Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

# Impact of climate change on cotton growth and yield (case study: Birjand Plain)

**Fatemeh Ghorbani Barwati [1] | Mohammad Hossein Najafi Mod [2] | Yousef Ramezani | Abbas Khashei Siuki [4]✉**

1. Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.
E-mail: f.ghorbani0034@gmail.com
2. Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, E-mail: mhnajafi@birjand.ac.ir
3. Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: y.ramezani@birjand.ac.ir
4. Corresponding Author, Department of Information Science, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.
E-mail: abbaskhashei@birjand.ac.ir

## Article Info

**Article type:** Research Article

**Article history:**

**Received:** Apr. 22, 2023

**Revised:** Aug. 24, 2023

**Accepted:** Sep. 4, 2023

**Published online:** Oct. 23, 2023

**Keywords**:
Temperature Rise,
Climate Change,
Cotton Yield,
General Circulation Models,
Simulation Model.

## ABSTRACT

The aim of this research is to predict the effects of future climate change on cotton yield in Birjand region. In this research, the BCM2 general circulation model under two release scenarios B1 and A1B in three periods (2025 to 2050, 2050 to 2075, and 2075 to 2100) was examined to predict future climate conditions and to generate daily climate parameters of the LARS-WG microscale model. Daily climate data obtained from LARS-WG output were used as inputs for DSSAT model (crop simulation model) to simulate cotton growth under future climate. The selection and preparation of a suitable plot of land for the implementation of the project was done in the beginning of October 2018. The intended experimental design was factorial split plots. The DSSAT model provided acceptable results for cotton yield and phenological stages, and this success was confirmed when the values simulated by the model were compared with the data collected from the field experiments. The maximum NRMSE is related to HW simulation, which is calculated as 9.7%. The value of this index for simulating the phenology stages is much lower and its value is reduced to 1.5%. The results of this research show that the DSSAT model can be a promising tool for predicting yield, leaf area, nitrogen accumulation, phenology and biomass of different cotton cultivars and other crops grown in the region. It seems that this study is useful and appropriate for farmers and their making decisions. The results of the simulations showed that due to future climate change and increase in temperature and carbon dioxide concentration in Birjand city, cotton yield will increase. On average, under all scenarios, the average yield of cotton will increase by 15% in the period of 2025 to 2050, by 15.44% in the period of 2050 to 2075 and by 18.15% in the period of 2075 to 2100. The simulation has shown that climate change increased cotton yield (from 14.73 to 18.53 percent) and reduced the length of the cotton growing season. The main reason for the increase in cotton yield can be attributed to the increase in carbon dioxide concentration.

Cite this article: Ghorbani Barwati, F., Najafi Mod, M. H., Ramezani, Y., & Khashei Siuki, A. (2023) Impact of climate change on cotton growth and yield (case study: Birjand Plain), *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54 (8), 1131-1145. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.321555.668931

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.321555.668931

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۴، شماره ۸ شاپا: ۲۴۲۳-۷۸۳۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

# اثر تغییراقلیم بر رشد و عملکرد گیاه پنبه (منطقه مورد مطالعه: دشت بیرجند)

فاطمه قربانی برواتی[۱] | محمدحسین نجفی مود[۲] | یوسف رمضانی[۳] | عباس خاشعی سیوکی[۴] ✉

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: f.ghorbani0034@gmail.com
۲. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران. رایانامه: mhnajafi@birjand.ac.ir
۳. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران. رایانامه: y.ramezani@birjand.ac.ir
۴. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران. رایانامه: abbaskhashei@birjand.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقالهٔ پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۲/۲
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۶/۲
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۶/۱۳
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۲/۸/۱

**واژه‌های کلیدی:**
افزایش دما،
تغییر اقلیم،
عملکرد پنبه،
مدل شبیه‌ساز،
مدل‌های گردش عمومی.

**چکیده**

مطالعه اثرات تغییراقلیم بر محصولات کشاورزی می‌تواند موجب بهبود و توسعه راهبردهای مدیریتی در ارتباط با نیازهای مهم کشاورزی در آینده و اتخاذ روش‌های سازگاری و کاهش اثرات سوء تغییراقلیم بر بخش کشاورزی گردد. هدف این پژوهش پیش‌بینی اثرات تغییراقلیم آینده بر عملکرد پنبه در منطقه بیرجند است که مدل گردش عمومی BCM2 تحت دو سناریوی انتشار B1 و A1B در سه دوره (۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰، ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰) برای پیش‌بینی شرایط اقلیمی آینده مورد بررسی و برای تولید پارامترهای اقلیمی روزانه مدل ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های اقلیمی روزانه به‌دست آمده از خروجی LARS-WG به‌عنوان ورودی برای مدل DSSAT (مدل شبیه‌سازی محصول زراعی) به‌منظور شبیه‌سازی رشد پنبه تحت اقلیم آینده استفاده شد. شبیه‌سازی بیان‌گر این بوده است که در مقایسه با دوره پایه، تغییراقلیم عملکرد پنبه را (از ۱۴/۷۳ تا ۱۸/۵۳ درصد) افزایش و طول فصل رشد پنبه را کاهش داد. دلیل اصلی افزایش عملکرد پنبه را می‌توان به افزایش غلظت دی اکسیدکربن نسبت داد.

استناد: قربانی برواتی؛ فاطمه؛ نجفی مود، محمد حسین؛ رمضانی؛ یوسف؛ خاشعی سیوکی؛ عباس (۱۴۰۲)، اثر تغییراقلیم بر رشد و عملکرد گیاه پنبه (منطقه مورد مطالعه: دشت بیرجند)، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۸)، ۱۱۴۵-۱۱۳۱. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.321555.668931

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.321555.668931

## مقدمه

رشد روز افزون جمعیت جهان و در نتیجه نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی از مسائل مهمی است که امروزه بشر با آن روبه‌رو است و در این میان آب یکی از اصلی‌ترین نهاده‌های تولیدات کشاورزی است که بیش از ۹۰ درصد حجم آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. این مسئله هنگامی به یک چالش بزرگ جهانی تبدیل شده است که پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ تعداد ۶۵ کشور جهان با جمعیتی بالغ بر هفت میلیارد نفر با کمبود آب مواجه خواهند بود. در ایران که جزء کشورهای خشک و کم‌آب دنیا محسوب می‌شود، در حال حاضر سرانه آب قابل استحصال برای هر نفر سالانه از چهار الی پنج هزار متر مکعب در سال ۱۳۳۵ به کم‌تر از دو هزار مترمکعب کاهش یافته و پیش بینی می‌شود تا سال ۱۴۰۰ این رقم به کم‌تر از یک هزار متر مکعب در سال برسد (Sepaskhah & Tavakoli., 2006). از طرفی، چون محدودیت منابع آب و خاک به‌عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی مطرح می‌باشد، هم‌اکنون استفاده بهینه از منابع آب در سر لوحه فعالیت های کشورهای مختلف قرار گرفته و باید برای مصرف آب‌های در دسترس به‌عنوان یک کالای با ارزش اهمیت بیشتری قائل شد. پژوهشگران هوا و اقلیم در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش کلی زمین و به دنبال آن وضع اقلیم دهه‌های آتی کره زمین را مهم‌ترین نگرانی موجود می‌شمارند. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن 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 به تبع آن تغییر الگوی بارندگی و تابش خورشیدی می‌شود (Rosenzweig., 1989; Rawlins., 1991; IPCC,. 1992).

از آنجایی‌که تولید محصولات زراعی به‌طور مستقیم به شرایط اقلیمی وابسته است، کشاورزی یکی از اولین بخش‌هایی است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد. اگر چه کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را کنترل کنند، ولی مدیریت و تغییر در فاکتورهایی مانند آبیاری، خاک، رقم، محصول، فعالیت‌ها و تکنولوژی‌های مورد استفاده در کشت محصولات زراعی می‌تواند در کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم بر رشد، نمو و عملکرد محصولات کشاورزی نقش به‌سزایی داشته باشند. تخفیف و سازگاری دو روش شناخته‌شده برای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم می‌باشد. روش‌های تخفیف کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم شامل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فعالیت‌های مدیریتی مختلف از قبیل کاهش کاربرد کودهای شیمیایی (Verge et al., 2007)، مکانیزاسیون، افزایش ترسیب کربن، کشت و کار گیاهان زراعی با هدف تولید سوخت‌های زیستی و حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک می‌باشد (Shiferaw et al., 2009). منظور از سازگاری نیز گزینه‌هایی است که رشد و نمو گیاه طوری تنظیم شود که کم‌تر در معرض تغییرات اقلیمی قرار بگیرد (Rosenzweig &Tubiello., 2007). راه‌کارهای سازگاری بسته به سیستم کشاورزی، منطقه و سناریوهای تغییر اقلیمی متفاوت می‌باشد. از جمله این سناریوها می‌توان به تغییر تاریخ کاشت، تراکم کاشت (Trnka et al., 2004)، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، تغییر در تناوب کاشت، مدیریت آبیاری و غیره اشاره کرد (Smit & Skinner., 2002; Tubiello et al., 2002). Rodríguez-Díaz et al. (2007) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی در حوضه رودخانه جودالکویر در اسپانیا نشان دادند که نیاز آبی یک فصل زراعی در دهه ۲۰۵۰ بین ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت که این افزایش بستگی به محل و الگوی کشت و نیز تغییرات مقدار آب مصرفی در طول فصل زراعی دارد. (Mahrukashani et al., 2010)، برای برآورد ضرایب و ارزیابی مدل DSSAT از داده‌های آزمایش‌های مزرعه‌ای مختلف برای چهار رقم گندم کوهدشت، شیرودی، تجن و زاگرس، در استان گلستان استفاده کردند. بعد از برآورد پارامترهای ژنتیکی، توانایی مدل در شبیه‌سازی مراحل فنولوژیک روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی، تولید ماده خشک در گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، تجمع نیتروژن در گرده افشانی و رسیدگی و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای عملکرد جذرمیانگین مربعات خطا برابر ۶۶۸ کیلوگرم در هکتار بود که۱۸,۲درصد میانگین عملکرد می‌باشد. پیش‌بینی‌های مدل برای سایر ویژگی‌های رشد و نمو نیز مناسب بودند. بنابراین، می توان از این مدل برای شبیه‌سازی این ارقام استفاده نمود. دلقندی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی که با هدف ارزیابی توانایی مدل CERES-Wheat نسخه DSSAT 4.5 در شبیه‌سازی و رشد، عملکرد و مراحل فنولوژیکی گندم (رقم چمران) برای شرایط آب و هوایی شهرستان اهواز صورت گرفت، نشان دادند که بیش‌ترین و کم‌ترین خطای مدل به‌ترتیب مربوط به شبیه‌سازی حداکثر شاخص سطح برگ (۶ درصد) و شبیه‌سازی مراحل فنولوژی (۲ درصد) می‌باشد و به‌طور کلی نتیجه گرفته شد که مدل CERES-Wheat توانایی بالایی در شبیه‌سازی رشد و نمو، مراحل فنولوژیکی و عملکرد گندم برای شرایط آب و هوایی اهواز دارد. Rabiei et al., (2011) نتیجه گرفتند که مدل نیتروژن–خاک از بسته نرم‌افزاری DSSAT، قابلیت شبیه‌سازی سرنوشت نیتروژن در خاک و گیاه را دارد و با دقت قابل قبولی قادر به شبیه‌سازی آبشویی نیتروژن نیتراتی از زیر عمق توسعه ریشه در سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی است.

پنبه یکی از با ارزش‌ترین محصولات کشاورزی و جزء مهم‌ترین گیاهان الیافی است که تأمین‌کننده یکی از ضروری‌ترین نیازهای

انسان یعنی مواد اولیه پوشاک می‌باشد. امروزه پنبه نه‌تنها از نظر صنعت نساجی، بلکه از نظر غذایی نیز بسیار حائز اهمیت است و در بازار جهانی جزء پنج دانه روغنی مهم می‌باشد. علت این امر این‌است که پنبه‌دانه منبع خوبی از روغن و پروتئین بوده و با سابقه‌ای متجاوز از یک قرن روغن آن مصرف خوراکی داشته و تاکنون اثر زیان‌آوری از آن گزارش نشده‌است. این گیاه به‌دلیل تاثیر مستقیم در صنعت و اقتصاد کلی کشور مانند کارخانجات نساجی، پنبه‌پاک‌کنی، روغن‌کشی، کارگاه‌های قالیبافی، بافندگی دستی و تأمین پارچه و روغن نباتی مصرفی مردم دارای اهمیت خاصی است (نجفی‌مود، ۱۳۷۶). در بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن در پنبه نتایج حاکی از آن بود که تأثیر دور آبیاری بر روی صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه رویا، وزن قوزه و عملکرد در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. این نتیجه بیان‌گر اثر تنش در کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های پنبه بود (Fathi & Navabi., 2008). از طرف دیگر اعمال تنش متعادل نه تنها باعث کاهش عملکرد نمی‌شود، بلکه با محدود کردن رشد سبزینه‌ای بر عملکرد محصول اثر مثبت دارد (ذبیحی، ۱۳۹۵).

در این تحقیق از مدل شبیه‌ساز DSSAT استفاده خواهد شد که این مدل در زمینه‌ی شبیه‌سازی اثرات تغییراقلیم بر روی گیاه پنبه تاکنون مورد استفاده قرار نگرفته‌است. از طرفی بررسی‌ها نشان داد که تاکنون اثر تغییراقلیم بر روی پنبه در منطقه بیرجند انجام نشده‌است. هم‌چنین اهداف زیر در این مطالعه دنبال می‌شوند:

۱- شبیه‌سازی بررسی تأثیر تنش آبی بر صفات مهم کمی پنبه با استفاده از نرم افزار DSSAT

۲- واسنجی و ارزیابی مدل DSSAT در شبیه‌سازی فرآیند رشد و عملکرد پنبه در منطقه بیرجند تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری

۳- بررسی سناریوهای A1B و B1 تغییر اقلیم و تعیین اثرات آن بر رشد، عملکرد و مصرف آب پنبه

## مواد و روش‌ها

مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ′۵۳ و °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ′۱۳ و °۵۵ و شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا برای انجام طرح انتخاب گردید. انتخاب و آماده‌سازی قطعه زمین مناسب برای اجرای طرح در اوایل مهر ماه ۱۳۸۸ انجام پذیرفت. طرح آزمایشی مورد نظر، کرت‌های خردشده به‌صورت فاکتوریل بود. چون در این طرح‌ها دقت سنجش در کرت‌های فرعی بیش از کرت‌های اصلی می‌باشد و از طرفی اهمیت تیمار کم‌آبیاری بیشتر از شوری آب آبیاری است، به‌همین دلیل در آن سطوح مختلف شوری ($S_1$، $S_2$ و $S_3$ به‌ترتیب معادل ۲/۲، ۵/۵ و ۸/۳ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان کرت‌های اصلی و دو رقم پنبه (ورامین $V_1$ و خرداد $V_2$) و چهار سطح عمق آب آبیاری ($I_1$، $I_2$، $I_3$ و $I_4$ به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد عمق آب مورد نیاز گیاه)، به‌عنوان کرت‌های فرعی در سه تکرار در نظر گرفته شد. در این آزمایش ابعاد کرت‌های فرعی ۵ × ۴ متر با فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر و فاصله کرت‌های اصلی از هم ۵ متر بودند. پس از کرت‌بندی زمین، در ۸ اردیبهشت نسبت به کاشت بذر اقدام شد.

برای بررسی اثر تغییراقلیم بر رشد، عملکرد و مصرف آب پنبه، از مدل شبیه‌ساز DSSAT و مدل تغییراقلیم LARS-WG استفاده شد. مدل DSSAT یکی از معروف‌ترین و پر استفاده‌ترین مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی است. این مدل رشد و نمو گیاه را به‌عنوان تابعی از آب و هوای روزانه و شرایط خاک و مدیریت گیاه شبیه‌سازی می‌کند. رشد و نمو گیاه به‌صورت روزانه محاسبه می‌شود. اختصاص ماده خشک تابعی از مرحله رشد و نمو گیاه بوده و به‌مقدار بیوماس فراهم برای رشد نیز بستگی دارد. در این مدل معادلات تجربی برای فرایند نمو فنولوژیک، گسترش کانوپی، تشکیل اندام‌ها، فتوسنتز، تخصیص مواد فتوسنتزی و میزان آب خاک به‌کار گرفته شده است. بدین ترتیب مدل قادر است اثرات آب و هوا را بر رطوبت و نیتروژن خاک و رشد و عملکرد شبیه‌سازی کند. برای ارزیابی نتایج شبیه‌سازی هر دو مدل از جذر میانگین مربعات اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی و مشاهدات استفاده شد.

### ورودی و خروجی مدل

DSSAT به اطلاعات ورودی مربوط به هوا، خاک، مدیریت زراعی و رقم زراعی نیاز دارد. قبل از اجرای مدل، لازم است این ورودی‌ها در اختیار مدل قرار گیرند. برای انجام این تحقیق، از مدل CERES-COTTON نسخه DSSAT 4.5 استفاده شد که توسط موسسه‌ی ICASA و در سال ۲۰۱۲ میلادی ارائه شده است .برای شبیه‌سازی توسط مدل، لازم است که داده‌های مورد نیاز برای شبیه‌سازی، تحت فایل‌های خاصی سازماندهی و به مدل ارائه شوند. این فایل‌ها هر کدام جنبه خاصی از رشد و نمو گیاه و یا شرایط محیطی را نشان می دهند. فایل X شامل اطلاعات مدیریت زراعی می‌باشد که توسط زیر مدل XBUILD به مدل ارائه می‌شود. برای ساخت فایل خاک‌شناسی از زیرمدل SBUILD استفاده می‌شود. اطلاعات هواشناسی بایستی حداقل مشتمل بر درجه حرارت حداکثر وحداقل، تشعشع خورشیدی و میزان بارندگی باشند که توسط زیر مدل Weather Man برای مدل تعریف می‌شود. در این تحقیق برای تهیه اطلاعات هواشناسی مورد

نیاز، از ایستگاه سینوپتیک بیرجند استفاده گردید. فایل A شامل مشخصات تولیدی گیاه نظیر عملکرد نهایی، ماده خشک نهایی، حداکثر شاخص سطح برگ تولیدی و غیره می‌باشد و در نهایت فایل T روند تغییرات صفات در طول زمان رشد را شامل می‌شود.

**مدل‌های گردش عمومی جو اقیانوس**

در حال حاضر معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های سه‌بعدی جفت‌شده جوی–اقیانوسی گردش عمومی هوا می‌باشند که به‌طور مخفف از آن به‌عنوان AOGCM یاد می‌شود. این مدل‌ها بر اساس قوانین فیزیکی که توسط روابط ریاضی بیان می‌شوند، استوار می‌باشد. این روابط در یک شبکه سه بعدی در سطح کره زمین حل می‌شوند. اصل بنیادین در این گونه مدل‌ها، فهم و شناسایی فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی حاکم بر سامانه اقلیمی و تأثیر تغییرات اجتماعی و اقتصادی جوامع بر آن‌ها است، که بر اساس توصیه هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، معتبرترین مدل‌ها جهت شبیه‌سازی فرآیندهای موجود در یک سامانه اقلیمی بر مبنای افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای می باشند (Morid & Massah Bavani, 2006). هم‌اکنون بیش از ۴۰ سازمان مختلف در جهان مدل‌های گردش عمومی مختلفی را برای کره زمین توسعه داده‌اند. در این مدل‌ها جهت شبیه‌سازی سناریوهای مختلف انتشار از ۸ متغیر اقلیمی سطح کره زمین از قبیل میزان بارش، متوسط فشار سطح دریاها، تابش خورشیدی، میانگین دمای هوا، دمای نقطه شبنم، سرعت باد (در ارتفاع ۱۲ متری از سطح زمین) حداقل دمای هوا و حداکثر دمای هوا تا سال ۲۱۰۰، استفاده شده است.

**سناریوهای انتشار**

نخستین مرحله در انتخاب سناریو، شناسایی متغیرهای اقلیمی مورد نیاز و سپس تعیین سناریوهایی است که پاسخگوی نیازها باشند. در این تحقیق نیز سعی بر آن است تا جای ممکن انتخاب سناریوها بر اساس مطالب فوق باشد که بتواند طیف وسیعی از تغییرات دوره‌های آتی را به خوبی منعکس نماید. سناریوهای منتخب در این مطالعه عبارتند از: A1B و B1. گزینش این سناریوها و استفاده از آن‌ها به موازات یکدیگر، این امکان را فراهم می‌آورد تا عدم قطعیت ناشی از نتایج مدل را تحت تأثیر هر یک از سناریوها با یکدیگر مقایسه کرده و به تحلیلی جدید از منابع عدم قطعیت دست یافت.

**ریزمقیاس‌نمایی خروجی‌های مدل گردش عمومی هوا**

از آنجا که خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی هوا جهت دست‌یابی به چشم‌اندازهای دوره‌ی آتی و ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم در مقیاس منطقه‌ای به‌طور مستقیم قابل استفاده نمی‌باشد، لذا نیازمند ریزمقیاس‌نمایی با توجه به رفتار اقلیمی مشاهداتی منطقه مورد مطالعه هستند. به‌طور کلی به‌منظور ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل‌های گردش عمومی هوا دو روش اصلی وجود دارد: روش‌های دینامیکی، روش های آماری. در روش نخست معادلات حرکت هوا در شبکه‌های منظم افقی و قائم از سطح زمین تا ارتفاعی نزدیک به استراتوسفر حل می شوند. این معادلات شامل معادلات مومنتم (تکانه)، بقای جرم، قانون عمومی گازها، قوانین ترمودینامیک و شناوری می‌باشند. ریزمقیاس نمایی به روش دینامیکی مستلزم برخورداری از سامانه‌های پردازشی پرسرعت و صرف وقت و هزینه بسیار است. دومین روش، روش ریزمقیاس‌نمایی آماری است که دو وجه تمایز عمده با روش دینامیکی دارد: اول این‌که، نیازمند رفتار مشاهداتی (گذشته) ایستگاه مورد مطالعه بوده و دوم، مدل‌سازی در یک دوره حدود ۲ تا ۳ دهه در کسری از ثانیه انجام می‌شود. با توجه به عدم امکانات لازم و هم‌چنین صرف هزینه‌های سنگین در ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی، در کشور ما بیشتر از روش‌های آماری استفاده می‌شود. از آنجا که خروجی مدل‌های گردش عمومی جو–اقیانوس و دقت روش‌های ریزمقیاس‌نمایی متناسب با مناطق جغرافیایی تغییر می‌کند. جعفرزاده (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای در بیرجند، دقت دو روش ریز مقیاس‌نمایی، مدل مولد اقلیمی LARS-WG و SDSM را مورد بررسی قرار داد، که نتایج حاکی از دقیق‌تر بودن مدل LARS-WG بود و در ادامه از میان کلیه خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی جو اقیانوسی موجود، مدل BCM2[1] انطباق بهتری با داده‌های مشاهداتی داشت. بنابراین، در این تحقیق از مدل ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG و مدل گردش عمومی BCM2 تحت سناریوهای B1 و A1B استفاده گردید.

**مدل LARS-WG**

مدل LARS-WG یکی از مدل‌های مولد داده‌های تصادفی هواشناسی است که برای تولید داده‌های روزانه بارش، تابش، بیشینه و کمینه دمای یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حال و آینده به‌کار می‌رود. در این مدل، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو به روش‌های آماری به گونه‌ای ریز مقیاس می‌شوند که به مقدار واقعی بسیار نزدیک باشد. مدل LARS-WG برای مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی از توزیع‌های

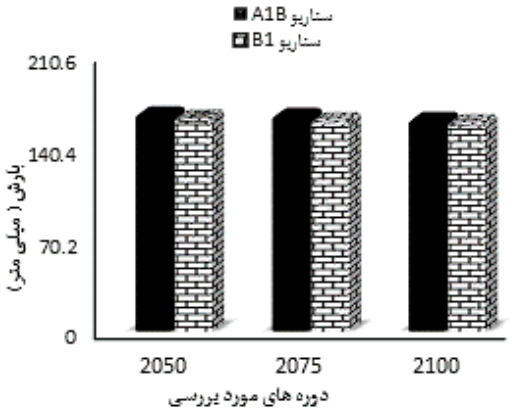
1 Bergen Climate Model Version

آماری شبه‌پارامتری استفاده می‌کند. مبنای این مدل برای مدل‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش توزیع نیمه تجربی می‌باشد. خروجی‌های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش می‌باشد. با توجه به این‌که در مدل LARS-WG، برای تعیین طول دوره روزهای تر و خشک، بارش روزانه و تابش از توزیع نیمه تجربی استفاده می‌شود، ابتدا همبستگی آماری بین خروجی مدل در گذشته با داده‌های دوره آماری ایستگاه هواشناسی به‌دست می‌آید. درصورتی‌که نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه داده‌های تولیدی توسط مدل با داده‌های دوره آماری قابل قبول باشد (نبود اختلاف معنی‌دار)، می‌توان آن‌ها را در سناریوهای اقلیمی آینده مورد استفاده قرار داد. به‌این منظور مدل از روش‌های آماری متعددی مانند کای اسکوئر، آزمون t و آزمون F برای صحت‌سنجی نتایج استفاده می‌کند.

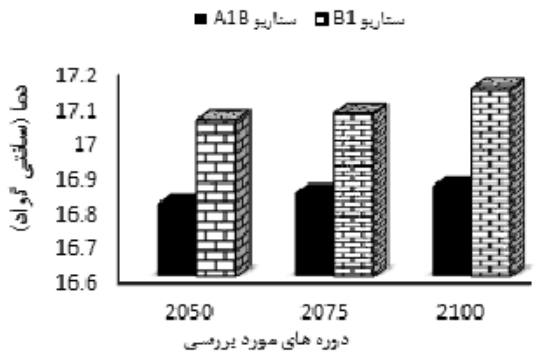
## نتایج و بحث

نمودار مربوط به روند تغییرات دراز مدت میانگین بارش و درجه حرارت سالانه تحت سناریوهای مختلف در دوره‌های آتی برای منطقه بیرجند در شکل (۱) و (۲) نشان داده شده است. در ادامه نتایج مربوط به میانگین تغییرات دما و بارش در سه دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی پایه تحت هر کدام از سناریوهای انتشار در جدول (۱) ارائه شده‌است.

با توجه به جدول مشخص می‌شود که دما و بارش در هر دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی پایه به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد، که این افزایش و کاهش در دوره آتی سوم نسبت به دوره آتی اول و دوم بیشتر خواهد بود. از طرفی میزان افزایش دما وکاهش بارندگی تحت سناریوی B1 نسبت به سناریوی A1B بیشتر است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که میانگین دما در شهرستان بیرجند تحت سناریوهای مختلف در آینده، روند افزایشی خواهد داشت. تحت همه سناریوها به‌طور متوسط در دوره ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰، میانگین دمای شهرستان بیرجند در مقایسه با دوره پایه، دو درصد تغییر می‌کند و به ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در دوره‌ی ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵، میانگین دما در مقایسه با دوره پایه ۲/۱۳ درصد تغییر می‌کند و به ۱۶/۹۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و هم‌چنین در دوره‌ی ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰، میانگین دمای شهرستان بیرجند در مقایسه با دوره پایه ۲/۳۸ درصد تغییر می‌کند و به ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.




**شکل ۱. روند تغییرات دراز مدت میانگین مجموع بارش سالانه تحت سناریوها و دوره‌های مختلف در منطقه بیرجند، دوره‌ها (۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰، ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰)**




**شکل ۲. روند تغییرات دراز مدت میانگین درجه‌حرارت سالانه تحت سناریوها و دوره‌های مختلف در منطقه بیرجند، دوره‌ها (۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰، ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰)**

**جدول ۱. میانگین تغییرات دما و بارش سالانه در سه دوره‌ی آتی نسبت به دوره پایه تحت دو سناریو انتشار ،T: دما، (درجه سانتی‌گراد) و P: بارش، (میلی‌متر)، دوره‌ها (۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰، ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰)**

| دوره | سناریوی $A_1B$ | | سناریوی $B_1$ | |
|---|---|---|---|---|
| | T(°C) | P(mm) | T(°C) | P(mm) |
| ۲۰۲۵–۲۰۵۰ | ۱۶/۸۱ | ۱۶۵/۶۸ | ۱۷/۰۵ | ۱۶۳/۳۵ |
| ۲۰۵۰–۲۰۷۵ | ۱۶/۸۴ | ۱۶۴/۸۸ | ۱۷/۰۷ | ۱۶۱/۲۳ |
| ۲۰۷۵–۲۱۰۰ | ۱۶/۸۶ | ۱۶۱/۴۹ | ۱۷/۱۴ | ۱۵۹/۸۰ |
| دوره پایه | T(° C) | | P(mm) | |
| | ۱۶/۶ | | ۱۷۰ | |

عینی نرگسه و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای اثرات تغییرات اقلیم بر دما را در استان فارس بررسی کردند. نتایج حاکی از افزایش سه درصدی میانگین دمای استان فارس در دوره‌ی ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ بود.

**نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای**

طبق نتایج حاصل شده از طرح تحقیقاتی نجفی‌مود (۱۳۷۶) مشخص شد که با افزایش تنش آبی، میزان ماده خشک نیزکاهش می‌یابد. با افزایش تنش آبی، کاهش فشار آماس سلول‌ها موجب کاهش بازشدگی روزنه‌های برگ‌ها و افت فعالیت فتوسنتزی می‌شود. تولید ماده خشک نیز رابطه مستقیمی با فتوسنتز دارد و به تبع کاهش فتوسنتز، تولید ماده خشک نیز کاهش می‌یابد. نتایج صفات گیاهی مورد نیاز جهت واسنجی مدل، برای هرچهار تیمار آبیاری در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به جدول ۲ با افزایش تنش، میزان عملکرد و صفات گیاهی کاهش پیدا کرده اند.

**جدول ۲. مقایسه میانگین‌های عملکرد، اجزای عملکرد، ارقام پنبه**

| | عملکرد وش (کیلوگرم در هکتار) | تعداد قوزه در مترمربع | وزن قوزه (گرم) | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) |
|---|---|---|---|---|
| I1 | ۸۸۸/۸۰ c | ۲۱/۱۱ c | ۴/۱۱ c | ۳۷/۲۲ d |
| $I_2$ | ۱۵۶۳/۱۴ b | ۳۶/۴۴ b | ۴/۲۶ b | ۴۲/۲۲ c |
| $I_3$ | ۱۹۵۵/۵۵ a | ۴۰/۲۲ ba | ۴/۸۳ a | ۴۷/۰۰ b |
| $I_4$ | ۲۱۲۷/۳۰ a | ۴۳/۲۲ a | ۴/۸۷ a | ۵۴/۵۰ a |

**نتایج واسنجی مدل DSSAT**

به‌منظور واسنجی مدل برای رقم ورامین در منطقه مورد مطالعه، از نتایج تیمار بدون تنش ($I_3$) استفاده شد، هم‌چنین در این تحقیق برای رقم ورامین در فایل اکوتایپ برای شبیه‌سازی دقیق‌تر رشد و نمو پنبه رقم ورامین پنج تا از ضرایب آن اصلاح گردید، که مقادیر آن در جدول (۳) ارائه شده‌است. سپس با تعیین ضرایب ژنتیکی، مدل برای برای رقم ورامین واسنجی گردید. ضرایب ژنتیکی (برحسب روز) رقم پنبه تعیین و در جدول (۴) ارائه شده‌است.

PL-EM (زمان بین کاشت و جوانه زنی)، $EM\text{-}V_1$ (زمان مورد نیاز از جوانه‌زنی تا برگ حقیقی، $R_7\text{-}R_8$ (زمان بین بلوغ فیزیولوژیکی و بلوغ برداشت)، OPTBI (حداقل دمای روزانه بالای آستانه‌ای که در آن اثری بر نمو و گل‌دهی نرمال نداشته باشد)، FL-VS (زمان بین اولین گل تا آخرین برگ در ساقه).

**جدول ۳. ضرایب واسنجی شده اکوتایپ برای رقم ورامین**

| ضریب | PLEM | EM-V1 | $R_7\text{-}R_8$ | OPTBI | FL-VS |
|---|---|---|---|---|---|
| مقدار | ۴ | ۴ | ۱۰ | ۲۰ | ۷۵ |

جدول ٤. ضرایب ژنتیکی واسنجی شده برای رقم ورامین

| ضریب | EM-FL (Day) | FL-SH (Day) | FL-SD (Day) | SD-PM (Day) | FL-LF (Day) | PODUR (Day) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار | ۴۰ | ۱۰ | ۲۱ | ۵۰ | ۶۷ | ۸ |

## نتایج صحت‌سنجی مدل DSSAT

در این تحقیق برای صحت‌سنجی مدل، از نتایج مربوط به سه تیمار دیگر استفاده گردید و نتایج به‌دست آمده در (جدول ۵) ارائه شده است. هم‌چنین نتایج مربوط به مقادیر شاخص آماری صحت‌سنجی مدل در جدول (۶) ارائه گردیده است. نتایج شاخص‌های صحت‌سنجی مندرج در جدول (۶) نشان می‌دهد که مدل DSSAT 4.5 به خوبی مراحل فنولوژی و عملکرد را برای منطقه مورد مطالعه شبیه‌سازی نموده است. مقادیر RMSE و NRMSE که به نوعی کارایی مدل را نشان می‌دهند به‌طور خیلی مناسبی پایین می‌باشد. حداکثر NRMSE، مربوط به شبیه‌سازی HW می‌باشد که ۹/۷ درصد محاسبه گردیده‌است. مقدار این شاخص برای شبیه‌سازی مراحل فنولوژی به مراتب کم‌تر می‌باشد و مقدار آن به ۱/۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. Zheo et al., (2011) در صحت‌سنجی مدل خطای ۱۱ درصد را نشان از کارایی بالای مدل ذکر کردند. ضریب تبیین نیز ۰/۹۹ تا ۱ به‌دست آمده است. بنابراین با توجه به مقادیر $R^2$ و MSE، RMSE می‌توان عنوان نمود که مدل واسنجی شده، توانایی بالایی در شبیه‌سازی عملکرد، اجزای عملکرد و مراحل فنولوژی دارد. ارقام ذکر شده برای شاخص‌های CRM و MBE نشان می‌دهد که نتایج واسنجی مدل DSSAT 4.5، مرحله گل‌دهی را بیش‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده، شبیه‌سازی نموده‌است و این امر برای مراحل رسیدگی فیزیولوژی و عملکرد برعکس می‌باشد. Error شاخص خطای نسبی بوده که هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده کارایی بالای مدل در شبیه‌سازی می‌باشد. d شاخص توافق ویلموت بوده که نزدیک بودن آن به یک نیز بیانگر نزدیکی مقادیر شبیه‌سازی شده به مشاهده شده و در حقیقت کارکرد بهتر مدل است. شاخص توافق d نتایجی با دقت و توافق بالاتری نسبت به سایر معادلات ارائه کرد.

جدول ۵. نتایج مربوط به صحت‌سنجی مدل DSSAT 4.5 برای منطقه بیرجند

| تیمار | AD (DAP) | | MD (DAP) | | HW (Kg/ha) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | O | S | O | S | O |
| $I_1$ | ۶۴ | ۶۳ | ۱۷۲ | ۱۷۷ | ۷۰۶ | ۱۳۱۰ |
| $I_2$ | ۶۴ | ۶۳ | ۱۷۶ | ۱۷۷ | ۱۹۳۸ | ۱۹۸۳ |
| $I_3$ | ۶۴ | ۶۳ | ۱۷۶ | ۱۷۷ | ۲۳۵۲ | ۲۴۴۷ |
| $I_4$ | ۶۴ | ۶۳ | ۱۷۶ | ۱۷۷ | ۲۳۸۰ | ۲۷۵۹ |

AD: گل‌دهی، MD: رسیدگی فیزیولوژیک، HW: عملکرد وش، DAP: روز پس از کاشت، O: مشاهده شده (اندازه‌گیری)، S: شبیه‌سازی شده

جدول ٦. مقادیر شاخص آماری صحت‌سنجی مدل

| شاخص آماری | AD (DAP) | MD (DAP) | HW (Kg/ha) |
|---|---|---|---|
| RMSE | ۱ | ۱ | ۲۳۱/۳۴ |
| NRMSE | ۱/۶ | ۱/۵ | ۹/۷ |
| $R^2$ | ۱ | ۱ | ۰/۹۹ |
| MBE | ۱ | -۲ | -۲۷۳ |
| CRM | -۰/۰۱ | ۰/۰۱۱ | ۰/۱۳ |
| ERROR | ۰/۰۱۵۸۷۳ | ۰/۰۱۱۲۹۹ | ۰/۲۶۹۵۹۲۶ |
| d | ۰/۹۹۹۹۳۸ | ۰/۹۹۹۹۴۳ | ۰/۹۷۶۰۸۱ |

AD: گلدهی، MD: رسیدگی فیزیولوژیک، HW: عملکرد وش، DAP: روز پس از کاشت

با توجه به دقت قابل قبول مدل در پیش‌بینی مراحل فنولوژی، تاکنون از این مدل در مطالعات زیادی استفاده شده‌است. Hundle

(1997) مدل CERES-Wheat را برای شبیه‌سازی مراحل فنولوژیک و عملکرد گندم طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۳ درمنطقه پنجاب هندوستان به‌کار بردند. در این تحقیق مراحل فنولوژیک با دقت خوبی شبیه‌سازی شدند، به‌طوری که اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده برای تاریخ گرده افشانی بین ۶+ تا ۹- و برای رسیدگی فیزیولوژیک بین ۳+ تا ۶- روز بود. پیش‌بینی نمو فنولوژیک یا مراحل نموی گیاه اهمیت زیادی دارد چون تولید و توزیع ماده خشک در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تا حدود زیادی تحت تاثیر زمان وقوع مراحل فنولوژی می‌باشد. به‌همین ترتیب، ممکن است پیش‌بینی تغییرات سطح برگ و سایر فرآیندها به پیش‌بینی نمو فنولوژیک وابسته باشند. مدل‌سازی نمو فنولوژیک در مقایسه با سایر فرآیندها نسبتا مشکل‌تر است، زیرا تفاوت بین گونه‌ها و ارقام زیاد است، انواع واکنش‌های متفاوت وجود دارد و اطلاعات کمّی زیادی نیز وجود ندارد (Soltani et al., 2006). هم‌چنین با توجه به نقش مهمی که مراحل فنولوژی در مدیریت مزرعه (آبیاری، مصرف کود و دیگر نهاده‌ها) برای دست‌یابی به حداکثر تولید دارند به‌نظر می‌رسد مدل DSSAT می‌تواند با پیش‌بینی مراحل فنولوژی در اقلیم‌های متفاوت به‌عنوان یک ابزار برای مدیریت مزرعه مورد استفاده قرار گیرد.

هم‌چنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد با استفاده از مدل DSSAT رضایت‌بخش بود تاکنون مدلDSSAT در تحقیقات بسیاری برای پیش‌بینی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته‌است.(Jamieson et al., (1998 از مقایسه ۵ مدل متفاوت گندم در استرالیا جذر میانگین مربعات خطای ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار را با مدل CERES-Wheat برآورد کردند. Timsina & Humphreys (2006) گزارش کردند که شبیه‌سازی رشد محصول با مدل CERES-Wheat تحت شرایط بدون تنش آب و نیتروژن در مناطق نیمه‌مرطوب هند، نپال، بنگلادش و استرالیا ضریب تغییراتی در محدوه ی ۷ تا ۱۷ درصد برای عملکرد دارد. Delghandi (2016) برای سه رقم گندم در شرایط اقلیمی اهواز با مدل CERES-Wheat به پیش‌بینی عملکرد پرداختند و به جذر میانگین مربعات خطا ۴۶۵ کیلوگرم در هکتار برای عملکرد رسیدند.

**شبیه‌سازی عملکرد پنبه برای دوره پایه (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۶)**

به‌منظور تعیین تاثیرات سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد و رشد پنبه، باید مقدار عملکرد، تحت سناریوهای اقلیمی دوره‌های آتی و دوره‌ی پایه تعیین و مقایسه شوند. بنابراین در گام نخست باید مقدار عملکرد گیاه در دوره‌ی پایه محاسبه شود. به این منظور دوره‌ی ۲۵ ساله‌ی زراعی اخیر (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۶) در شبیه‌سازی به‌کار گرفته‌شد. برای شبیه‌سازی عملکرد این دوره از تیمارهای نرمال استفاده شد. پس از وارد کردن داده‌های مورد نیاز، مدل DSSAT برای دوره‌ی ۲۵ ساله‌ی پایه اجرا گردید. نتایج شبیه‌سازی با استفاده مدل DSSAT درشهرستان مورد بررسی در دوره پایه نشان داد که عملکرد پنبه ۱۸۲۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. روز گلدهی و رسیدگی فیزیولوژی به‌ترتیب برابر ۶۹ و ۱۸۱ روز پس از کاشت بود. این اعداد مبنای مقایسه با نتایج سناریوهای تغییراقلیم در نظر گرفته شدند.

**تاثیر تغییر اقلیم بر عملکرد پنبه برای دوره‌های آتی**

عملکرد پنبه در سه دوره (۲۰۲۵ تا ۵۰، ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰) تحت دو سناریوی انتشار ($B_1$ و $A_1B$) و مدل $BCM_2$ شبیه‌سازی شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در شرایط تغییر اقلیم آینده تحت سناریوهای مذکور انتشار $CO_2$، عملکرد پنبه در شهرستان بیرجند، روند افزایشی را در دوره‌های مختلف نسبت به دوره پایه خواهد داشت. بین دو سناریو و مدل اقلیمی در آینده، عملکرد پنبه در مقایسه با دوره پایه (۱۸۲۹کیلوگرم در هکتار) از ۲۱۴۵ کیلوگرم در هکتار در دوره ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰ تحت سناریو $B_1$ تا ۲۲۴۵ کیلوگرم در هکتار در دوره ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰ تحت سناریو $A_1B$ متغیر خواهد بود.

در مطالعه حاضر کم‌ترین افزایش در عملکرد پنبه تحت سناریوی $B_1$ در دوره ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰ با استفاده از مدل $BCM_2$ به‌دست آمده است که نسبت به عملکرد پنبه دوره پایه ۱۴/۷۳ درصد افزایش نشان داد و بیشترین افزایش عملکرد پنبه تحت سناریوی $A_1B$ در دوره ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰ می‌باشد که نسبت به دوره پایه ۱۸/۵۳ درصد افزایش نشان داد. به‌طورکلی، عملکرد پنبه تحت شرایط تغییر اقلیم در شهرستان بیرجند روند صعودی داشت که با نتایج گزارش شده توسط (Eini Nargese et al., 2015) در مطالعه‌ای بر روی پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی استان فارس با استفاده از مدل APSIM همسو است. در واقع با توجه به اقلیم و میانگین دمای طول فصل رشد مناسب برای رشد و نمو پنبه، افزایش دی‌اکسیدکربن اثرات مثبت بیشتری را بر عملکرد داشته است. در شهرستان بیرجند تحت شرایط تغییر اقلیم آینده و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و میانگین دمای طول فصل رشد، سرعت رشد گیاه افزایش خواهد یافت و درنتیجه عملکرد پنبه در این شهرستان افزایش بیشتری نشان می‌دهد. اثرات متقابل بین دما و دی اکسید کربن در مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی مهم هستند زیرا غلظت دی‌اکسیدکربن و دما در همه نقاط دنیا تقریباً به‌طور همزمان افزایش می‌یابند( Ludwig &

(Asang., 2006). Nichollas (1997) در یک مطالعه در استرالیا گزارش کرد که افزایش دما مسئول ۳۰ تا ۵۰ درصد از عملکرد تولیدی گندم بوده است، زیرا روند افزایشی دما از طریق بالا بردن دمای کمینه و کاهش تعداد وقوع یخبندان بر عملکرد تأثیر مثبت داشته است.

**تاثیر تغییراقلیم بر مراحل فنولوژیک پنبه در شهرستان بیرجند**

هر یک از مراحل نمو پس از دریافت مقدار معینی دما تغییر می‌کند و به مرحله‌ی بعدی وارد می‌شود. تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی پنبه در تمام مدل‌های گردش عمومی و کلیه سال‌های پیش‌بینی شده درهر دو سناریو نسبت به شرایط کنونی منطقه بیرجند کاهش نشان داد (جدول۷). به‌طوری‌که بر اساس این دو سناریو، تعداد روز تا گل‌دهی پنبه حدود ۱۰ درصد نسبت به شرایط کنونی درتمامی سال‌های پیش‌بینی شده کاهش نشان داد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی پنبه در منطقه بیرجند تحت تاثیر تغییرات اقلیمی پیش رو نسبت به وضعیت کنونی کاهش خواهد یافت (جدول۷)، که به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی این امر افزایش دمای هوا بین ۱ تا ۵ درجه سانتی‌گراد (IPPC., 2007) بر اساس سناریوهای مذکور باشد. مشاهده پیش‌بینی تعداد روز تا گل‌دهی پنبه در تمامی سناریوهای مورد استفاده نشان داد که در کلیه سناریوها، با افزایش زمان، تعداد روز در گل‌دهی در گیاه پنبه کاهش یافت، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک پنبه نیز از همین روند پیروی کرد (جدول۷). هم‌چنین تغییرات بارندگی تاثیری بر طول مراحل فنولوژی نداشته‌است. با توجه به این‌که طول دوره‌های فنولوژی تنها تابعی از مقدار دما هستند این نتیجه طبیعی است. با افزایش دما، نیاز حرارتی مراحل رشد و نمو پنبه زودتر تأمین می‌شود و طول دوره رشد کاهش می‌یابد. Meza et al., (2008) نیز با بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر عملکرد و مراحل فنولوژیکی ذرت گزارش کردند که افزایش درجه حرارت باعث تسریع در مراحل فنولوژیکی این گیاه می‌شود و اشاره کردند که در محدوده‌ی بین ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش درجه حرارت منجر به تسریع در سرعت نمو ذرت شده ولی در دمای بالای ۴۱ درجه سانتی‌گراد تمام ارقام ذرت مورد مطالعه به‌شدت تأثیر پذیرفته و باعث کاهش در سرعت نمو و به‌عبارتی اختلال در رشد ذرت شد. ایشان تایید کردند که در شرایط شبیه‌سازی شده تغییر اقلیم در کلیه سناریوهای مورد بررسی، مشاهده شد که تعداد درجه روز رشد (GDD) مورد نیاز برای تکمیل رشد ذرت در زمان کوتاه‌تری تامین شد.

**جدول ۷. تاثیر تغییرات اقلیمی شبیه‌سازی شده تحت تاثیر سناریوها در دوره‌های مختلف بر تعدادی از صفات پنبه نسبت به شرایط پایه در منطقه بیرجند، دوره‌ها (۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰، ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰)**

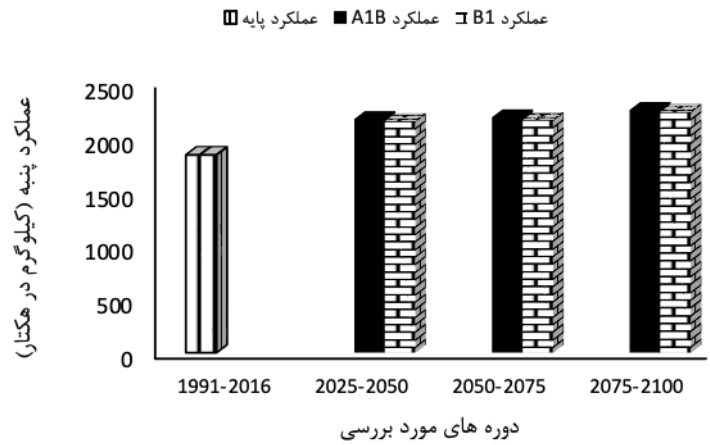
| مدل | سناریو | دوره | زمان گل‌دهی | زمان رسیدگی فیزیولوژی | عملکرد پنبه |
|---|---|---|---|---|---|
| | | پایه | ۶۹ | ۱۸۱ | ۱۸۲۹ |
| | $B_1$ | ۲۰۵۰ | ۶۲ | ۱۷۲ | ۲۱۴۵ |
| | $B_1$ | ۲۰۷۵ | ۶۲ | ۱۷۰ | ۲۱۵۰ |
| $MBC_2$ | $B_1$ | ۲۱۰۰ | ۶۲ | ۱۶۸ | ۲۲۲۶ |
| | $A_1B$ | ۲۰۵۰ | ۶۲ | ۱۶۷ | ۲۱۶۱ |
| | $A_1B$ | ۲۰۷۵ | ۶۲ | ۱۶۵ | ۲۱۷۷ |
| | $A_1B$ | ۲۱۰۰ | ۶۲ | ۱۶۲ | ۲۲۴۵ |

**ارتباط بین عملکرد پنبه و طول فصل رشد در آینده**

نتایج شبیه‌سازی‌ها تحت همه سناریوها و مدل‌های اقلیمی و بررسی رابطه بین عملکرد پنبه و طول فصل رشد نشان داد که بین این دو صفت در شهرستان بیرجند ارتباط معنی‌داری وجود دارد. واکنش عملکرد پنبه نسبت به کاهش طول فصل رشد در شهرستان بیرجند نشان داد که کاهش در طول فصل رشد باعث افزایش عملکرد پنبه تحت هردو سناریو در آینده می‌شود. دلیل این افزایش عملکرد در منطقه مذکور می‌تواند احتمالا عدم هم‌زمانی دوره رسیدگی قوزه با گرمای انتهای فصل رشد باشد. می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌هایی که میانگین دما در فصل رشد بالا است دوره رسیدگی قوزه با گرمای انتهای فصل برخورد نداشته و عملکرد بالاتری به دست می آید و در سال‌هایی که میانگین دما در فصل رشد کم‌تر است طول فصل رشد افزایش خواهد یافت و دوره رسیدگی قوزه با گرمای انتهای فصل برخورد داشته و عملکرد پنبه کم‌تری به‌دست می‌آید. Koocheki et al. (2006) در یک بررسی در تبریز مشاهده کردند که تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از دو مدل اقلیمی GISS و GFDL عملکرد نخود آبی و طول فصل رشد در دوره ۲۰۸۰ در مقایسه با دوره پایه کاهش می‌یابد در حالی که عملکرد آفتابگردان در شرایط مذکور افزایش می‌یابد ولی طول فصل رشد کاهش خواهد یافت. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که عملکرد نخود دیم تحت شرایط مذکور افزایش می‌یابد درحالی که طول فصل رشد در آن کاهش خواهد یافت.

**مقایسه عملکرد پنبه تحت سناریوهای مختلف انتشار**

شکل (۳) عملکرد پنبه را در منطقه مورد مطالعه تحت سناریوها و مدل اقلیمی نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میانگین عملکرد پنبه درمنطقه مورد بررسی تحت سناریوهای مختلف رو به افزایش است (در مقایسه با دوره پایه) و عملکرد پنبه در بین سناریوها متفاوت است. از آنجایی‌که در دوره‌های آینده، اختلاف غلظت دی‌اکسیدکربن و دما در منطقه تحت سناریوهای مختلف انتشار بیشتر است و اثرات متقابل آن‌ها بارزتر می‌شود، اختلاف عملکرد بین سناریوها نیز مشهودتر است. این نتایج نشان می‌دهد که به‌طورکلی در شهرستان بیرجند عملکرد پنبه در دوره ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰ تغییرات کم‌تری را درمقایسه با دوره پایه نشان خواهد داد و بیشترین تغییرات عملکرد پنبه در مقایسه با دوره پایه در دوره ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰ مشاهده می‌شود. هر دو متغیر دما و دی‌اکسیدکربن از عوامل کلیدی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان هستند. دمای بالا به تنهایی و یا همراه با افزایش دی‌اکسیدکربن قادر است صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک متعددی را تحت تأثیر قرار دهد که آن‌ها نیز به نوبه خود قادرند رشد و عملکرد نهایی گیاه را متأثر سازند در تغییر اقلیم آینده تحت سناریوهای مختلف انتشار، دمای هوا نیز تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت دی‌اکسیدکربن این سناریوها قرار می‌گیرد که این تغییرات به نوبه خود عملکرد پنبه را تحت تأثیرقرار می‌دهند. Kochaki et al., (2008) در یک بررسی نشان دادند که افزایش دما و غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن به تنهایی عملکرد گندم آبی را در شرایط پتانسیل بدون محدودیت آب و عناصرغذایی، افزایش می‌دهد. آن‌ها هم‌چنین بیان کردند که افزایش عملکرد پیش‌بینی شده در صورت عدم تأمین آب و نیتروژن کافی تحقق نخواهد یافت.




**شکل ۳. مقایسه بین سناریوهای مختلف انتشار و دوره‌های مورد مطالعه ازنظر عملکرد پنبه**

**اثر تنش آبی بر مدیریت آبیاری روی عملکرد پنبه**

اثر ۱۰ درصد تنش آبی برروی عملکرد پنبه در دوره‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده در جدول (۸) آورده شده است. همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهد، در اثر اعمال ۱۰ درصد تنش کم‌آبی، عملکرد پنبه در دوره‌های مختلف نسبت به عملکرد پنبه در شرایط نرمال کاهش داشته است. به‌طوری‌که کم‌ترین عملکرد مربوط به دوره ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰ با ۲۰۹۲ کیلوگرم در هکتار در سناریوی $B_1$ و بیشترین عملکرد در دوره‌ی ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰ با ۲۱۸۵ کیلوگرم در هکتار در سناریوی $A_1B$ به‌دست آمده است. به‌طور متوسط عملکرد پنبه در دوره‌های مختلف، تحت سناریوی$B_1$، ۱/۸ درصد و در سناریوی $A_1B$، ۲/۱۳ درصد کاهش یافته است که این مقدار کاهش عملکرد چشم‌گیر نمی‌باشد. بنابراین می‌توان این مقدار حجم آب مصرفی را برای دیگر محصولاتی که هم‌زمان با پنبه کشت می‌شوند، اختصاص داد و از این طریق عملکرد آن محصول را افزایش داد. Saadati et al.(۲۰۱۶) در مطالعه‌ای نشان دادند که با افزایش تنش آبی، عملکرد گندم در مشهد کاهش می‌یابد که مؤید نتیجه‌ی به‌دست آمده است. کم آبیاری متوسط به‌علت صرفه‌جویی و افزایش کارآیی مصرف آب برای گیاه پنبه مناسب است، در حالی‌که کم‌آبیاری شدید، اگرچه باعث صرفه‌جویی زیاد در مصرف آب می‌گردد ولی منجر به کاهش عملکرد گردیده که ممکن است مقرون به‌صرفه نباشد.

جدول ۸. تاثیر ۱۰ درصد تنش کم‌آبی برمدیریت آبیاری تحت تاثیر سناریوها در دوره‌های مختلف بر عملکرد پنبه در منطقه بیرجند

| سناریو | دوره | عملکرد (Kg/ha) در شرایط نرمال | عملکرد (Kg/ha) تحت شرایط ۱۰ درصد کم‌آبی |
|---|---|---|---|
| B1 | ۲۰۵۰ | ۲۱۴۵ | ۲۰۹۲ |
| | ۲۰۷۵ | ۲۱۵۰ | ۲۱۱۳ |
| | ۲۱۰۰ | ۲۲۲۶ | ۲۱۶۱ |
| A1B | ۲۰۵۰ | ۲۱۶۱ | ۲۱۲۶ |
| | ۲۰۷۵ | ۲۱۷۷ | ۲۱۴۹ |
| | ۲۱۰۰ | ۲۲۴۵ | ۲۱۸۵ |

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج به‌دست آمده از مدل LARS-WG نشان داد که میانگین دما در شهرستان بیرجند تحت سناریوهای مختلف در آینده، روند افزایشی خواهد داشت. تحت همه سناریوها به‌طور متوسط در دوره‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰، ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ و ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰ میانگین دمای شهرستان بیرجند در مقایسه با دوره پایه، به ترتیب ۲، ۲/۱۳ و ۲/۳۸ درصد تغییر می‌کند. مدل DSSAT، نتایج قابل قبولی را برای عملکرد و مراحل فنولوژی پنبه ارائه داد و این موفقیت هنگامی محرز شد که مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل، با داده‌های جمع‌آوری شده از آزمایشات مزرعه‌ای مورد مقایسه قرار گرفتند. حداکثر NRMSE، مربوط به شبیه‌سازی HW می‌باشد که ۹/۷ درصد محاسبه گردیده است. مقدار این شاخص برای شبیه‌سازی مراحل فنولوژی به مراتب کم‌تر می‌باشد و مقدار آن به ۱/۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. نتایج در این تحقیق نشان می‌دهد که مدل DSSAT می‌تواند یک ابزار امیدبخش برای پیش‌بینی عملکرد، سطح برگ، تجمع نیتروژن، فنولوژی و بیوماس ارقام متفاوت پنبه و دیگر محصولاتی که در منطقه کشت می‌گردد، باشد. به نظر می‌رسد که این مطالعه برای کشاورزان و تصمیماتی که اخذ می‌کنند مفید و مناسب باشد. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که در اثر تغییر اقلیم آینده و افزایش دما و غلظت دی‌اکسید کربن در شهرستان بیرجند عملکرد پنبه روند افزایشی خواهد داشت. به‌طور متوسط تحت همه سناریوها در دوره ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰ میانگین عملکرد پنبه در مقایسه با دوره پایه ۱۵ درصد، در دوره ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵، ۱۵/۴۴ درصد و در دوره ۲۰۷۵ تا ۲۱۰۰، ۱۸/۱۵ درصد افزایش خواهد یافت. اثرات تغییر اقلیم آینده بر خصوصیات رشد و نمو پنبه برآیند دو عامل افزایش دما و دی‌اکسیدکربن خواهد بود. با توجه به افزایش میانگین دمای فصل رشد و مطلوب شدن شرایط برای رشد و نمو پنبه در بیرجند افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اثرات مثبتی را بر رشد و نمو پنبه داشت و عملکرد پنبه به مقدار بیشتری افزایش یافت. همچنین نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که تحت تغییر اقلیم آینده و کاهش بارندگی در شهرستان بیرجند عملکرد پنبه روند کاهشی خواهد داشت. در اثر اعمال ۱۰ درصد تنش به‌طور متوسط عملکرد پنبه در دوره‌های مختلف، تحت سناریوی B1، ۱/۸ درصد و در سناریوی A1B، ۲/۱۳ درصد کاهش خواهد یافت.

## تشکر و قدردانی

از دانشگاه بیرجند به دلیل تأمین امکانات و حمایت مالی لازم به منظور انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه تشکر و قدردانی می‌شود.

**"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"**

## منابع

جعفرزاده، احمد (۱۳۹۵). تهیه مدل بهره برداری از آب‌های زیرزمینی برای تعیین الگوی کشت بهینه در شرایط تغییر اقلیم، دشت بیرجند. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بیرجند.

دلقندی، مهدی؛ اندرزیان، بهرام؛ برومندنسب، سعید؛ مساح بوانی، علیرضا و جواهری، ابراهیم. (۱۳۹۳). ارزیابی مدل CERES-Wheat نسخه DSSAT 4.5 در شبیه سازی رشد، عملکرد و مراحل فنولوژی گندم در شرایط مدیریت‌های مختلف تخصیص آب در مزرعه (مطالعه موردی: شهرستان اهواز). *آب و خاک*، ۲۸(۱)، ۸۲-۹۱.

ذبیحی حمید رضا. (۱۳۹۵). تهیه مدل بهره برداری از آب‌های زیرزمینی برای تعیین الگوی کشت بهینه در شرایط تغییر اقلیم، دشت بیرجند. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بیرجند.

عینی نرگسه، حامد؛ دیهیم‌فرد، رضا؛ صوفی‌زاده، سعید؛ حقیقت، مسعود و نوری، امید. (۱۳۹۴). پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی استان فارس با استفاده از مدل APSIM. *تولید گیاهان زراعی*، ۸(۴)، ۲۰۳-۲۲۴.

نجفی‌مود، محمدحسین. (۱۳۷۶). تأثیر دو روش آبیاری و آبیاری بارانی بر عملکرد و کیفیت پنبه. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

## REFERENCES

Bavani, A. M., &Morid, S. (2006). Impact of climate change on the water resources of ZayandehRud Basin. *JWSS-Isfahan University of Technology*, *9*(4), 17-28. https://doi.org/20.1001.1.24763594.1384.9.4.4.8.

Delghandi M., Andarzian B., Brumandnasab S., Mesbah E., &Jawaheri A. (2013). Evaluation of the CERES-Wheat model DSSAT4.5 version in growth simulation. Performance and phonological stages of wheat under different management conditions of water allocation in the field, Ahwaz, *Water and Soil Journal*, No1 . (PP 82-91), (In persian).

Eini NargeseH.,Dayhemfard R., Sufizadeh S., Haghighat M., & Nuri A. (2015). Prediction of Climate Change Effects on Wheat yield of Fars province using APSIM model, *Crop production publication*. NO 4 (PP 203-224), (In persian).

Fathi, S. A., &Navabi, F. (2008). Effect of drought stress on yield and its components in four cotton genotypes in Darab region.

Hundal, S. S. (1997). Application of the CERES–Wheat model to yield predictions in the irrigated plains of the Indian Punjab. *The Journal of Agricultural Science*, *129*(1), 13-18. https://doi.org/10.1017/S0021859697004462.

IPCC. 1992. IPCC first report on climate change: The 1990 and 1992 IPCC assessment. WMO, Rome, Italy.

IPCC., 2007., Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. *Cambridge University Press*, 881 PP.

Jafarzadeh, A., 2016. Preparation of groundwater exploitation model for determining the optimal cultivation pattern in climate change conditions, Plain of Birjand, Master's thesis, university of Birjand(In persian).

Jamieson, P. D., Porter, J. R., Goudriaan, J., Ritchie, J. V., Van Keulen, H., &Stol, W. (1998). A comparison of the models AFRCWHEAT2, CERES-Wheat, Sirius, SUCROS2 and SWHEAT with measurements from wheat grown under drought. *Field Crops Research*, *55*(1-2), 23-44. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00060-9.

Koocheki, A., Nassiri, M., Soltani, A., Sharifi, H., &Ghorbani, R. (2006). Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. *Climate Research*, *30*(3), 247-253. https://doi.org/10.3354/cr030247.

Ludwig, F., &Asseng, S. (2006). Climate change impacts on wheat production in a Mediterranean environment in Western Australia. *Agricultural Systems*, *90*(1-3), 159-179. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.12.002.

Mahrukashani A., Soltani A., Galeshi S., &kalatearabi M. (2010). Estimation of Genetic Factors and Evaluation of DSSAT Model for Golestan Province Golestan, *Electronic Journal of Crop Production*, NO.2 https://doi.org/20.1001.1.2008739.1389.3.2.15.2

Meza, F. J., Silva, D., & Vigil, H. (2008). Climate change impacts on irrigated maize in Mediterranean climates: evaluation of double cropping as an emerging adaptation alternative. *Agricultural systems*, *98*(1), 21-30. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.03.005.

NajafiMud M. (1997) The Effect of Two Methods of Irrigation and Rainfall Irrigation on the Performance and Quality of Cotton, Master's thesis, university of Mashhad(In persian).

Nicholls, N. (1997). Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. *Nature*, *387*(6632), 484-485. https://doi.org/10.1038/387484a0.

Rabiei M., Ghaysari M., &Mirlatifi M. (2011). Determination of DSSATv4.5 model in order to simulate nitrate leaching in corn field at different levels of water and nitrogen fertilizer, *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources* NO 63. https://doi.org/20.1001.1.24763594.1392.17.63.7.5.

Rawlins, S. L. (1991). Global environmental change and agriculture. *Journal of Production Agriculture*, *4*(3), 291-293.

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. *Regional Environmental Change*, *7*, 149-159. https://doi.org/10.1007/s10113-007-0035-3.

Rosenzweig, C. (1989). Global climate change: Predictions and observations. *American Journal of Agricultural Economics*, *71*(5), 1265-1271. https://doi.org/10.2307/1243119.

Rosenzweig, C., &Tubiello, F. N. (2007). Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of

potential synergies. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, *12*, 855-873. https://doi.org/10.1007/s11027-007-9103-8.

Saadati, Z., Delbari, M., Amiri, A., Panahi, M., Rahimian, M. h. And Ghodsi, M., (2016). Evaluation of CERES-Wheat model in simulating the yield of wheat cultivars under different irrigation treatments. *Journal of Soil and Water Protection.5 (3):73-84*

Sepaskhah, A., & Tavakoli, A. (2006). Principles and Applications of Irrigation, Iran National Irrigation and Drainage Committee.

Shiferaw, B. A., Okello, J., & Reddy, R. V. (2009). Adoption and adaptation of natural resource management innovations in smallholder agriculture: reflections on key lessons and best practices. *Environment, development and sustainability*, *11*, 601-619. https://doi.org/10.1007/s10668-007-9132-1.

Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, *7*(1), 85-114. https://doi.org/10.1023/A:1015862228270.

Soltani, A., Robertson, M. J., Mohammad-Nejad, Y., & Rahemi-Karizaki, A. (2006). Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. *Field crops research*, *99*(1), 14-23. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.02.005.

Timsina, J., & Humphreys, E. J. A. S. (2006). Performance of CERES-Rice and CERES-Wheat models in rice–wheat systems: A review. *Agricultural systems*, *90*(1-3), 5-31. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.11.007.

Trnka, M., Dubrovský, M., &Žalud, Z. (2004). Climate change impacts and adaptation strategies in spring barley production in the Czech Republic. *Climatic Change*, *64*(1-2), 227-255. https://doi.org/0.1023/B:CLIM.0000024675.39030.96.

Tubiello, F. N., Rosenzweig, C., Goldberg, R. A., Jagtap, S., & Jones, J. W. (2002). Effects of climate change on US crop production: simulation results using two different GCM scenarios. Part I: wheat, potato, maize, and citrus. *Climate research*, *20*(3), 259-270. https://doi.org/10.3354/cr020259.

Verge, X. P. C., De Kimpe, C., & Desjardins, R. L. (2007). Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential. *Agricultural and forest meteorology*, 142(2-4), 255-269. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.06.011.

Zabihi H R,. (2016), Preparation of groundwater exploitation model for determining the optimal cultivation pattern in climate change conditions, Plain of Birjand, Master's thesis, university of Birjand (In persian).

Zhao, H., Gao, G., Yan, X., Zhang, Q., Hou, M., Zhu, Y., & Tian, Z. (2011). Risk assessment of agricultural drought using the CERES-Wheat model: a case study of Henan Plain, China. *Climate Research*, *50*(2-3), 247-256. https://doi.org/10.3354/cr01060.

# Impact of climate change on cotton growth and yield (case study: Birjand Plain)


## EXTENDED ABSTRACT

**Introduction**

The global population growth results in a termondous demands for agricultural products accounting for more than 90% of water consumption. Besides, the climate changes, global warming, and water shortage will further generates sustanibility challenges. Agriculture is one of the first sectors that affected by climate change. Hence, evaluating the effect of climate change on the agricultural crops, especially in water-scarce countries like Iran, can play a key role in reducing the unfavour impacts of climate change on development and profitability of this sector. The present srudy was aimed to predict the effects of future climate change on cotton yield in Birjand region.

**Material and Methodes**

In this research, the BCM2 general circulation model under two release scenarios B1 and A1B in three periods (2025 to 2050, 2050 to 2075, and 2075 to 2100) was examined to predict future climate conditions and to generate daily climate parameters of the LARS-WG microscale model. Daily climate data obtained from LARS-WG output were used as inputs for DSSAT model (crop simulation model) to simulate cotton growth under future climate changes. The selection and preparation of a suitable plot of land for the implementation of the project was done in the beginning of October 2018. The intended experimental design was factorial split plots.

**Results and Disscusion**

The DSSAT model provided acceptable results for cotton yield and phenological stages, and this success was confirmed when the values simulated by the model were compared with the data collected from field experiments. The maximum NRMSE is related to HW simulation, which is calculated as 9.7%. The value of this index for simulating the phenology stages is much lower and its value is reduced to 1.5%. Also, the results showed that under the future climate change and decreasing in rainfall in Birjand, the cotton yield will decrease. As a result of applying 10% stress, cotton yield will decrease by 1.8% in B1 scenario and 2.13% in A1B scenario. Morever, our data showed that the DSSAT model can be a promising tool for predicting yield, leaf area, nitrogen accumulation, phenology, and biomass of different cotton cultivars and other crops grown in the region. It seems that this study is useful and appropriate for farmers and their making decisions. The results of the simulations showed that due to future climate change and increase in temperature and carbon dioxide concentration in Birjand city, cotton yield will increase.

**Conclusion**

On average, under all scenarios, the average yield of cotton will increase by 15% in the period of 2025 to 2050, by 15.44% in the period of 2050 to 2075 and by 18.15% in the period of 2075 to 2100. The simulation has shown that climate change increased the yield (from 14.73 to 18.53 percent) and reduced the length of cotton growing season. The main reason for the increase in cotton yield can be attributed to the increase in carbon dioxide concentration.


**Keywords**: **Temperature Rise, Climate Change, Cotton Yield, General Circulation Models, Simulation Model.**