



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی  
جلد بیست و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## اثر تغییر اقلیم بر عملکرد سویا در منطقه گرگان

\*خلیل قربانی<sup>۱</sup> و افشین سلطانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۲۰

### چکیده

تغییر اقلیم باعث تغییراتی در الگوهای بارش و دما و مقدار آن‌ها می‌شود و این تغییرات می‌تواند عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. در این پژوهش تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد سویا در گرگان با استفاده از مدل شبیه‌سازی رشد سویا (SSM) و براساس سناریوهایی مختلف تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفت. از مدل LARS-WG برای تولید داده‌های هواشناسی بارش و دما در دوره ۳۰ سال آینده استفاده شد. سپس این داده‌ها و همچنین داده‌های دوره پایه مشاهداتی (۹۱-۱۳۶۴) وارد مدل آب و هوا و محصول شدند. با تعریف ۸ سناریوی مختلف تاریخ کاشت با تأخیرهای زمانی ۱۰ روزه از اول خردادماه تا دهم مردادماه، طول دوره‌های مختلف فنولوژیکی، زیست‌توده و عملکرد دانه برای دو کشت آبی و دیم شبیه‌سازی شدند. آزمون مقایسه میانگین‌ها افزایش معنی‌داری را در بیش‌تر ماه‌های سال برای میانگین حداکثر و حداقل دماهای روزانه و در چند ماه سال برای میانگین بارش ماهانه تأیید می‌کنند، نتایج شبیه‌سازی رشد و عملکرد سویا با مدل SSM نیز بیانگر آن است که در دوره ۳۰ سال آینده طول دوره‌های اولیه فنولوژی سویا، تحت تأثیر سناریوهای اقلیمی انتشار اختلاف چندانی با دوره مشاهداتی ندارد ولی طول دوره تا رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی برداشت در آینده تا حدود ۵ روزی کوتاه‌تر می‌شود و برای گیاهانی که دیرتر کشت می‌شوند به بیش از ۱۰ روز خواهد رسید. عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه نیز برای کشت آبی، اندکی کاهش ولی در کشت دیم در مزارعی که زودتر کشت می‌شوند، عملکرد افزایش می‌یابد. در مجموع با توجه به این‌که در عمل کشت دیم سویا در منطقه صورت نمی‌گیرد می‌توان بیان نمود که تغییر اقلیم در منطقه گرگان تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر رشد، نیاز آبی و عملکرد سویا نخواهد داشت.

**واژه‌های کلیدی:** عملکرد زیست‌توده و دانه، مدل آب و هوا و محصول، مدل شبیه‌سازی رشد سویا، مدل LARS-WG

\*مسئول مکاتبه: [ghorbani.khalil@yahoo.com](mailto:ghorbani.khalil@yahoo.com)

## مقدمه

اقلیم بیان‌گر وضعیت متوسط آب و هوا در یک منطقه است که به‌طور 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 انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو به‌دلیل صنعتی شدن و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد. هر گونه تغییر در وضعیت آب و هوای جهان، به‌طور مستقیم در تولید محصولات کشاورزی تأثیرگذار است. در زمینه بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر و 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، گزارش‌های متفاوتی نیز ارائه شده است به‌طوری‌که در برخی از آن‌ها کاهش و در برخی دیگر افزایش عملکرد و نیاز آبی گزارش شده است. به‌طور مثال آبابایی و همکاران (۲۰۱۰) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی را تحت سناریوهای تغییر اقلیم A<sub>۲</sub> و B<sub>۱</sub> 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 آبی با استفاده از مدل SWAP مورد ارزیابی قرار گرفت. متوسط عملکرد نسبی تحت دو سناریوی تغییر اقلیم A<sub>۲</sub> و B<sub>۱</sub> نسبت به سناریوی مبنا، به‌ترتیب ۱/۴۹ و ۲/۱ درصد و متوسط عملکرد دانه گندم به‌ترتیب ۴/۱۹ و ۱۷/۹ درصد کاهش یافت. روزنزیوگ و پری (۱۹۹۴) پیش‌بینی کرده‌اند که طول دوره رشد گیاهان در ایران به‌شدت کاهش خواهد یافت و تولید محصول غلات نیز بین ۴۰-۵ درصد در کشاورزی دیم دچار افت خواهد شد. کوچکی و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه اثر تغییر اقلیم بر شاخص‌های کشاورزی-اقلیم‌شناختی ایران با استفاده از مدل‌های گردش عمومی، تغییرات قابل‌توجه طول فصل رشد و الگوهای بارش هم‌زمان با افزایش درجه حرارت را در بیش‌تر مناطق کشور پیش‌بینی کرده‌اند. برزگر و سلطانی (۲۰۰۷) افزایش ۲۶/۱۷ درصدی در متوسط عملکرد محصول نخود دیم را در شمال‌غرب ایران به‌دلیل 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. علیزاده و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که در صورت افزایش دمای هوا به‌میزان ۱، ۲ و ۴ درجه سانتی‌گراد، میزان تبخیر و تعرق محاسبه شده برای

تمامی ماه‌ها افزایش خواهد یافت و همچنین نیاز آبی الگوی کشت گیاهان در دشت کشف‌رود به‌ترتیب ۶، ۱۰ و ۱۶ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. سلیمانی‌نن‌ادگانی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی رخداد پدیده تغییر اقلیم و تأثیر آن بر 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 ۲۷-۹ روز افزایش و طول دوره رشد گیاه بین ۱۴-۴ روز کوتاه‌تر خواهد شد. تبخیر و تعرق گیاه در طول فصل رشد افزایش می‌یابد، اما در مجموع تبخیر و تعرق کل فصل رشد گیاه به‌دلیل کوتاه‌تر شدن دوره رشد کاهش خواهد یافت.

در دیگر نقاط جهان نیز اثر تغییر اقلیم بر گیاهان و نیاز آن‌ها بررسی شده است. به‌طور 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 و تعرق در شالیزارهای تایوان اعلام کردند تا سال ۲۰۵۰، حدود ۵-۳ درصد به تبخیر و تعرق برنج اضافه خواهد شد. رودریگز دیز 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 ۲۰-۱۵ 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 درجه حرارت 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 سیب‌زمینی در اروپا شمالی به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم باعث طولانی شدن فصل رشد سیب‌زمینی 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 درجه حرارت 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 موجود نشان می‌دهد که تغییر اقلیم در مناطق مختلف اثرات متفاوتی را بر گیاهان 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 ما در این پژوهش بررسی عملکرد گیاه زراعی سویا در سال‌های آتی در شهرستان گرگان با توجه به تغییرات اقلیمی در منطقه است.

### مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در این پژوهش، شهرستان گرگان با 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 هوایی محصول سویا به داده‌های هواشناسی دمای حداقل و حداکثر، 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 بیش‌تر فرآیندهای فیزیولوژیکی مؤثر است، حداکثر و حداقل 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 هم‌دیدگی گرگان برای دوره آماری ۹۱-۱۳۶۴ (۲۰۱۲-۱۹۶۱) از اداره کل هواشناسی استان گلستان تهیه و از آن‌ها برای تولید داده‌های هواشناسی در دوره آینده به کمک مدل تولید داده LARS-WG استفاده شد. در ضمن با توجه به این‌که در منطقه گرگان، سویا (رقم سحر مورد استفاده در این پژوهش) به‌عنوان کشت دوم در نظر گرفته می‌شود، از اول خردادماه با تأخیر زمانی ۱۰ روزه سناریوهای مختلفی به‌عنوان سناریوهای تاریخ کاشت مطابق جدول ۱ در نظر گرفته شدند.

جدول ۱- علامت و روز سناریوهای تعریف شده براساس تاریخ کاشت.

علامت	شماره روز جولوسی	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی
S140	۱۴۰	اول خرداد	۲۲ می
S150	۱۵۰	یازدهم خرداد	اول ژوئن
S160	۱۶۰	۲۱ خرداد	۱۱ ژوئن
S170	۱۷۰	اول تیر	۲۱ ژوئن
S180	۱۸۰	۱۱ تیر	اول جولای
S190	۱۹۰	۲۱ تیر	۱۱ جولای
S200	۲۰۰	اول مرداد	۲۱ جولای
S210	۲۱۰	۱۰ مرداد	اول آگوست

شبیه‌سازی اقلیم آینده با مدل LARS-WG: مدل LARS-WG ابتدا توسط راسکو و همکاران (۱۹۹۱) ارائه و سپس توسط سمینوف و همکاران (۱۹۹۸) بازنگری شد. این مولد داده برای شبیه‌سازی وضع هوا احتیاج به مقادیر روزانه بارندگی، دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش خورشید دارد. ابتدا مشخصات آماری مقادیر روزانه داده‌های مشاهده شده وضع هوا در یک مکان معین تحلیل شده و سپس از این مشخصات به همراه یک مولد اعداد شبه‌تصادفی برای ساخت سری‌های درازمدت داده‌های روزانه استفاده می‌شود. فرایند ساخت داده‌های روزانه با تعیین وضعیت بارندگی در یک روز معین شروع شده و سپس مقدار بارندگی و سایر متغیرهای وضع هوا شامل دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش خورشید تولید می‌شوند (بذرافشان، ۲۰۰۹).

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 براساس آزمون مقایسه میانگین‌ها یا آزمون  $t$ -استیودنت می‌باشد. در این آزمون دو فرضیه به‌صورت 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  $t$ -استیودنت در شرایطی که اندازه و واریانس دو نمونه یکسان نباشد به فرم زیر است:

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

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) به‌دست 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.

مدل آب و هوا محصول SSM<sup>۱</sup>: مدل رابطه‌های فیزیکی حاکم بر پدیده‌های طبیعی را به‌صورت ریاضی و کمی بیان می‌کند. یعنی تصویری است که از ماهیت رابطه‌های پیچیده طبیعی وجود دارد. مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی، ابزارهای کمی هستند که براساس اصول علمی و

رابطه‌های 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 به‌عنوان 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 به‌عنوان تابعی از تشعشع دریافت شده و دما تخمین زده می‌شود و ماده خشک تولیدی براساس مرحله نمو و روابط مبدأ- مقصد بین اندام‌های رویشی (برگ، ساقه و پوسته غلاف) و دانه توزیع می‌شوند. موازنه 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 بر گسترش سطح برگ، تولید ماده خشک و تجمع نیتروژن شبیه‌سازی می‌شوند. مدل شبیه‌سازی را به‌صورت روزانه انجام می‌دهد و به اطلاعات قابل دسترس هواشناسی (حداقل و حداکثر دما، تشعشع خورشیدی یا تعداد ساعات آفتابی (براساس رابطه آنگستروم می‌توان ساعات آفتابی را به تشعشع خورشیدی تبدیل کرد) روزانه و بارندگی روزانه) و خاک نیاز دارد. در این مدل مراحل مختلف فنولوژی شامل مراحل سبز شدن، گلدهی ( $R_1$ )، غلاف‌بندی ( $R_3$ )، شروع پر شدن دانه ( $R_6$ )، شروع رسیدگی ( $R_7$ ) و رسیدگی کامل ( $R_8$ ) می‌باشند که براساس مفهوم روز بیولوژیک مورد نیاز برای طی شدن هر مرحله از نمو قابل پیش‌بینی هستند.

روز بیولوژیکی در هر روز تقویمی (ptd) از رابطه زیر محاسبه می‌شود (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵).

$$ptd = f(t) \times f(pp) \quad (2)$$

که در آن،  $f(t)$ : تابع دمایی و  $f(pp)$ : تابع طول روز می‌باشد. برای مراحل غیرحساس به طول روز یعنی کاشت تا سبز شدن و گلدهی تا رسیدگی مقدار  $f(pp)$  برابر با یک در نظر گرفته می‌شود.

ماده خشک تولید شده در هر روز (DBP، گرم در مترمربع در روز) به‌صورت حاصل ضرب کل تشعشع خورشیدی رسیده (SRAD، مگاژول بر مترمربع در روز)، کسری از تشعشع خورشیدی که توسط گیاه دریافت می‌شود (FINT، بدون واحد و کارایی استفاده از تشعشع (RUE، گرم بر مگاژول) محاسبه می‌شود:

$$DBP = SRAD \times FINT \times RUE \quad (3)$$

مقدار FINT خود به شاخص سطح برگ (LAI) و ضریب خاموشی (K) بستگی دارد:

$$FINT = 1 - EXP(-K \times LAI) \quad (4)$$

سرعت رشد دانه در هر روز مثل  $i$  (SGR)، گرم در مترمربع در روز) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$HI = HI_{i-1} + dHI / dt \quad (5)$$

$$SGR = (WGRN_{i-1} / HI_i - WVEG_{i-1} - WGRN_{i-1}) / (1 - 1 / HI_i) \quad (6)$$

که در آن، HI: شاخص برداشت  $dHI/dt$  افزایش روزانه شاخص برداشت در فاز خطی رشد دانه، WGRN: وزن خشک دانه‌ها (گرم در مترمربع) و WVEG: وزن خشک اجزای رویشی یعنی برگ، ساقه و پوست غلاف (گرم در مترمربع) هستند. در این روش ابتدا کل ماده خشک تولید شده روزانه (DBP) به وزن خشک اجزای رویشی اضافه می شود و سپس سرعت رشد دانه از وزن خشک اجزای رویشی کسر می گردد یعنی:

$$WGRN_i = WGRN_{i-1} + SGR \quad (7)$$

$$WVEG_i = WVEG_{i-1} + DBP - (SGR \times GCF) \quad (8)$$

$$WTBP_i = WGRN_i + WVEG_i \quad (9)$$

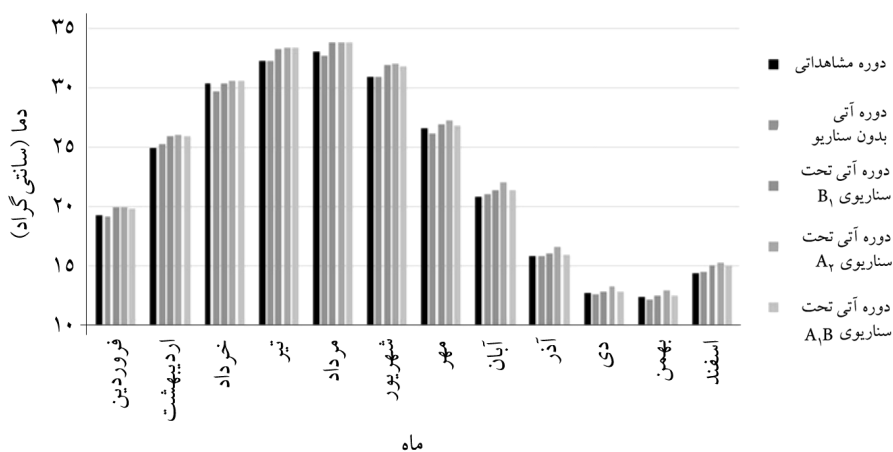
که در آن، GCF: فاکتور تبدیل دانه است که در حقیقت نشانگر اختلاف محتوی انرژی بافت‌های رویشی (WVEG) و زایشی (WGRN) را نشان می دهد.

## نتایج و بحث

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

آشکارسازی رخداد تغییر اقلیم: برای آشکارسازی رخداد تغییر اقلیم و تشخیص تغییر در داده‌ها، از آزمون مقایسه میانگین‌ها برای تمامی سری‌های زمانی بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر در مقیاس زمانی ماهانه استفاده شد. نتایج این آزمون به‌طور مجزا برای سری داده‌های تاریخی و سری داده‌های تولید شده برای دوره آینده تحت سناریوهای  $A_2$ ،  $B_1$  و  $A_1B$  به شرح زیر می‌باشد:

میانگین ماهانه حداقل و حداکثر دماهای روزانه در تمام ماه‌های سال افزایش را نشان می‌دهد (شکل‌های ۱ و ۲) و این افزایش دما براساس آزمون مقایسه میانگین‌ها تأیید می‌شود (جدول‌های ۲ و ۳). البته افزایش در ماه‌های گرم سال بیش‌تر از دیگر ماه‌های سال و همچنین دمای حداقل بیش‌تر از دمای حداکثر می‌باشد. در بین سناریوهای اقلیمی، سناریوی  $A_2$  نسبت به دیگر سناریوها افزایش دمای بیش‌تری را نشان می‌دهد. معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین ماهانه داده‌های دمای حداقل و حداکثر در دوره آتی بدون در نظر گرفتن سناریو با داده‌های دوره مشاهداتی، توانایی مدل LARS-WG را در شبیه‌سازی دمای هوا نشان می‌دهد.

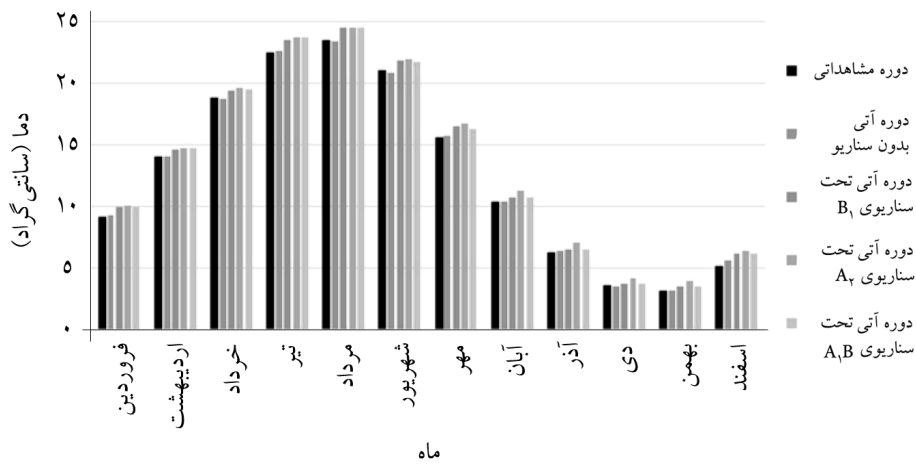


شکل ۱- میانگین ماهانه حداکثر دماهای روزانه طی دوره مشاهداتی و دوره‌های آتی تحت سناریوهای مختلف انتشار.



جدول ۲- آزمون t- استیودنت برای مقایسه اختلاف میانگین‌های ماهانه حداکثر دماهای روزانه دوره آبی تحت سناریوهای مختلف با داده‌های دوره مشاهداتی.

ماه	دوره آبی بدون سناریو	دوره آبی تحت سناریوی B <sub>1</sub>	دوره آبی تحت سناریوی A <sub>2</sub>	دوره آبی تحت سناریوی A <sub>1</sub> B
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



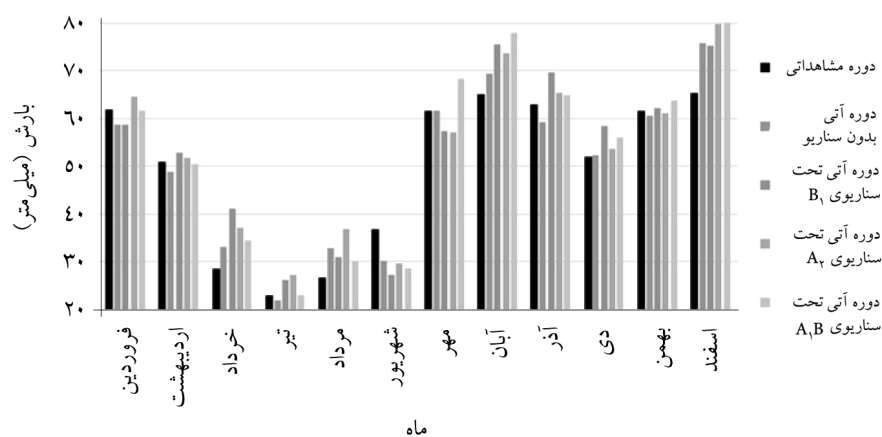
شکل ۲- میانگین ماهانه حداقل دماهای روزانه طی دوره مشاهداتی و دوره‌های آبی تحت سناریوهای مختلف انتشار.

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۱)، شماره (۲) ۱۳۹۳

جدول ۳- آزمون t- استیودنت برای مقایسه اختلاف میانگین‌های ماهانه حداقل دماهای روزانه دوره آتی تحت سناریوهای مختلف با داده‌های دوره مشاهداتی.

ماه	دوره آتی بدون سناریو	دوره آتی تحت سناریوی B <sub>۱</sub>	دوره آتی تحت سناریوی A <sub>۲</sub>	دوره آتی تحت سناریوی A <sub>۱</sub> B
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

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) به‌طوری‌که در برخی از ماه‌ها برخی از سناریوها افزایش و برخی دیگر کاهش بارش را نشان می‌دهند. البته این تغییرات بارش در تمام ماه‌های سال معنی‌دار نیست (جدول ۴). در مجموع مدل LARS-WG افزایش بارش را در دوره آتی نشان می‌دهد.



شکل ۳- میانگین ماهانه بارش طی دوره مشاهداتی و دوره‌های آبی تحت سناریوهای مختلف انتشار.

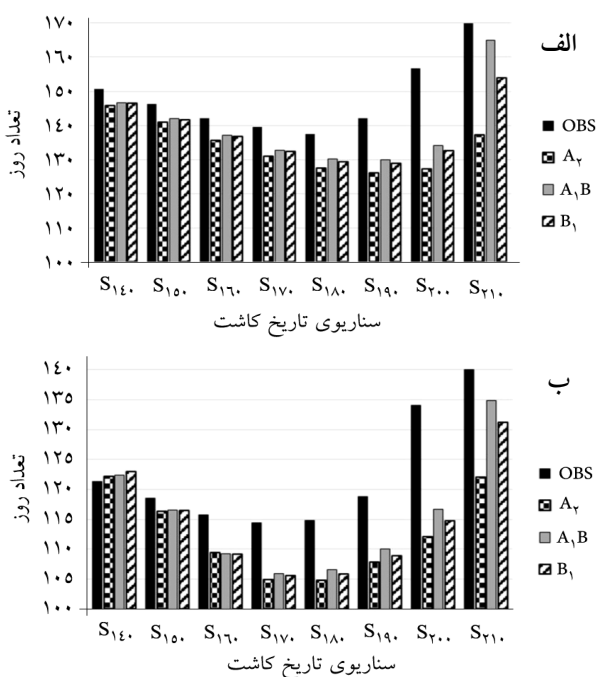
جدول ۴- آزمون t- استیودنت برای مقایسه اختلاف میانگین‌های بارش ماهانه دوره آبی تحت سناریوهای مختلف با داده‌های دوره مشاهداتی.

ماه	دوره آبی بدون سناریو	دوره آبی تحت سناریوی B <sub>1</sub>	دوره آبی تحت سناریوی A <sub>1</sub>	دوره آبی تحت سناریوی A <sub>1</sub> B
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	۰/۳۹	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 شبیه‌سازی سویا با مدل SMM: براساس سری داده‌های مشاهداتی و سری داده‌های دوره‌های آبی تحت سه سناریوی اقلیمی، مدل آب و هوا محصول با ۸ سناریوی تاریخ کشت با فاصله‌های

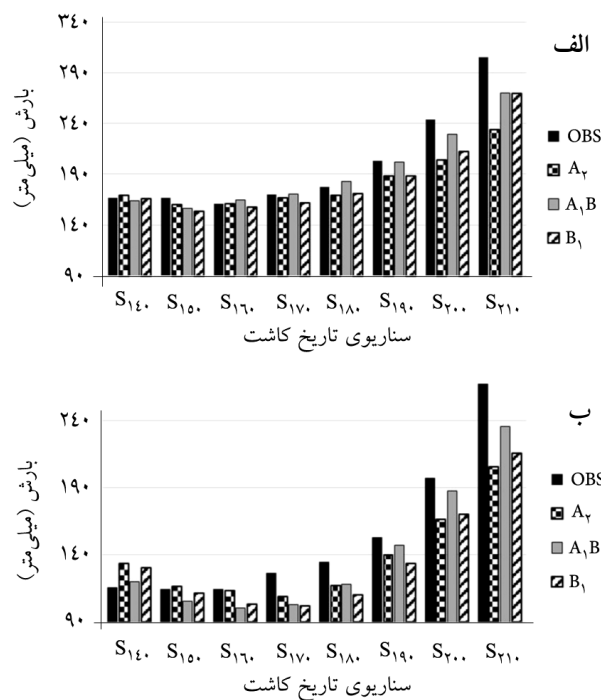
زمانی ۱۰ روز برای دو کشت آبی و دیم اجرا شد. نتایج خروجی مدل که شامل طول دوره‌های فنولوژی، بارش و عملکرد زیست‌توده و دانه می‌باشد به شرح زیر می‌باشد:

**طول دوره‌های فنولوژی:** به‌طور متوسط تعداد روز تا رسیدگی کامل (کل دوره رشد سویا)، در کشت آبی براساس تاریخ کاشت‌های مختلف بین ۱۷۰-۱۲۸ روز و در کشت دیم بین ۱۴۰-۱۰۵ 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 به‌طور متوسط به‌ترتیب سناریوی  $A_2$ ،  $B_1$  و  $A_1B$  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 به‌تدریج 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).



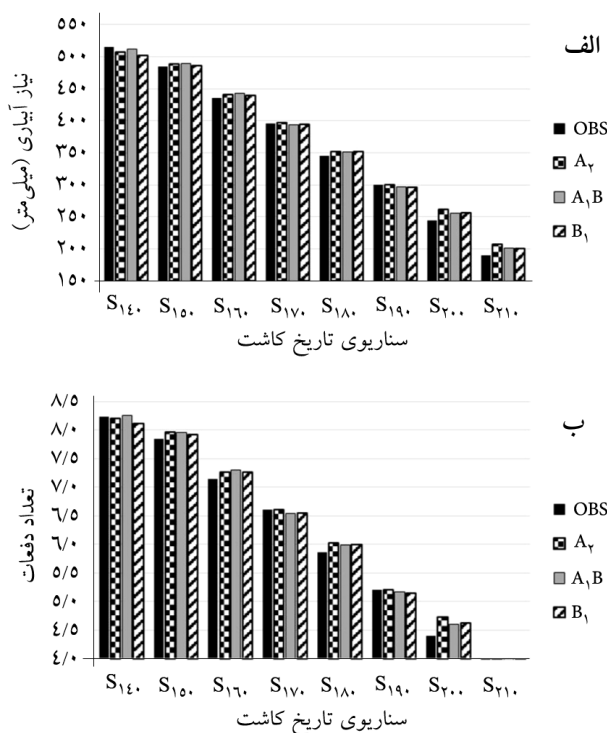
شکل ۴- تغییرات تعداد روز تا رسیدگی کامل و برداشت سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت آبی (شکل الف) و کشت دیم (شکل ب).

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 ناچیز است اما در گیاهانی که دیرتر کشت می‌شوند 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 می‌یابد (شکل ۵).



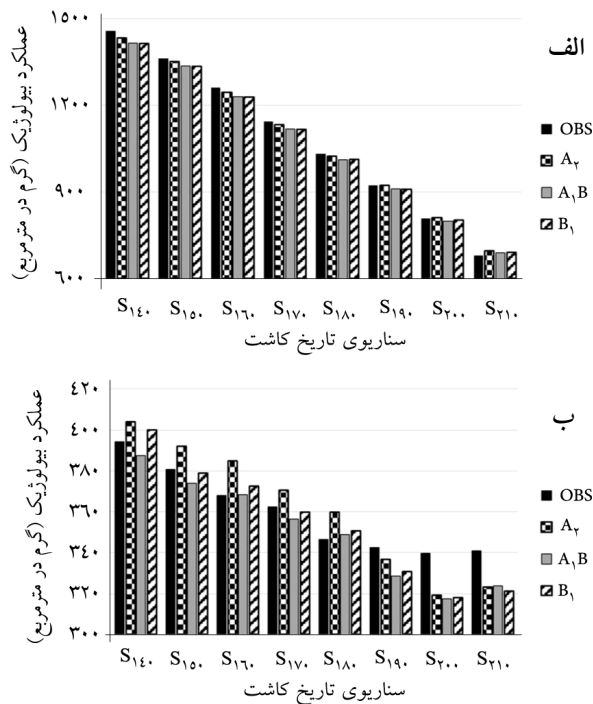
شکل ۵- تغییرات میانگین بارش طی فصل رشد سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت آبی (شکل الف) و کشت دیم (شکل ب).

نیاز آبیاری: با تأخیر کاشت سویا، به دلیل افزایش بارش طی دوره رشد و همچنین کاهش طول دوره رشد برای زراعتی که تا اواسط تیرماه کشت می‌شود و همچنین کاهش دما در تاریخ کاشت‌های دیرتر، نیاز آبیاری از حدود ۵۰۰ میلی‌متر تا حدود ۲۰۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد همچنین تعداد دفعات آبیاری نیز کاهش می‌یابد. اما سناریوهای اقلیمی انتشار به دلیل اثر هم‌زمان افزایش دما و همچنین افزایش بارش تغییر زیادی در نیاز آبیاری ایجاد نمی‌کنند (شکل ۶).



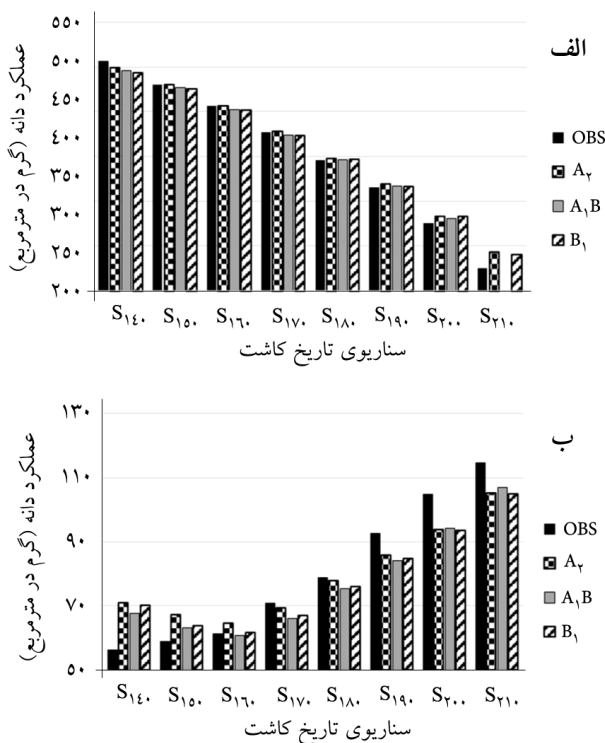
شکل ۶- تغییرات میانگین نیاز آبیاری (شکل الف) و میانگین تعداد دفعات آبیاری (شکل ب) سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت.

**عملکرد زیست توده:** عملکرد زیست توده با تأخیر کاشت از حدود ۱۴۵۰ گرم در مترمربع تا حدود ۷۰۰ گرم در مترمربع در کشت آبی و برای کشت دیم از حدود ۴۰۰ گرم در مترمربع تا حدود ۳۲۰ گرم در مترمربع کاهش می یابد. کاهش عملکرد ناشی از تأخیر کاشت به دلیل کم شدن طول دوره رشد، همزمانی با طول روزهای کوتاه، بارندگی و سرماهای آخر فصل می باشد. همچنین در کشت آبی اختلاف قابل توجهی در عملکرد زیست توده در دوره های آبی و مشاهداتی دیده نمی شود ولی در کشت دیم این اختلاف بیش تر می باشد چون در این کشت، عملکرد وابسته به دما و بارش می باشد ولی در کشت آبی کمبود بارش توسط آبیاری جبران می شود. بر این اساس می توان نتیجه گرفت در صورتی که با کمبود آب در منطقه مواجه باشیم با توجه به کاهش طول دوره رشد و افزایش بارش، در کشت های زود هنگام شاهد افزایش عملکرد ولی در کشت های دیر هنگام باعث کاهش عملکرد خواهیم بود (شکل ۷).



شکل ۷- میانگین عملکرد زیست توده سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت آبی (شکل الف) و کشت دیم (شکل ب).

**عملکرد دانه:** عملکرد دانه نیز با تأخیر کاشت از حدود ۵۰۰ گرم در مترمربع تا حدود ۲۹۰ گرم در مترمربع در کشت آبی کاهش می‌یابد. بنابراین بهترین تاریخ کاشت در سویا را می‌توان اوایل خردادماه در نظر گرفت. نتایجی که رئیسی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در منطقه گرگان به آن دست یافتند. ولی برای کشت دیم، تأخیر در کاشت باعث می‌شود تا عملکرد دانه از حدود ۷۰ گرم در مترمربع تا حدود ۱۱۰ گرم در مترمربع افزایش یابد. این افزایش عملکرد به دلیل افزایش بارش در طول فصل رشد در کشت‌های تأخیری می‌باشد اثر تغییر اقلیم بر عملکرد سویا، در کشت آبی در دوره‌های آبی اختلافاً قابل توجهی با دوره مشاهداتی ندارد که می‌تواند به دلیل تأمین نیاز آبی از طریق آبیاری در کشت آبی باشد ولی در کشت دیم به دلیل تغییر بارش در ماه‌های مختلف، در کشت‌های اولیه تغییر اقلیم باعث افزایش عملکرد ولی در کشت‌های تأخیری باعث کاهش عملکرد می‌شود و این متناسب با تغییرات میانگین بارش طی فصل رشد می‌باشد.



شکل ۸- میانگین عملکرد دانه سویا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و تاریخ کاشت در کشت آبی (شکل الف) و کشت دیم (شکل ب).

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش که اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گیاه سویا مورد بررسی قرار گرفت با توجه به افزایش دما و افزایش بارش، به‌طور میانگین طول فصل رشد تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای حداکثر تا حدود ۱۰ روز کاهش یافت ولی عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه تحت سناریوهای تغییر اقلیم، کم‌تر از ۵ درصد کاهش را در دوره‌های آبی نشان می‌دهند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که تغییر اقلیم در منطقه گرگان تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر رشد، نیاز آبی و عملکرد سویا نخواهد داشت اما اثر تاریخ کاشت بر عملکرد مشهود و بیش‌تر از اثر تغییر اقلیم می‌باشد.



### سیاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است. به این وسیله از شورای پژوهشی دانشگاه به خاطر تأمین اعتبار این طرح تشکر می‌گردد.

### منابع

1. Ababaei, B., Sohrabi, T., Mirzaei, F., Verdinejad, V., and Karimi, B. 2010. Climate change impact on heat yield and analysis of the related risks: (Case Study: Esfahan Ruddasht Region). *J. Water Soil Sci.* 20: 3. 135-150. (In Persian)
2. Alizadeh, A., Sayari, N., Hesami Kermani, M.R., Bannayan Aval, M., and Farid Hossaini, A. 2010. Assessment of climate change potential impacts on agricultural water use and water resources of Kashaf rood basin. *J. Water Soil.* 24: 4. 815-835. (In Persian)
3. Amir, J., and Sinclair, T.R. 1991. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. *Field Crops Res.* 29: 59-69.
4. Barzegar, A.B., and Soltani, A. 2007. Effect of future climate change on yield of rainfed-chickpea in northwest of Iran. Proceedings of 2 national symposium of Agroecology. 16-17 Oct, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
5. Bazrafshan, J. 2009. Agricultural drought risk assessment and searching a sufficient method for estimating its quantitative impact on crops yield of wheat and barley. Ph.D. Thesis of agrometeorology, University of Tehran, 253p.
6. Corobov, R. 2002. Estimation of climate change impacts crop production in the Republic of Moldova. *Geo. J.* 57: 195-202.
7. Haverkort, A.J., and Verhagen, A. 2008. Climate change and its repercussions for the potato supply Chain. *J. Potato Res.* 51: 223-237.
8. Kochaki, A., Nasiry Mahallati, M., and Kamali, Gh. 2007. Climate indices of Iran under climate change. *J. Iran. Field Crop.* 5: 1. 133-142.
9. Lhomme, J.P., Mougou, R., and Mansour, M. 2009. Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia. *J. Clim. Change.* 96: 4. 549-564.
10. 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: 81-92.
11. Racsco, P., and Szeidl, L. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecol. Model.* 57: 27-41.
12. Raesi, S., Shahbazi, M., and Hezarjarib, E. 2011. Effects of planting dates on flower and pod shedding and podding disorder in different soybean growth types. *Iran. J. Oil Plant.* 2: 1-17. (In Persian)
13. 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 Pub. Dordrecht, 7: 41-54.

14. Rodríguez Díaz, J.A., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., and Camacho, E. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *J. Reg. Environ. Change*. 7: 3. 149-159.
15. Rosenzweig, C., and Parry, M.L. 1994. Potential impacts of climate change on world food supply. *Nature*. 367: 133-138.
16. Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., and Richardson, C.W. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Res.* 10: 95-107.
17. Soleymani Nanadegan, M., Parsinejad, M., Araghinejad, Sh., and Massah Bavani, A. 2011. Study on climate change effect on net irrigation requirement. *J. Water Soil*. 25: 2. 389-397.
18. Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. *Modeling Physiology of Crop Development, Growth and Yield*. CABI Pub. 336p.
19. Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K., Rahimzadeh-Khooie, F., and Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Res.* 62: 213-224.
20. Soltani, A., Robertson, M.J., Mohammad-Nejad, Y., and Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. *Field Crops Res.* 99: 14-23.
21. Whisler, F.D., Kininien, M.C., and Reddy, V.R. 1986. Crop simulation model in agronomic systems. *Advance in Agron.* 99: 5. 1226-1237.
22. Yano, T., Aydin, M., and Haraguchi, T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. *J. Sens.* 7: 2297-2315.
23. Yu, P.S., Yang, T.C., and Chou, C.C. 2002. Effects of climate change on evapotranspiration from paddy fields in southern Taiwan. *J. Clim. Change*. 54: 165-179.



## The effect of climate change on soybean yield in Gorgan

\***Kh. Ghorbani<sup>1</sup> and A. Soltani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, <sup>2</sup>Professor, Dept. Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 09/02/2013; Accepted: 06/10/2014

### Abstract

Climate change affects on precipitation and temperature patterns and hence, may alter the crop yield. This research was conducted to evaluate the effects of climate change on soybean yield in Gorgan using soybean growth simulation model (SSM) under different climatic scenarios. LARS-WG model was used to generate temperature and rainfall data for future period (2013-2042) under emission scenarios of B<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> and A<sub>1</sub>B. The generated and observed weather data for baseline period of (1985-2012) were considered as inputs for a crop-weather model namely, SSM. Various periods of phenology, biological and grain yield for both irrigated and rainfed planting were simulated by defining eight different dates of sowing ranging from the May 11<sup>th</sup> to 24<sup>th</sup> 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 simulation result of soybean yield by SSM model indicated that there is no significant difference between initial stages of soybean phenology under impact of emissions scenarios data and observation data but stage length to physiologic and harvest maturity during future periods shorted to 5 days and for late cultivation reached to more than 10 days. Biological and grain yield decreased slightly for irrigated cultivation, and increased for rainfed cultivation in earlier planted crops. Finally, rainfed cropping of soybean is not common in the region, it can be concluded that climate change will not significantly affect on water requirement and yield of soybean in Gorgan region.

**Keywords:** Biological and grain yield, weather and crop model, soybean growth simulation model, Lars-WG model

---

\* Corresponding Author; Email: [ghorbani.khalil@yahoo.com](mailto:ghorbani.khalil@yahoo.com)

