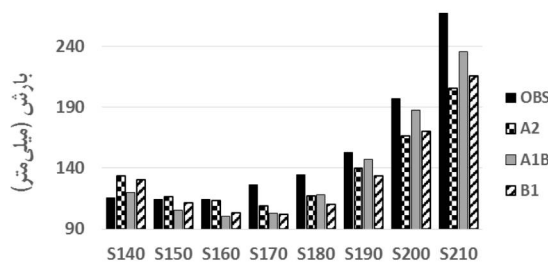
سناریوی تاریخ کاشت

شکل ۶: تغییرات میانگین تعداد دفعات آبی (شکل بالا) و میانگین نیاز آبی (شکل پایین) سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت

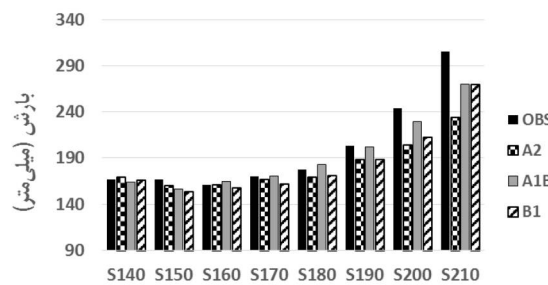
تبخیر از سطح خاک

در کشت دیم بدلیل کمتر بودن آب قابل دسترس و کوتاه تر بودن فصل رشد، تبخیر از سطح خاک کمتر از کشت آبی دیده می شود. در سناریوهایی که تاریخ کاشت آنها از اواسط تیرماه به بعد می باشد بدلیل افزایش بارش کل دروه رشد آنها، تبخیر از سطح خاک آنها نیز افزایش می یابد. سناریوهای اقلیمی انتشار تبخیر از سطح خاک کمتری را نسبت به دوره مشاهداتی نشان می دهند (شکل ۷). و این می تواند بدلیل افزایش سطح پوشش گیاهی ناشی از افزایش گرما و بارش باشد که باعث شده است در عوض تعرق از سطح گیاه افزایش یابد.

ناچیز است اما در گیاهانی که دیرتر کشت می شوند به دلیل کاهش طول دوره رشد آنها و همچنین کاهش بارش در ماه شهریور و مهر که مقارن با فصل رشد آنهاست بارش در کل دوره رشد آنها در دوره آبی نسبت به دوره گذشته کاهش می یابد (شکل ۵).



سناریوی تاریخ کاشت

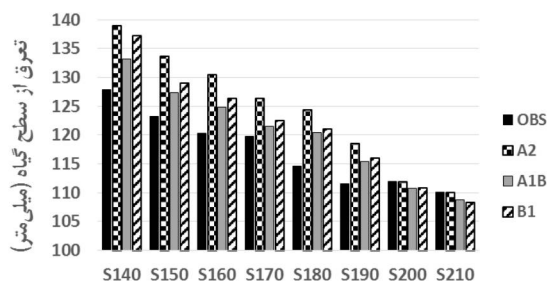


سناریوی تاریخ کاشت

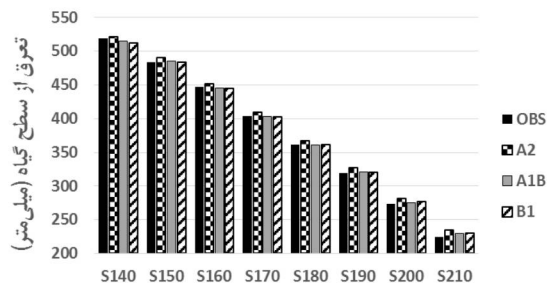
شکل ۵: تغییرات میانگین بارش طی فصل رشد سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت دیم (شکل بالا) و کشت آبی (شکل پایین)

نیاز آبی

با تأخیر کاشت سویا، به دلیل افزایش بارش طی دوره رشد و همچنین کاهش طول دوره رشد برای زراعتی که تا اواسط تیرماه کشت می شود و همچنین کاهش دما در تاریخ کاشت های دیرتر، نیاز آبی از حدود ۵۰۰ میلی متر تا حدود ۲۰۰ میلی متر کاهش می یابد همچنین تعداد دفعات آبیاری نیز کاهش می یابد. اما سناریوهای اقلیمی انتشار بدلیل اثر توأم افزایش دما و همچنین افزایش بارش تغییر زیادی در نیاز آبی نشان نمی دهند (شکل ۶).

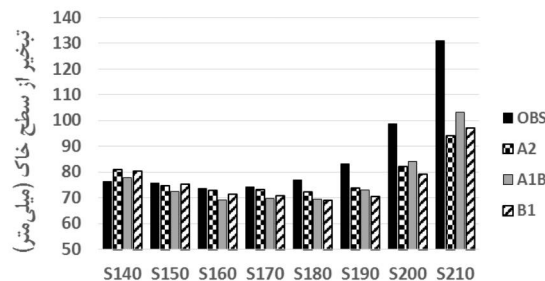


سناریوی تاریخ کاشت

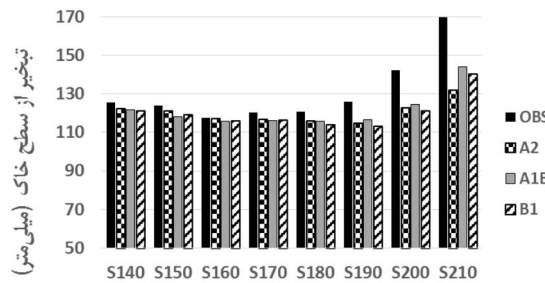


سناریوی تاریخ کاشت

شکل ۸: تغییرات میانگین تعرق از سطح گیاه سویا طی فصل رشد تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت دیم (شکل بالا) و کشت آبی (شکل پایین)



سناریوی تاریخ کاشت



سناریوی تاریخ کاشت

شکل ۷: تغییرات میانگین تبخیر از سطح خاک طی فصل رشد سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت دیم (شکل بالا) و کشت آبی (شکل پایین)

تبخیر تعرق

در مورد تبخیر تعرق نیز شاهد کاهش آن از حدود ۶۴۰ میلی‌متر تا حدود ۳۷۰ میلی‌متر در کشت آبی برای سناریوهای تاریخ کاشت اول خرداد تا دهم مرداد می‌باشیم. در سناریوهای اقلیمی انتشار، اختلاف قابل توجهی در میزان تبخیر تعرق با دوره مشاهداتی دیده نمی‌شود. بدلیل اینکه افزایش ناچیز تعرق با کاهش ناچیز تبخیر خنثی می‌شود ولی در کشت دیم، در سناریوهایی که قبل از مرداد اقدام به کشت سویا کردند تبخیر تعرق دوره‌های آبی تحت سناریوهای اقلیم انتشار تا حدود ۳۰ میلی‌متر افزایش را نسبت به دوره مشاهداتی نشان می‌دهد. و در سناریوهایی که تاریخ کاشت را دیرتر در نظر گرفته‌اند بدلیل کاهش بارش در شهریور و مهر در دوره آبی که مقارن با فصل رشد آنهاست تبخیر تعرق کمتری را نسبت به دوره آبی نشان می‌دهند (شکل ۹).

تعرق از سطح گیاه

تعرق از سطح گیاه، با افزایش تأخیر در تاریخ کاشت برای کشت آبی از حدود ۵۲۰ میلی‌متر تا حدود ۲۳۰ میلی‌متر و برای کشت دیم از حدود ۱۳۵ میلی‌متر تا حدود ۱۱۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد. علت آن می‌تواند کاهش دما در اواخر دوره رشد و کاهش دوره رشد در سناریوهای با تاریخ کاشت دیرتر باشد. همچنین به دلیل افزایش اندک دما در سناریوهای اقلیمی انتشار، تعرق افزایش اندکی را نشان می‌دهد به دلیل اینکه کاهش بارش توسط آبیاری جبران می‌شود ولی در کشت دیم اثر توأم افزایش بارش و دما، شاهد افزایش قابل ملاحظه‌تری از تعرق در دوره آبی هستیم (شکل ۸).

منابع

آبایی، ب.، سهرابی، ت.، میرزایی، ف.، وردی نژاد، و. ر.، کریمی، ب. ۱۳۸۹. اثر تغییرات اقلیمی بر عملکرد گندم و تحلیل ریسک ناشی از آن (مطالعه موردی: منطقه روددشت اصفهان). دانش کشاورزی، ۲۰ (۳): ۱۳۵-۱۴۸.

ابراهیم‌پور، م.، قهرمان، ن.، لیاقت، ع. ۱۳۹۲. استفاده از مدل SIMETAW جهت شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی و بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر تعرق پتانسیل (مطالعه موردی: مشهد). تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۳(۴): ۳۵۳-۳۶۰.

برزگر، ا.، سلطانی، ا. ۱۳۸۶. اثر تغییر اقلیم آینده بر عملکرد نخود در شرایط دیم شمال غرب ایران. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، مهرماه، گرگان.

سلیمانی ننادگانی، م.، پارسی‌نژاد، م.، عراقی‌نژاد، ش.، مساح بوانی، ع. ۱۳۹۰. تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد گندم دیم. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۲): ۳۹۷-۳۸۹.

علیزاده، ا.، سیاری، ن.، حسامی کرمانی، م.، بنایان اول، م.، فریدحسینی، ع. ۱۳۸۹. بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف‌رود). نشریه آب و خاک، ۲۴(۴): ۸۱۵-۸۳۵.

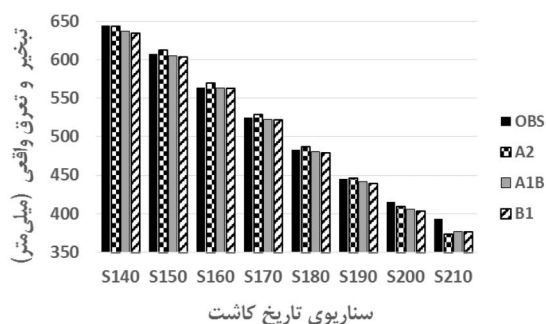
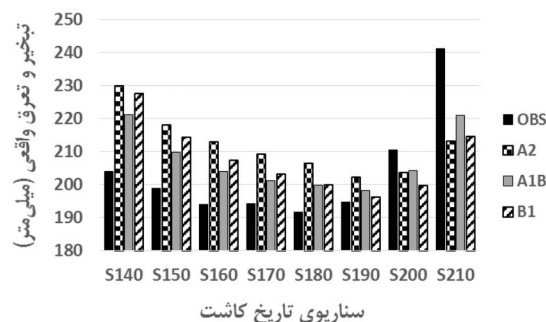
قهرمان، ن.، فلاح، ا.، بذرافشان، ج. ۱۳۸۸. ارزیابی مولدهای هواشناسی LARS-WG و ClimGen در تولید داده‌های دما و بارش. چهارمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، کمالی، غ. ۱۳۸۶. مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم، پژوهش‌های زراعی ایران، ۵ (۱): ۱۳۳-۱۴۲.

Amir, J., Sinclair, T. R. 1991. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. *Field Crops Res.*, 29: 59-69.

Corobov, R. 2002. Estimation of climate change impacts crop production in the Republic of Moldova. *Geojournal*, 57: 195-202.

ولی در کشت دیم به دلیل تأمین نیاز آبی گیاه از طریق بارش، همگام با تغییرات بارش و دما در ماه‌های مختلف سال، تبخیر تعرق نیز تا حدود ۱۰ درصد در کل دوره رشد تغییر را نشان می‌دهد.



شکل ۹: تغییرات میانگین تبخیر تعرق واقعی طی فصل رشد سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت دیم (شکل بالا) و کشت آبی (شکل پایین)

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت با توجه به اینکه کشت دیم سویا در منطقه گرگان به دلیل کاهش شدید محصول انجام نمی‌شود می‌توان بیان کرد که اثر تغییر اقلیم در منطقه گرگان بر رشد، نیاز آبی و عملکرد سویا تأثیر معنی داری نخواهد داشت.

تشکر و قدردانی

این مقاله بر گرفته از طرح پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است. بدینوسیله از شورای پژوهشی دانشگاه به خاطر تأمین اعتبار این طرح و از جناب آقای دکتر سلطانی بخاطر در اختیار گذاشتن مدل آب و هوا-محصول تشکر می‌شود.

- Rosenzweig, C., Parry, M. L. 1994. Potential impacts of climate change on world food supply. *Nature.*, 367: 133-138.
- Semenov, M. A., Brooks, R. J., Barrow, E. M., Richardson, C. W. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Clim. Res.*, 10: 95-107.
- Soltani, A., Sinclair, T. R. 2012. *Modeling Physiology of Crop Development, Growth and Yield*. CABI Publishing, 336 p.
- Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K., Rahimzadeh-Khooie, F., Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Res.*, 62: 213-224.
- Whisler, F. D., M. C., Kininien., Reddy, V. R. 1986. Crop simulation model in agronomic systems. *Advanc. Agron.*, 40:142-208.
- Yano, T., Aydin, M., Haraguchi, T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a mediterranean environment of Turkey. *J. Sensors*, 7: 2297-2315.
- Yu, P. S., Yang, T. C., Chou, C. C. 2002. Effects of climate change on evapotranspiration from paddy fields in southern Taiwan. *J. Clim. Chang.*, 54:165-179.
- Haverkort, A. J., Verhagen, A. 2008. Climate Change and Its Repercussions for the Potato Supply Chain. *J. Potato Res.*, 51: 223-237.
- Lhomme, J. P., Mougou, R., Mansour, M. 2009. Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia. *J. Clim. Chang.*, 96(4): 549-564.
- Priestley, C. H. B., Taylor, R. J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Mon. Weather Rev.*, 100: 81-92.
- Racsko, P., Szeidl, L. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modelling*, 57: 27-41.
- Ritchie, J. T. 1998. Soil water balance and plant water stress. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds), *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 41-54.
- Rodríguez Díaz J. A., Weatherhead, E. K., Knox, J. W., Camacho, E. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Reg. J. Environ. Chang.*, 7:149-159.



The effect of climate change on water requirement of soybean in Gorgan

K. Ghorbani^{1*}, M. Zakerinia¹, A. Hezarjaribi²

Received: 14 August 2013

Accepted: 9 February 2014

Abstract

Climate change affects precipitation and temperature patterns and hence, may alter the crop water requirements. This research was conducted to evaluate the effects of climate change on evapotranspiration of soybean in Gorgan province. LARS-WG model was used to generate temperature and rainfall data for future period (2013-2042) under emission scenarios of B1, A2 and A1B. The generated and observed weather data for baseline period of (1985-2012) were considered as inputs for a crop-weather model namely, SSM. Soil evaporation, crop transpiration and water requirement of irrigated and rainfed soybean crop were simulated for eight different dates of sowing ranging from the May 11th to 24th July with 10 days interval. Test of significance of means showed an increasing trend in daily maximum and minimum temperature for most of the months, and for mean monthly values of rainfall in fewer months. The outputs of SSM model showed that during future period, soil evaporation would slightly decrease, but plant transpiration would increase. This increase is more significant in case of rainfed crop for about 15 percent. Evapotranspiration showed not significant change for irrigated crop in future period, but in rainfed conditions a 10 percent increase has been revealed. Finally, rainfed cropping of soybean is not common in the region it can be concluded that climate change will not significantly affect water requirement of soybean in Gorgan region.

Keywords: Climate change, Evapotranspiration, Soybean, Gorgan, Water requirement

¹ Assistant Prof., Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

(*Corresponding author email address: ghorbani.khalil@yahoo.com)

² Associate Prof., Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.