مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://jopp.gau.ac.ir

شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر تولید نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه

***امیر حجارپور[۱]، افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳] و فرامرز سیدی[۴]**

[۱]دانشجوی دکترای اکولوژی گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳،۲]استاد و استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]عضو هیات‌علمی سازمان تحقیقات کشاورزی استان گلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۱/۲۶

چکیده

تغییر اقلیم ناشی از افزایش CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای در آینده می‌تواند اثرات قابل توجهی بر تولید محصولات زراعی داشته باشد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر تغییر احتمالی اقلیم در آینده بر رشد، عملکرد و میزان مصرف آب برای کشت نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط دیم و آبی کرمانشاه بود. سناریوهای مورد بررسی عبارت بودند از افزایش ۲ برابری غلظت CO_2، افزایش ٤ درجه‌ای دما و کاهش ۲ درصدی بارندگی به صورت تنها و ترکیب با یکدیگر. شبیه‌سازی‌ها با استفاده از مدل SSM-Chickpea برای هر سناریو و همچنین برای اثر ترکیبی آن‌ها انجام شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که تغییر اقلیم موجب افزایش ۸۹ درصدی عملکرد دانه در شرایط دیم و کاهش ۳۳ درصدی آن در شرایط آبی خواهد شد. اگرچه افزایش غلظت CO_2 محیط به‌صورت مستقیم اثرات مثبتی بر عملکرد نخود می‌گذارد اما به نظر می‌رسد عامل تعیین کننده عملکرد این گیاه در آینده اثرات غیرمستقیم آن به ویژه افزایش دما باشد. از دیگر نتایج به‌دست آمده می‌توان به افزایش ۸۱ درصدی کارایی مصرف آب در شرایط دیم و کاهش ۲۵ درصدی آن در شرایط آبی اشاره کرد. همچنین در آینده به علت افزایش درجه حرارت، طول دوره رشد گیاه کاهش خواهد یافت. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، پیش‌بینی می‌شود در آینده میزان آب آبیاری موردنیاز برای کشت آبی نخود کاهش یابد اما با توجه به محدودیت‌های موجود در بخش آب‌های کشاورزی، و با توجه به عملکرد قابل قبول

*مسئول مکاتبه: amiragro65@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

زراعت دیم نخود، به نظر می‌رسد سودآوری نسبی زراعت آبی این گیاه برای کشاورزان منطقه کاهش یابد. اگرچه در حال حاضر هم سطح زیر کشت زراعت آبی این گیاه در مقایسه با سطح زیر کشت دیم آن خیلی کم است.

واژه‌های کلیدی: مدل SSM-Chickpea، عملکرد، مصرف آب، دی‌اکسید کربن

مقدمه

در طول تاریخ کشاورزان، شیوه‌های زراعی خود را مطابق با تغییرات محیطی تنظیم کرده‌اند، همچنین برای سازگار شدن با تغییرات محیطی از رقم‌های جدید استفاده کرده‌اند (CSSA، ۲۰۱۱). غلظت دی‌اکسید کربن از حدود ۲۸۰ میکرومول بر مول در قبل از انقلاب صنعتی به ۳۷۹ میکرومول بر مول در حال حاضر افزایش یافته است (IPCC، ۲۰۰۷). افزایش غلظت CO_2 و نیز سایر گازهای گلخانه‌ای از طریق جذب بیشتر تابش طول موج بلند که از زمین گسیل می‌شود، باعث ایجاد تغییرات اقلیمی شامل افزایش دما و به‌تبع آن تغییر الگوی بارندگی و تابش خورشیدی می‌شود (IPCC، ۲۰۰۷؛ سلطانی و قلی‌پور، ۲۰۰۶). با ادامه روند گرمایش زمین، سرعت تغییرات محیط احتمالاً بی‌سابقه خواهد بود. تعداد و شدت بیشتر بارندگی‌ها، افزایش دما، خشکسالی و انواع دیگر مخاطرات آب و هوایی مورد انتظار که همه‌ی این‌ها بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی اثر می‌گذارند (هاتفیلد و همکاران، ۲۰۱۱). پدیده خشکسالی اثرات منفی بزرگی بر منابع آب و محیط‌های وابسته به این منابع می‌گذارد که عموماً در برخی سال‌ها خسارات جبران‌ناپذیری را سبب می‌گردد. انتظار می‌رود که خشکسالی، محدود کننده‌ی تولید بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت زمین در ۵۰ سال آینده باشد (کاتیولی و همکاران، ۲۰۰۸).

یکی از گیاهان زراعی که شرایط آینده زمین می‌تواند کشت و کار آن را دستخوش تغییر کند گیاه نخود است. نخود علاوه بر تأمین غذای انسان و دام به دلیل اثرات خود بر حاصل‌خیزی خاک، از اجزا مهم الگوهای کشت و عامل افزایش پایداری در نظام‌های تولیدی کشاورزی به شمار می‌رود (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶b). طبق آمار فائو (۲۰۰۹) ایران یکی از مهم‌ترین کشورهای تولید کننده‌ی نخود در جهان است. به رغم پیشرفت‌های قابل توجه در مکانیزاسیون، تولید و اصلاح ارقام پرمحصول، هنوز آب و هوا یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده عملکرد این گیاه می‌باشد (فرجی و سلطانی، ۲۰۰۹).

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش غلظت CO_2 به دو طریق بر فرآیندهای گیاه اثر می‌گذارد؛ یکی تأثیر مستقیم این گاز بر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه است و دیگری تأثیر غیرمستقیم آن از طریق تغییرات دما و بارندگی می‌باشد. تأثیر نهایی افزایش غلظت CO_2 و تغییرات آب و هوایی همراه با آن بر گیاهان زراعی کاملاً به شرایط محیطی جاری در محل مورد نظر بستگی دارد و ممکن است از محلی به محل دیگر متفاوت باشد (سلطانی و قلی‌پور، ۲۰۰۶). مطالعه اثرات تغییر اقلیم به معنای افزایش درجه حرارت و غلظت CO_2 و تغییر در بارندگی بر سیستم‌های کشت می‌تواند به گسترش استراتژی‌های سازگاری مورد نیاز کمک کند. در نتیجه، این استراتژی‌ها می‌توانند عملکرد بیشتر و پایداری را تولید کنند (قلی‌پور و سلطانی، ۲۰۰۹).

برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گیاهان زراعی می‌توان از مدل‌های گیاهی استفاده کرد؛ پیامدهای ناشی از افزایش غلظت CO_2، افزایش دما و تغییر در الگوهای بارندگی توسط محققان بسیاری به وسیله مدل‌های گیاهان زراعی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند (لودویگ و آسنگ، ۲۰۰۶؛ آبراها و ساواجی، ۲۰۰۶؛ کوچکی و همکاران، ۲۰۰۶؛ قلی‌پور و سلطانی، ۲۰۰۹). در این گونه مطالعات ابتدا آمار هواشناسی سال‌های گذشته مطابق با پیش‌بینی مدل‌های گردش عمومی (GCM)[1] برای آینده زمانی که غلظت CO_2 افزایش پیدا می‌کند، تغییر داده می‌شوند. سپس واکنش مدل به این آمار تغییر یافته بررسی می‌شود (سلطانی، ۲۰۰۹). برای تجزیه و تحلیل اثر تغییر اقلیم می‌توان عملکرد را به‌عنوان تابعی از منبع محیطی محدود کننده در نظر گرفت (لودویگ و آسنگ، ۲۰۰۶؛ سلطانی و قلی‌پور، ۲۰۰۶). بنابراین در شرایط دیم که منبع محیطی محدود کننده آب می‌باشد، عملکرد را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$Y = WI \times Ft \times TE \times HI \qquad (۱)$$

که در آن Y عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)، WI کل آب وارد شده به مزرعه (میلی‌متر)، Ft نسبت تعرق، TE کارایی تعرق (گرم بر میلی‌متر) و HI شاخص برداشت هستند. به‌همین‌ترتیب در شرایط آبی که محدودیت آب وجود ندارد، می‌توان منبع محیطی محدود کننده را تابش دانست و عملکرد دانه را به‌صورت زیر نشان داد:

1. General Circulation Model

Archive of SID

www.SID.ir

$$Y = PAR \times Fi \times RUE \times HI \qquad (۲)$$

که در آن Y عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)، PAR تشعشع فعال فتوسنتزی رسیده (مگاژول بر مترمربع)، FINT نسبت دریافت تابش، RUE کارایی استفاده از تشعشع (گرم بر مگاژول) و HI شاخص برداشت هستند.

هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر شرایط جدید اقلیمی بر مراحل فنولوژی، عملکرد، میزان آب مصرفی و کارایی مصرف آب نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه و همچنین تجزیه و تحلیل عملکرد دانه در قالب معادلات (۱) و (۲) بوده است.

مواد و روش‌ها

مدل مورد استفاده: برای شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر تولید نخود از مدل SSM-Chickpea استفاده شد. این مدل ابتدا توسط سلطانی و همکاران (۱۹۹۹) طراحی شد. سلطانی و سینکلر (۲۰۱۱) با توجه به داده‌های حاصل از آزمایشات مزرعه‌ای (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶a ، b، c، d، e)، محدودیت‌های مدل را برطرف ساخته و این مدل را دارای قابلیت استفاده در محدوده وسیعی از شرایط محیطی معرفی کردند.

این مدل توانایی شبیه‌سازی مراحل فنولوژی، گسترش و پیری برگ، توزیع ماده خشک، موازنه نیتروژن گیاه، تشکیل عملکرد و موازنه آب خاک را دارد. پاسخ فرآیندهای گیاهی به عوامل محیطی مانند تشعشع خورشیدی، فتوپریود، حرارت، نیتروژن و آب قابل دسترس و تفاوت‌های ژنتیکی ارقام در مدل در نظر گرفته شده است. مدل شبیه‌سازی را به‌صورت روزانه انجام می‌دهد و از اطلاعات قابل دسترس آب و هوا و خاک استفاده می‌کند (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱).

سناریوهای تغییر اقلیم: در چهارمین گزارش ارزیابی هیات بین‌المللی تغییر اقلیم[1] محدوده‌ای از تغییرات اقلیمی حاصل از پیش‌بینی ۲۱ مدل گردش عمومی برای سال‌های ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ به‌طور خلاصه مطرح شده که برای دما به‌صورت درجه سانتی‌گراد و برای بارندگی به‌صورت درصد بیان شده است (کریستسن و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به این‌که بین مدل‌های عمومی گردش از لحاظ پیش‌بینی شرایط آینده اختلافات زیادی وجود دارد (لودویگ و آسنگ، ۲۰۰۶)، همچنین، در حال حاضر هیچ

1. Intergovernmental Panel on Climate Change

Archive of SID

www.SID.ir

دلیل منطقی برای برتری یک مدل بر دیگری وجود ندارد (کوچکی و همکاران، ۲۰۰٦)، بنابراین، برای این آزمایش چندین سناریو در بین محدوده‌های مشخص شده توسط IPCC برای منطقه ایران، در نظر گرفته شد که شامل افزایش ۲، ٤ و ٦ درجه‌ای درجه حرارت، افزایش CO_2 به میزان دو برابر (۷۰۰ppm)، کاهش ۲ درصدی بارندگی و ترکیبی از تمامی حالات ممکن بود. این گونه مطالعه به ما یک دید کلی در مورد چگونگی پاسخ سیستم به محدوده‌ای از شرایط می‌دهد و این امکان به وجود می‌آید تا اثر هر یک از اجزا متفاوت تغییر اقلیم جدا شود. سناریوهای ٤ درجه افزایش دما (T+4°c) و کاهش ۲ درصدی بارندگی (0.98R)، جهت بررسی اثرات غیر مستقیم افزایش غلظت CO_2 و سناریوی افزایش دو برابری غلظت CO_2 ($2xCO_2$) جهت بررسی تاثیر مستقیم این افزایش، به‌صورت جداگانه بررسی و در این مقاله ارایه شدند. همچنین سناریوی تغییر اقلیم (CC) که شامل ترکیبی از افزایش ۲ برابری CO_2 و ٤ درجه‌ای حرارت و کاهش ۲ درصدی بارندگی بود، شبیه‌سازی شد که پیش‌بینی می‌شود این سناریو در سال ۲۱۰۰ میلادی اتفاق بیفتد. یک سناریو نیز به‌عنوان شاهد (NORMAL) و با توجه به داده‌های هواشناسی بلندمدت ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه با عرض جغرافیایی ۳٤/۳۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ٤۷/۱۵ درجه غربی در نظر گرفته شد. با اعمال تغییرات ذکر شده در داده‌های واقعی، داده‌های هواشناسی برای شرایط آینده و تحت هر سناریو تولید شدند.

شبیه‌سازی‌ها: مدل SSM-Chickpea برای شرایط دیم و آبی و تحت سناریوهای مختلف اجرا شد. تراکم بوته در شرایط دیم ۳۳ و در شرایط آبی ۵۰ بوته در مترمربع منظور شد. تاریخ کاشت برای تمام سناریوها ۲۵ آبان در نظر گرفته شد و از پارامترهای رقم بیونیج (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱)، که رقم محلی خود منطقه می‌باشد، استفاده شد. مقدار نیتروژن خاک که در اول فصل قابل جذب است، ۳ گرم در مترمربع در نظر گرفته شد. در شرایط کشت آبی، وقتی کسر آب قابل تعرق خاک به کمتر از ۰/۵ کاهش می‌یافت، آبیاری انجام می‌شد. نوع خاک منطقه لوم شنی با عمق ۱۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مقدار آب قابل دسترس خاک در هنگام کاشت با استفاده از برنامه swb_calc (سلطانی و مداح، ۲۰۱۰) تعیین شد. هدف این برنامه محاسبه موازنه آب خاک و اجزای آن در طی دوره‌ای معین می‌باشد. مقدار آب قابل دسترس خاک با استفاده از این برنامه برای یک دوره ۲۰ ساله محاسبه و میانگین آن که حدود ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود برای شبیه‌سازی در مدل منظور شد.

Archive of SID

www.SID.ir

اثر غیر مستقیم افزایش غلظت CO_2 (تغییر در دما و بارندگی)، با تغییرات اعمال شده در داده‌های هواشناسی، خروجی‌های مدل را تحت تأثیر قرار می‌دهد اما برای تأثیر مستقیم آن نیاز به اعمال تغییراتی در مدل می‌باشد؛ افزایش CO_2 به‌طور مستقیم دو پارامتر مدل یعنی کارایی استفاده از تشعشع و ضریب کارایی تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای اعمال این تغییرات و با توجه به منابع موجود، کارایی استفاده از تشعشع به میزان ۲۳ درصد افزایش داده شد که اساس آن گزارش سلطانی و همکاران (۲۰۰۷) مبنی‌بر افزایش ۲۳ درصدی کارایی استفاده از تشعشع در اثر دو برابر شدن CO_2 از ۳۵۰ به ۷۰۰ میکرو مول بر مول بود. برای تغییر ضریب کارایی تعرق به این علت که بر روی نخود مشاهدات مستقیمی وجود نداشت از آزمایشات انجام شده بر روی گندم (آسنگ و همکاران، ۲۰۰٤) استفاده و کارایی تعرق به میزان ۳۷ درصد افزایش داده شد.

با اجرای مدل برای هر سال و تحت هر سناریو، مراحل فنولوژی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب، تبخیر و تعرق، کارایی مصرف آب در شرایط دیم و آبی از خروجی مدل ثبت شد. آب وارد شده به مزرعه (شامل مقدار آب خاک در زمان کاشت و بارندگی در طی فصل رشد)، نسبت تعرق به آب وارد شده و کارایی تعرق در شرایط دیم و آب آبیاری مورد نیاز، کل تشعشع فعال فتوسنتزی رسیده، نسبت دریافت تابش و کارایی استفاده از تشعشع در شرایط آبی نیز محاسبه و ثبت شدند. تجزیه واریانس در برنامه SAS (سلطانی، ۲۰۰٦) به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد که در آن، سال‌ها تکرار و سناریوها تیمار در نظر گرفته شدند. میانگین صفات مربوط به سناریوهای مختلف تغییر اقلیم هم با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

فنولوژی: نتایج شبیه‌سازی نشان داد که دو برابر شدن غلظت CO_2 تأثیر مستقیمی بر فنولوژی گیاه نخود ندارد اما تأثیر غیر مستقیم آن از طریق افزایش دما به‌طور معنی‌داری روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی را کاهش داد (جدول ۱). کاهش بارندگی نیز تأثیر معنی‌داری بر مراحل فنولوژی نگذاشت. این نتایج در هر دو شرایط آبی و دیم یکسان بود. تأثیر سناریوی ترکیبی تغییر اقلیم بر فنولوژی تفاوت چندانی با سناریوی افزایش دما نداشت، این امر نشان دهنده‌ی این نکته است که زودرس شدن گیاه تنها به علت افزایش دما می‌باشد. وقوع مراحل نموی مختلف را می‌توان با در نظر گرفتن مفهومی با عنوان روز بیولوژیک توجیه کرد (سلطانی، ۲۰۰۹). روز بیولوژیک تابعی از میزان دما و فتوپریود است.

Archive of SID

www.SID.ir

از آن‌جا که در این آزمایش سناریوهای مختلف در یک تاریخ کاشت مشخص کشت شده‌اند، فتوپریود برای همه‌ی آن‌ها یکسان بوده است و دلیل زودرس شدن گیاه تأمین زودتر روز بیولوژیک موردنیاز تحت تأثیر افزایش دما برای مراحل مختلف نموی بوده است (سلطانی و همکاران، b۲۰۰٦). زودرسی باعث می‌شود تا دوره گلدهی تا رسیدگی علاوه بر کوتاه‌تر شدن در بخش مرطوب‌تری از سال قرار بگیرد.

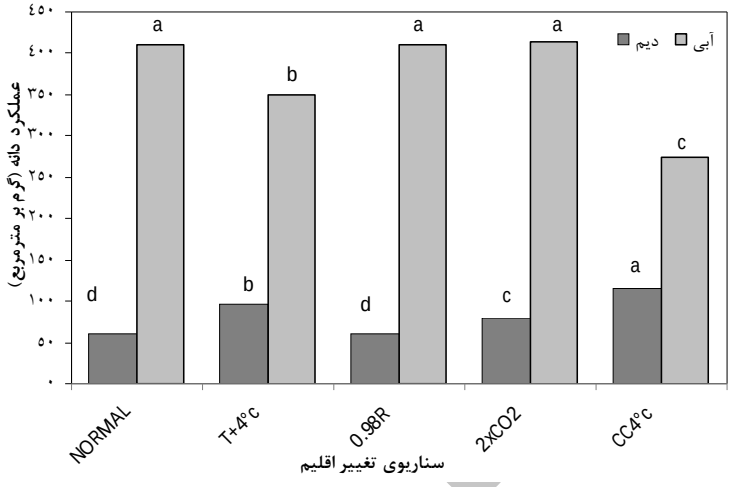
عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه: تأثیر مستقیم دو برابر شدن غلظت CO_2 بر عملکرد بیولوژیک عبارت از ۳۳ و ۲۷ درصد افزایش به‌ترتیب در شرایط دیم و آبی می‌باشد که با شاهد اختلاف معنی‌داری دارند. این افزایش می‌تواند به‌دلیل افزایش کارایی استفاده از تشعشع و همچنین کارایی تعرق باشد. اما اثر غیر مستقیم افزایش CO_2 بر عملکرد بیولوژیک در شرایط دیم و آبی به‌ترتیب عبارت از افزایش ٦۲ و ۱۸ درصدی ناشی از افزایش ٤°C دما بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار بود؛ کاهش ۲ درصدی بارندگی بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌داری نگذاشت. اثر ترکیبی افزایش CO_2 و کاهش بارندگی به همراه افزایش ٤°C دما موجب ۱۱۲ درصد افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط دیم خواهند شد این افزایش در شرایط آبی ٤۸ درصد می‌باشد که هر دو با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری دارند.

تأثیر مستقیم دو برابر شدن غلظت CO_2 بر عملکرد دانه عبارت از ۳۱ درصد افزایش عملکرد دانه در شرایط دیم می‌باشد که با شاهد اختلاف معنی‌داری دارد این درحالی است که در شرایط آبی این افزایش تنها ۱ درصد می‌باشد. اما اثر غیر مستقیم افزایش CO_2 بر عملکرد دانه عبارت از افزایش ۵۹ درصدی عملکرد دانه ناشی از افزایش ٤ درجه سانتی‌گراد دما در شرایط دیم و کاهش ۱۵ درصدی در شرایط آبی می‌باشد که این اختلافات با تیمار شاهد معنی‌دار می‌باشند؛ کاهش ۲ درصدی بارندگی بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری نخواهد داشت. اثر سناریوی ترکیبی تغییر اقلیم موجب ۸۹ درصد افزایش عملکرد دانه در شرایط دیم خواهد شد که با نتایج برزگر و سلطانی (۲۰۰۷) مطابقت دارد. با توجه به فصل سرد زمستان در کرمانشاه، این افزایش چشمگیر در عملکرد دانه به نظر ناشی از مطلوب‌تر شدن دما برای رشد نخود در این شرایط می‌باشد. اما اثر ترکیبی افزایش دما در شرایط آبی موجب کاهش ۳۳ درصدی عملکرد می‌شود که با تیمار شاهد اختلافی معنی‌دار دارد (شکل ۱). قلی‌پور و سلطانی (۲۰۰۹) نیز با شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم و بررسی تولید نخود در ایکاردا و ۵ نقطه کشور، کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد نخود آبی و افزایش تولید نخود دیم را در تمامی این نقاط پیش‌بینی کردند. ایشان بیان کردند به‌علت کاهش شاخص برداشت، میزان افزایش در عملکرد دانه به اندازه افزایش در عملکرد بیولوژیک نبود.



شکل ۱- اثر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بر عملکرد دانه نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه (مقایسه میانگین برای دیم و آبی به صورت جداگانه انجام شده است)

در این رابطه تجزیه و تحلیل دلایل تغییرات عملکرد تحت سناریوهای مختلف با استفاده از معادلات (۱) و (۲) و همچنین جدول‌های (۱) و (۲) می‌تواند مفید باشد.

در شرایط دیم اثر مستقیم دو برابر شدن CO_2 بر میزان آب ورودی، نسبت تعرق و شاخص برداشت معنی‌دار نبود، اما باعث افزایش معنی‌دار و ۳۵ درصدی کارایی تعرق ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ای (داکاچه و همکاران، ۲۰۱۱) شد. بنابراین افزایش عملکرد از افزایش کارایی تعرق ناشی شده است.

افزایش دما باعث افزایش عملکرد در شرایط دیم شد که قسمت عمده این افزایش ناشی از افزایش ٤٤ درصدی نسبت تعرق و همچنین افزایش ١٤ درصدی کارایی تعرق بود. همچنین در اقلیم‌های نیمه گرمسیری گیاه نخود اگر آبیاری نشود معمولا با تنش خشکی آخر فصل مواجه می‌شود (لپورت و همکاران، ٢٠٠٦)، بنابراین به‌نظر می‌رسد قسمت عمده افزایش عملکرد در این شرایط مربوط به عدم برخورد گیاه با تنش خشکی آخر فصل به علت زودرس شدن گیاه باشد. فرجی و سلطانی (٢٠٠٦) در

www.SID.ir

یک آزمایش شبیه‌سازی، تاثیر پارامترهای مختلف به‌نژادی بر تولید نخود در گنبد را بررسی کردند و این‌گونه نتیجه گرفتند که زودرسی یک صفت مطلوب جهت به‌نژادی و مهم‌ترین عامل افزایش عملکرد در شرایط دیم می‌باشد. کاهش بارندگی نیز باعث کاهش ۲ درصدی میزان آب ورودی شد اما بر عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشت.

اثر ترکیبی این عوامل منجر به کاهش شاخص برداشت و میزان آب ورودی شد اما باعث افزایش ۴۲ درصدی نسبت تعرق و همچنین افزایش ۵۳ درصدی کارایی تعرق شد و عملکرد دانه به‌صورت چشمگیری (۸۹ درصد) افزایش یافت (جدول ۱). سلطانی و برزگر (۲۰۰۷) نیز افزایش عملکرد نخود دیم را بر اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی کردند.

جدول ۱- تاثیر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بر روز تا گلدهی (DTF)، روز تا رسیدگی (DTM)، عملکرد (WGRN، گرم بر مترمربع)، عملکرد بیولوژیک (WTOP، گرم بر مترمربع)، شاخص برداشت (HI،%)، آب وارد شده به مزرعه (WI، میلی‌متر)، کارایی مصرف آب (WUE، کیلوگرم دانه بر هکتار بر میلی‌متر)، تبخیر و تعرق (ET، میلی‌متر)، نسبت تعرق (FT) و کارایی تعرق (TE، گرم بر میلی‌متر) تحت شرایط دیم کرمانشاه.

سناریو	DTF	DTM	WGRN	WTOP	HI	ET	WI	WUE	FT	TE
NORMAL*	۱۹۹/۰^{a}	۲۲۲/۵^{a}	۶۰/۸^{d}	۵۲۵/۳^{d}	۱۱/۸^{ab}	۴۲۹^{b}	۵۳۱^{a}	۱/۴۲^{c}	۰/۳۱^{b}	۳/۱۹d
T+4°c	۱۸۱/۹^{b}	۲۰۷/۵^{b}	۹۶/۹^{b}	۸۴۹/۸^{b}	۱۱/۴^{ab}	۴۴۷^{a}	۵۲۸^{b}	۲/۱۰^{b}	۰/۴۵^{a}	۳/۶۳c
0.98R	۱۹۸/۹^{a}	۲۲۲/۵^{a}	۶۱/۱^{d}	۵۲۲/۴^{d}	۱۱/۹^{ab}	۴۲۶^{b}	۵۲۳^{c}	۱/۴۳^{c}	۰/۳۱^{b}	۳/۲۰^{d}
2xCO₂	۱۹۹/۲^{a}	۲۲۳/۳^{a}	۷۹/۶^{c}	۶۹۸/۷^{c}	۱۱/۶^{ab}	۴۲۸^{b}	۵۳۱^{a}	۱/۸۷^{b}	۰/۳۱^{b}	۴/۳۰^{b}
CC4°c	۱۸۲/۴^{b}	۲۰۹/۱^{b}	۱۱۵/۱^{a}	۱۱۱۱/۹^{a}	۱۰/۵^{b}	۴۴۱^{a}	۵۲۱^{d}	۲/۵۷^{a}	۰/۴۴^{a}	۴/۸۸^{a}
LSD%5	۰/۷۷	۱/۵۳	۱۶/۲۳	۳۹/۶۴	۱/۹۴	۳/۳۷	۱/۵۶	۰/۳۴	۰/۰۱۴	۰/۰۸

*برای توضیح سناریوها به متن (مواد و روش‌ها) مراجعه شود.

در شرایط آبی، افزایش دما باعث کاهش عملکرد می‌شود. با توجه به مطالعه سلطانی و همکاران (**d**۲۰۰۶)، که کارایی استفاده از تشعشع را وابسته به میانگین دمای روزانه از کاشت تا رسیدگی دانستند، می‌توان کاهش عملکرد در اثر افزایش دما را به کم شدن کارایی استفاده از تشعشع به‌علت وجود دماهای غیرمطلوب در حین پر شدن دانه مرتبط دانست. همچنین کاهش میزان تشعشع رسیده به علت کاهش طول دوره رشد گیاه نیز بر کاهش عملکرد مؤثر می‌باشد (جدول ۲). اثر مستقیم دو برابر شدن CO_2 باعث افزایش کارایی استفاده از تشعشع شده اما کاهش معنی‌دار شاخص برداشت این اثر

Archive of SID

www.SID.ir

را جبران کرده و عملکرد تغییر چندانی نکرده است. اگرچه اثر ترکیبی این عوامل باعث تولید تاج‌پوشش گسترده‌تر می‌شود (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۶) که خود سبب افزایش نسبت دریافت تشعشع شده است اما عملکرد کاهش یافته که دلیل آن کاهش مقدار تشعشع رسیده به دلیل زودرس شدن گیاه و همچنین کاهش شاخص برداشت می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- تاثیر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بر روز تا گلدهی (DTF)، روز تا رسیدگی (DTM)، عملکرد (WGRN، گرم بر مترمربع)، عملکرد بیولوژیک (WTOP، گرم بر مترمربع)، شاخص برداشت (HI، %)، آب آبیاری مورد نیاز (IRGW، میلی‌متر)، کارایی مصرف آب (WUE، کیلوگرم دانه بر هکتار بر میلی‌متر)، تبخیر و تعرق (ET، میلی‌متر)، تشعشع فعال فتوسنتزی رسیده (PAR، مگاژول بر مترمربع)، نسبت دریافت تابش (FINT) و کارایی استفاده از تشعشع (RUE، گرم بر مگاژول) تحت شرایط آبی کرمانشاه.

سناریو	DTF	DTM	WGRN	WTOP	HI	ET	IRGW	WUE	PAR	FINT	RUE
NORMAL*	۲۰۰/۳^{a}	۲۴۵/۸^{a}	۴۱۱^{a}	۱۴۲۷^{d}	۲۹/۰^{a}	۹۱۲/۵^{a}	۶۱۵^{a}	۴/۵^{a}	۱۹۹۵^{a}	۰/۲۸^{b}	۲/۵۶^{b}
T+4°c	۱۸۴/۲^{b}	۲۲۹/۵^{b}	۳۴۹^{b}	۱۶۸۴^{c}	۲۱/۳^{c}	۸۷۵/۴^{b}	۵۵۴^{b}	۴/۰0^{b}	۱۷۶۴^{b}	۰/۵۱1^{a}	۱/۹۰^{d}
0.98R	۲۰۰/۳^{a}	۲۴۵/۸^{a}	۴۱۱^{a}	۱۴۲۷^{d}	۲۹/۰^{a}	۹۱۰/۴^{a}	۶۱۶^{a}	۴/۵^{a}	۱۹۹۵^{a}	۰/۲۸^{b}	۲/۵۵^{b}
$2xCO_2$	۲۰۰/۳^{a}	۲۴۵/۸^{a}	۴۱۴^{a}	۱۸۱۱^{b}	۲۳/۳^{b}	۸۶۸/۳^{b}	۵۷۱^{b}	۴/۸^{a}	۱۹۹۶^{a}	۰/۲۹^{b}	۳/۱۱^{a}
CC4°c	۱۸۴/۲^{b}	۲۲۹/۶^{b}	۲۳۷^{c}	۲۱۱۵^{a}	۱۳/۷^{d}	۸۲۵/۶^{c}	۵۰۹^{c}	۳/۴^{c}	۱۷۶۴^{b}	۰/۵۲^{a}	۲/۳۳^{c}
LSD%5	۰/۵۱	۰/۵	۲۲/۳	۶۱/۳۷	۱/۴۴	۱۸/۱۷	۲۱/۱۳	۰/۳۱	۸/۷۷	۰/۰۲	۰/۰۷

*برای توضیح سناریوها به متن (مواد و روش‌ها) مراجعه شود.

بررسی عوامل تاثیرگذار بر شاخص برداشت می‌تواند توجیه کننده میزان کاهش آن تحت سناریوهای مختلف باشد. شاخص برداشت و تغییرات آن به عواملی همچون، طول دوره قبل و بعد از رشد دانه، ماده خشک کل و میانگین دما بستگی دارد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین می‌توان این‌گونه بیان کرد که به علت تولید ماده خشک کل بیشتر در اثر افزایش غلظت CO_2، شاخص برداشت کاهش پیدا می‌کند. همچنین به علت قرار گرفتن دوره‌ی رشد رویشی (قبل از رشد دانه) در فصول پاییز و زمستان، با افزایش دما، روزهای با دمای مطلوب بیشتر شده که منجر به تولید ماده خشک بیشتر می‌شود. اما در دوره رشد دانه، که در ماه‌های خرداد و تیر اتفاق می‌افتد، افزایش دما باعث افزایش دماهای نامطلوب و کاهش شاخص برداشت می‌شود. اثر ترکیبی این عوامل باعث کاهش چشمگیر شاخص برداشت در اثر تغییر اقلیم شده است. قلی‌پور و سلطانی (۲۰۰۹) نیز کاهش شاخص برداشت را در اثر تغییر اقلیم ناشی از خشکی و افزایش دماهای نامطلوب دانستند.

Archive of SID

www.SID.ir

میزان آب مصرفی: تأثیر غیر مستقیم افزایش غلظت CO_2، از طریق افزایش دما باعث افزایش مقدار آب مصرفی در شرایط دیم شد. اما اثر مستقیم افزایش CO_2 تأثیر معنی‌داری بر میزان آب مصرفی نداشت (جدول ۱). در شرایط آبی اثر افزایش دما، باعث کاهش مقدار آب مصرفی خواهد شد که دلیل آن می‌تواند به کوتاه شدن فصل رشد گیاه برگردد. تاثیر مستقیم افزایش غلظت CO_2 و اثر ترکیبی CO_2 و دما نیز باعث کاهش مقدار آب مصرفی شد (جدول ۲) که دلیل آن کاهش هدایت روزنه‌ای متأثر از افزایش CO_2 (داکاچه و همکاران، ۲۰۱۱) و در نتیجه کاهش تعرق و همچنین کاهش طول فصل رشد متأثر از افزایش دما می‌باشد.

کارایی مصرف آب: تأثیر مستقیم دو برابر شدن CO_2 به ترتیب در شرایط دیم و آبی باعث افزایش ۳۱ و ٦ درصدی کارایی مصرف آب شد که از لحاظ آماری این اختلافات معنی‌دار می‌باشند و نشان می‌دهد که در شرایط افزایش CO_2 به ازای مصرف هر واحد آب عملکرد بیشتری نسبت به شرایط نرمال تولید می‌شود که به نظر می‌رسد دلیل آن کاهش هدایت روزنه‌ای متأثر از افزایش غلظت CO_2 محیط (داکاچه و همکاران، ۲۰۱۱) و در نتیجه کاهش تعرق از گیاه باشد. لی و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی که بر روی دو گیاه، یکی از خانواده Cyperaceae که یک گیاه C_3 بود و دیگری یک علف هرز C_4 از خانواده Poaceae انجام دادند، این‌گونه نتیجه گرفتند که افزایش غلظت CO_2 باعث کاهش تبخیر و تعرق گیاه و افزایش کارایی مصرف آب می شود.

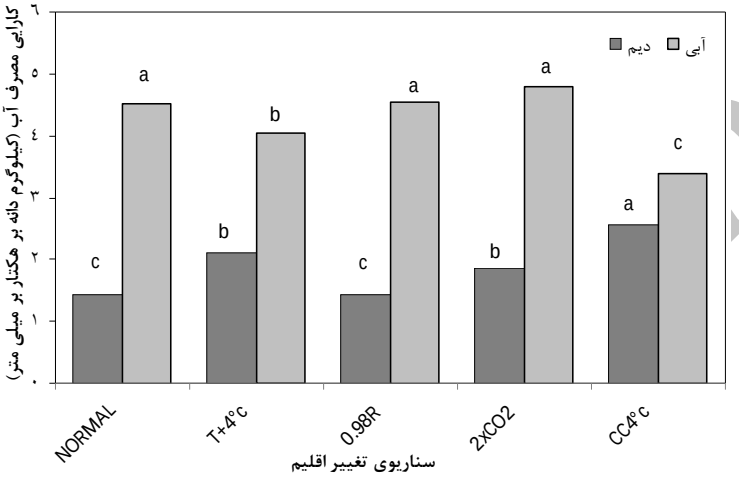
افزایش ٤ درجه سانتی‌گراد دما باعث افزایش ٤٨ درصدی کارایی مصرف آب در شرایط دیم و کاهش ۱۱ درصدی آن در شرایط آبی می‌شود که این اختلافات معنی‌دار می‌باشند. سلطانی و قلی‌پور (۲۰۰٦) نیز در بررسی اثر تغییر اقلیم بر نخود در شرایط مراغه نتایج مشابهی گرفتند. کاهش ۲ درصدی بارندگی بر کارایی مصرف آب چه در شرایط دیم و چه در شرایط آبی در آینده تأثیر معنی‌داری نگذاشت. اما اثر سناریوی ترکیبی آنها باعث افزایش ۸۱ درصدی در شرایط دیم و کاهش ۲۵ درصدی کارایی مصرف آب در شرایط آبی شد (شکل ۲). قلی‌پور و سلطانی (۲۰۰۹) نیز افزایش کارایی مصرف آب در اثر تغییر اقلیم را در کشت دیم گندم در شرایط تبریز پیش‌بینی کردند.

کارایی مصرف آب عبارت از نسبت عملکرد محصول به تبخیر و تعرق انجام شده بر حسب کیلوگرم دانه بر هکتار بر میلیمتر است (سلطانی و فرجی، ۲۰۰٦). با توجه به اینکه تغییر در میزان تبخیر–تعرق اندک است، بنابراین دلیل افزایش کارایی مصرف آب همراه با بالا رفتن دما در شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

دیم، می‌تواند افزایش عملکرد باشد. همچنین دلیل کاهش کارایی مصرف آب همراه با افزایش دما در شرایط آبی نیز همین نکته می‌باشد.

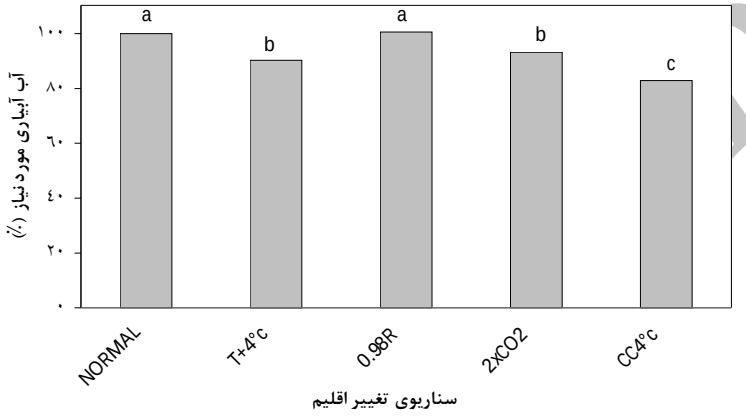


شکل ۲- اثر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بر کارایی مصرف آب نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه (مقایسه میانگین برای دیم و آبی به صورت جداگانه انجام شده است)

میزان آب آبیاری مورد نیاز در شرایط آبی: بر اساس نتایج شبیه‌سازی شده، پیش‌بینی می‌شود در آینده میزان آب آبیاری مورد نیاز برای کشت نخود جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد در کرمانشاه کاهش یابد. دلیل این امر می‌تواند افزایش کارایی تعرق به علت کاهش هدایت روزنه‌ای ناشی از افزایش CO_2 و همچنین کاهش طول دوره رشد گیاه در اثر افزایش درجه حرارت باشد که باعث زودرسی گیاه می‌شود. خروجی‌های مدل کاهش ۷ درصدی میزان آب آبیاری مورد نیاز ناشی از تأثیر مستقیم دو برابر شدن CO_2 را نشان می‌دهند که با شرایط فعلی اختلاف معنی‌داری دارد. همچنین در اثر افزایش ٤ درجه سانتی‌گراد دما میزان آب موردنیاز ۱۰ درصد کاهش پیدا می‌کند که این اختلاف نیز معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثر ترکیبی دو برابر شدن CO_2 باعث کاهش معنی‌دار و ۱۷ درصدی میزان آب مورد نیاز برای آبیاری نخود در شرایط کرمانشاه شدند (شکل ۳). کوچکی و همکاران (۲۰۰٦) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند و کم شدن میزان آب آبیاری مورد نیاز نخود را در اثر تغییر اقلیم

Archive
www.SID.ir

پیش‌بینی کردند اما در مورد آفتابگردان نتایج عکس بود و میزان آب آبیاری بیشتری پیش‌بینی شد. داکاچه و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی سیب‌زمینی در انگلستان، این‌گونه نتیجه گرفتند که برای رسیدن به پتانسیل عملکرد در آینده نیاز به آبیاری به مراتب بیشتری (۱٤ تا ۳۰ درصد بسته به مکان و سناریوی انتشار) می‌باشد.



شکل ۳- اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر آب آبیاری مورد نیاز جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد نخود در کرمانشاه (مقایسات بر اساس درصد اختلاف نسبت به شاهد می‌باشد)

سلطانی و قلی‌پور (۲۰۰٦) با یک نرم‌افزار شبیه‌سازی رشد و نمو نخود با نام CICER به بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی نخود در شرایط دیم و آبی مراغه (شمال غرب ایران) پرداختند. این مدل ساده شده مدل‌های دانشگاه واگنینگن هلند می‌باشد و با مدل SSM-Chickpea، به کار رفته در این پژوهش تفاوت‌های قابل توجهی ازلحاظ ساختاری دارد. با این حال روند تغییرات رشد، عملکرد و مصرف آب نخود ناشی از تغییر اقلیم نسبتاً مشابه بوده و به نظر می‌رسد تفاوت‌ها ناشی از تغییر شرایط محیطی باشد تا تفاوت در ساختار مدل‌ها.

برزگر و سلطانی (۲۰۰۷) جنبه‌های مختلف تغییر اقلیم مانند افزایش غلظت CO_2 اتمسفری، افزایش دما و تغییرات بارندگی را از طریق اثر بر رشد گیاهان زراعی و سرعت تعرق بر عملکرد گیاهان زراعی مؤثر دانستند و اظهار داشتند اثر قطعی تغییر اقلیم بر عملکرد گیاهان زراعی به اثر متقابل بین این عوامل متفاوت بستگی دارد. ایشان از مدل اصلاح شده Cyrus که برای گیاه نخود تهیه شده

Archive of SID
www.SID.ir

بود استفاده کردند و شبیه‌سازی را برای شرایط شمال غرب کشور (مراغه) انجام دادند. این مدل از لحاظ ساختاری مشابه مدل SSM-Chickpea و از سری مدل‌های سینکلر می‌باشد. نتایج این مطالعه با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت داشته و افزایش عملکرد نخود دیم را بر اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی کردند.

مرا و همکاران (۲۰۰۶) اثرات تغییر اقلیم را بر دو گیاه ذرت به عنوان یک گیاه C_4 و سویا به عنوان یک گیاه C_3 به کمک مدل DSSAT، برای سویا CROPGRO و برای ذرت CERES-Maize بررسی کردند. نتایج نشان داد که گیاه سویا (C_3) نسبت به دماهای بالا و گیاه ذرت (C_4) نسبت به کاهش بارش‌ها حساس هستند. این در حالی است که واکنش گیاه نخود به دماهای بالا در شرایط دیم در این پژوهش مثبت ارزیابی شد که می‌تواند به علت تأثیر آن بر فنولوژی و زودرس کردن گیاه باشد که باعث عدم برخورد با تنش خشکی آخر فصل می‌شود. به نظر می‌رسد حساسیت گیاه سویا به افزایش درجه حرارت به علت فصل کاشت متفاوت آن نسبت به نخود باشد.

نتیجه‌گیری کلی

افزایش غلظت CO_2 به‌صورت مستقیم اثرات مثبتی بر نخود به‌عنوان یک گیاه C_3 می‌گذارد اما به نظر می‌رسد عامل تعیین کننده عملکرد دانه این گیاه در آینده اثرات غیر مستقیم آن به ویژه افزایش دما باشد. شبیه‌سازی‌ها نشان داد که در آینده شاهد افزایش عملکرد دانه نخود در شرایط دیم خواهیم بود. افزایش دما با تأثیر بر روی فنولوژی، باعث زودرس شدن گیاه نخود شده که این امر موجب عدم برخورد گیاه با تنش خشکی آخر فصل می‌شود که همین امر می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود. اما در شرایط آبی که محدودیت آب وجود ندارد به‌علت کاهش دوره رشد گیاه در اثر افزایش دما و همچنین اثرات منفی دماهای بالا به ویژه در طول پر شدن دانه که باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود، عملکرد کاهش خواهد یافت. برخلاف این‌که پیش‌بینی‌ها بیانگر کاهش میزان آب آبیاری مورد نیاز کشت نخود جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد در آینده است، اما به نظر می‌رسد در آینده با توجه به محدودیت‌های موجود در بخش آب‌های کشاورزی، و با توجه به عملکرد قابل قبول زراعت دیم نخود، سودآوری نسبی زراعت آبی این گیاه برای کشاورزان منطقه کاهش یابد. اگرچه در حال حاضر هم سطح زیر کشت زراعت آبی این گیاه در مقایسه با سطح زیر کشت دیم آن خیلی کم است. از دیگر نتایج قابل توجه این پژوهش افزایش کارایی مصرف آب در شرایط دیم در اثر تغییر اقلیم بود که

Archive of SID

www.SID.ir

به دلیل افزایش عملکرد اتفاق افتاد در حالی که در شرایط آبی به دلیل کاهش عملکرد، روند کارایی مصرف آب هم کاهشی بود.

منابع

1.Abraha, M.G. and Savage, M.J. 2006. Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. Agric. Ecosyst. & Environ. 15:150-160

2.Barzegar, A.B. and Soltani, A. 2007. Effects of climate change on the yield of chickpea under rainfed condition of the north-west of Iran. Proceeding of 2nd National Symposium of Organic Farming, Oct 17-18, University of agriculture Sciences and Natural Resourcess, Gorgan. Iran.

3.Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Marè, C., Tondelli, A. and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Res. 105:1-14.

4.Christensen, J.H., Hewitson, B. Busuioc, A. Chen, A. Gao, X. Held, I. Jones, R. Kolli, R.K. Kwon, W.T. Laprise, R. Magaña Rueda, V. Mearns, L. Menéndez, C.G. Räisänen, J. Rinke, A. Sarr, A. and Whetton, P. 2007: Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

5.CSSA, 2011 Position Statement on Crop Adaptation to Climate Change. Working Group Rep. Position Statement on Climate Change. Working Group Rep. Crop Science Society of America, Madison, WI.

6.Daccache, A., Weatherhead, E.K., Stalham, M.A. and Knox, J.W. 2011. Impacts of climate change on irrigated potato production in a humid climate. Agricu. & Forest Meteoro. 151:1641-1653.

7.Faraji, A., and Soltani, A. 2006. Determination of phenology and optimum early growth rate of Chickpea Under Rainfed Conditions of Gonbad and Gorgan. J. Agric. Sci. of Iran. 20:7.49-59.

8.Faraji, A. and Soltani, A. 2009. The evaluation of yield and many physiological traits in simulated varieties of chickpea under rainfed conditions of Gonbad and Gorgan. Bulletin of Agric. Sci. & Nat. Res. (Special for Agronomy) 1: 1-13.

9.Gholipoor, M. and Soltani, A. 2009. Future climate impacts on chickpea in Iran and ICARDA. Res. J. Environ. Sci. 3: 16-28.

10.Hatfield, J.L., Boote, K.J., Kimball, B.A., Ziska, L.H., Izaurralde, R.C., Ort, D., Thomson, A.M. and Wolfe, D. 2011. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. Agro. J. 103:351-370.

Archive of SID

www.SID.ir

11.IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policy Makers.
12.Koocheki, A., Nassiri, M. Soltani, A. Sharifi, H. and R. Ghorbani. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. Clim. Res. 247-253.
13.Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24:236-246.
14.Li, J., Erickson, J.E., Peresta, G., and Drake, B.G. 2010. Evapotranspiration and water use efficiency in a Chesapeake Bay wetland under carbon dioxide enrichment. Global Change Bio. 16:234-245.
15.Ludwig, F., and Asseng, S. 2006. Climate change impacts on wheat production in a Mediterranean environment in Western Australia. Agric. Syst. 90:159-179.
16.Mera, R.J., Niyogi, D., Buol, G.S., Wilkerson, G.G., Semazzi, F.H.M. 2006. Potential individual versus simultaneous climate change effects on soybean (C3) and maize (C4) crops: An agro technology model based study. Global & Planetary Change 54:163-182.
17.Soltani, A. 2006. Application of SAS in statistical analysis. JDM Press. Mashhad. Iran. 182p.
18.Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in crop plants. JDM Press. Mashhad. Iran. 182p.
19.Soltani, A. and Madah, V. 2010. Simple applied programs for education and research in agronomy. Iranian Society of Ecological Agriculture. Tehran. Iran. 80p.
20.Soltani, A., Torabi, B. and Zarei, H. 2005. Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: application in chickpea. Field Crops Res. 91: 273-285.
21.Soltani, A., and Faraji, A. 2006. Soil, water and plant relationships. JDM Press. Mashhad. Iran. 246p.
22.Soltani, A., Hammer, G.L. Torabi, B.. Robertson, M.J and Zeinali. E. 2006b. Modeling chickpea growth and development: phenological development. Field Crops Res. 99: 1-13.
23.Soltani, A., and Gholipoor, M. 2006. Simulating the impact of climate change on growth, yield and water use of chickpea. Journal of Agri. Sci. & Natur. Resour. 13:2.69-79.
24.Soltani, A., Gholipoor, M. and Ghassemi-Golezani, K. 2007. Analysis of temperature and atmospheric CO_2 effects on radiation use efficiency in chickpea (*Cicer arietinum* L.). J. Plant Sci. 2(1): 89-95.
25.Soltani, A., Robertson, M.J. and Manschadi, A.M. 2006e. Modeling chickpea growth and development: nitrogen accumulation and use. Field Crops Res. 99: 24-34.

Archive of SID

www.SID.ir

26. Soltani, A., Robertson, M.J. Torabi, B. Yousefi-Daz, M. and Sarparast. R. 2006a. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agric. For. Meteorol. 138: 156-167.
27. Soltani, A., Robertson, M.J. Mohammad-Nejad, Y. and Rahemi-Karizaki, A. 2006c. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. Field Crops Res. 99: 14-23.
28. Soltani, A., Robertson, M.J., Rahemi-Karizaki, A., Poorreza, J. and Zarei, H., 2006d. Modeling biomass accumulation and partitioning in chickpea (Cicer arietinum L.). J. Agron. Crop Sci. 192, 379–389.
29. Soltani, A., Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. Field Crops Research 124:252-260.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Plant Production, Vol. 20 (2), 2013
http://jopp.gau.ac.ir

Simulating the impact of climate change on production of Chickpea in rainfed and irrigated condition of Kermanshah

[*]A. Hajarpour[1], A. Soltani[2], E. Zeinali[3] and F. Sayyedi[4]
[1]Ph.D. student, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2,3]Professor and Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, [4]Academic member, Agricultural Research Center of Golestan province
Received: 2012-10-22; Accepted: 2013-04-15

Abstract

Climate change as a result of increase in atmospheric CO_2 concentration and other greenhouse gases may have major effects on productivity of crops in future. The objective of this study was to evaluate the effect of climate change on growth, yield and water consumption of chickpea under rainfed and irrigated conditions of Kermanshah. The studied scenarios were (1) doubling CO_2 concentration (i.e., 700 ppm), (2) 4°C increase in temperature, (3) 2% reduction in the amount of precipitation, and (4) a combination of 700 ppm CO2, 4°C increase in temperature and 2% reduction in precipitation. Simulations were done using SSM-Chickpea model for the mentioned scenarios. Simulation results showed that climate change will cause 89% increase in grain yield under rainfed condition and a 33% decrease under irrigated condition. Although increasing concentration of atmospheric CO_2 had directly positive effects on yield of chickpea, but it was found that increased temperature was more important. Water use efficiency enhanced by 81% under rainfed condition, but decreased by 25% under irrigated conditions. In addition, crop life cycle is shortened due to increase in temperature. According to the simulation results, the amount of required water for irrigated chickpea is reduced in the future. It was concluded that due to limitation of agriculture water, irrigated chickpea will be less profitable in the future; although area under irrigated chickpea is very low now.

Keywords: SSM-Chickpea model, Yield, Water consumption, Carbon dioxide.

*Corresponding Author; Email: Amiragro65@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir