نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۶ شماره ۳ / ۱۳۹۵

شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر تولید گندم در شرایط دیم ارومیه

نبی خلیلی اقدم[۱*]، تورج میرمحمودی[۲]، سیلا میرآب یگانه[۳]

تاریخ دریافت: ۹٤/٥/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹٥/٥/۲۳

۱-استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور
۲-استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
۳-دانش اموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
*نویسنده مسئول: Email: Nkhaliliaqdam@yahoo.com

چکیده

بروز تغییر اقلیم از طریق تغییرات دمائی و بارش در دهه‌های آتی امری حتمی است. بنابراین قبل از برنامه ریزی جهت تقابل با این پدیده، مطالعه اثرات متقابل آنها ضروری است. به این منظور عملکرد گندم رقم سرداری و دوازده رقم تغییر یافته ژنتیکی فرضی در منطقه ارومیه در طی ۳۱ سال گذشته و ۲٦ سال آینده در شرایط کشت دیم ارومیه با استفاده از مدل آب و هوائی LAS-WG و مدل SSM-Wheat بررسی شد. نتایج خروجی مدل برای دوره آینده (۲۰۱٤-۲۰٤۰) حاکی از افزایش میانگین دمای حداقل وحداکثر به ترتیب ۰/۷۳و۰/٦٥ درجه سانتیگراد در طی ۲٦ سال آینده و به همین ترتیب کاهش میانگین میزان بارش روزانه در طول سال از ۱/۲ میلی متر(در شرایط گذشته) به ۰/۹۸ میلیمتر در روز(در شرایط اقلیم آینده) و کاهش میانگین تشعشع دریافتی روزانه به میزان ۰/۱٤ مگاژول بر مترمربع در روز در طی ۲٦ سال آینده بود که چنین وضعیتی بیانگر نوعی تغییر اقلیم این ناحیه به سمت گرم شدن، تغییرات بارش بویژه از نقطه نظرتوزیع و میزان بارش خواهدبود. شبیه سازی تولید محصول گندم در طی دوره های گذشته و آینده نشان داد که مهمترین عامل موثر در افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت، ۲۰ درصد کاهش زمان تا شروع پرشدن دانه (رشد رویشی) ضمن کاهش ۲۰ درصد زمان تا پایان رشد دانه (عدم برخورد دوره پرشدن دانه با خشکی انتهای فصل) و ۲۰ درصد افزایش کارائی مصرف نور بود. بالاترین عملکرد دانه و شاخص برداشت در ارقام فرضی C1 (افزایش ۲۰ درصد روز تا پایان رشد برگ)،C4 (کاهش ۲۰ درصد روز تا شروع رشد دانه+کاهش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه)، C6 (کاهش ۲۰ درصد روز تا شروع رشد دانه+افزایش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه) و C9 (افزایش۲۰ درصد کارائی مصرف نور) شبیه‌سازی شد، ضمن اینکه بالاترین بیوماس تولیدی نیز به ارقام فرضی C3 (افزایش ۲۰ درصد روز تا شروع رشد دانه+افزایش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه)، C8 (کاهش ۲۰ درصد روز تا پایان رشد دانه) و C9 (افزایش ۲۰ درصد کارائی مصرف نور) اختصاص یافت. بنابراین در زراعت آینده گندم باید ضمن توجه به تغییرات درتوزیع و میزان بارش به توزیع مناسب رطوبت بین مراحل رویشی و زایشی و بهبود کارائی مصرف نور گیاه نیز توجه داشت زیرا می‌تواند مهم‌ترین عامل افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط حال و آینده باشد.

واژه‌های کلیدی: ارومیه، تغییر اقلیم، شبیه‌سازی، گندم

Simulation of Climate Change Effect on Wheat Production In RainFed Conditions of Uremia

Nabi khaliliaqdam[1*], Tooraj Mir-Mahmoodi[2], Sila Mirab Yegane[3]

Received: August 14, 2015 Accepted: August 13, 2016
1-Assist. Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Iran.
2-Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
3-The former MSc Student of Agronomy and Plant Breeding, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
*Corresponding Author: Email: Nkhaliliaqdam@yahoo.com

Abstract

The occurrence of climate change via temporal and rainfall changes during future decades is inevitable. So, before programing for contrast with this phenomena, studying their interaction is necessary. Hence production of wheat (cv. Sardari) and 12 theorical genetic changed cultivars studied in Uremia during 31 years before and 26 years in future in rain fed conditions using of LARS-WG and SSM-Wheat models. Results for next years (2014-2040) indicated on increasing in mean of minimal and maximal temperatures (0.73 and 0.65 ^{o}C respectively) and decreasing in mean of rainfall from 1.2 mm/day to 0.98 mm/dam and diminishing in mean of daily radiation about 0.14 MJ.m^{-2}.d which really is a climate change up to warming, changes in precipitation especially in range and distribution. Results of simulation of wheat production showed that the important effective factors in increasing of yield and harvest index are 20% increasing in time from sowing to seed filling beginning (vegetative growth) mid 20% decreasing in time from sowing to seed filling finishing(not contact of seed filling phase with drought of season end) and 20% increasing in RUE. The most grain yield and HI simulated in theatrical cultivars as: C1, C4, C6 and C9, so the most biomass obtained in C3, C8 and C9 cultivars. Thus we must attend to changes in precipitation range and distribution, so to optimal distribution between vegetative and generation phases with improvement of RUE if we want cultivate wheat in future because it could be the important agent which increase wheat yield in now and future conditions.

Keywords: Climate Change, Simulation, Urmia, Wheat

مقدمه

برای ارزیابی راههای افزایش عملکرد گیاهان زراعی شناخت نهایت عملکرد بالقوه این گیاهان و عوامل محدودکننده عملکرد اعم از عوامل اقلیمی و ژنتیکی اهمیت فراوانی دارد. با درنظر گرفتن سه مرحله اصلاح گیاهان(شناسائی صفت، ارزیابی تنوع ژنتیکی و انتقال ژن) برای صفات فیزیولوژیک، درک کافی از خصوصیات گیاهی و نحوه عمل آنها از شروط اساسی است. از آنجائیکه آزمایشهای مزرعه ای یکی از راههای رسیدن به شناخت این خصوصیات و مکانیسم آنها است و اینکه انجام این آزمایشها عموماً بسیار پرهزینه و زمان بر هستند، بنابراین استفاده از مدلهای آزمون شده راه جایگزین خوبی برای ارزیابی راه بردهای مختلف مدیریت زراعی و به نژادی هستند(سلطانی و همکاران

۲۰۰۰، اکرم قادری و سلطانی ۱۳۸٦). مدل‌های شبیه-سازی ابزار مؤثری جهت طراحی تیپ‌های گیاهی، از طریق ارزیابی صفاتی هستند که باعث افزایش پتانسیل عملکرد می‌شوند و همچنین برای درک واکنش گیاهان زراعی به پویایی سیستم آب – خاک – گیاه – اقلیم استفاده می‌شوند (سلطانی ۲۰۰۹). این کار از طریق ایجاد ارقام فرضی و مطالعهٔ اثر متقابل آنها با یکدیگر و با محیط صورت می‌گیرد (سینکلر ۲۰۰۰، سینکلر و ماچاو ۲۰۰۱، هامر وهمکاران ۲۰۰۲، بوت وهمکاران ۲۰۰۳، هوگن لوم و همکاران ۲۰۰٤، ریتز و همکاران ۲۰۱۰، سلطانی و سینکلر ۲۰۱۰، قادری فر و همکاران ۲۰۱۲). علاوه بر این استفاده از مدل‌ها باعث درک راحت‌تری از اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط می‌شود (سلطانی و همکاران ۲۰۰۵). دسترسی به آب یک محدودیت جدی برای مناطق خشک و نیمه خشک است. طراحی تیپ‌هایی از گیاهان برای محیط‌های آب محدود، که بتوان فنولوژی گیاه را با منابع و محدودیت‌های محیط تطبیق داد، نقطه نظر مشترک بسیاری از محققین زراعی است (کانتولیک و همکاران ۲۰۰۷).

از مدلهای ساده که استفاده و تفسیر نتایج انها آسان است، بصورت موفقیت آمیزی دربررسی پتانسیل عملکرد و محدودیتهای محیطی،ژنتیکی و مدیریتی مربوط به آن استفاده شده است (فرجی و سلطانی ۱۳۸٦). سلطانی و همکاران(۲۰۰۵) با استفاده از یک مدل شبیه-سازی نخود، در شرایط دیم و آبی در گنبد نشان دادند که، دیررسی از طریق افزایش روز بیولوژیک از شروع پرشدن دانه تا اولین رسیدگی و دیررسی از طریق افزایش توأم روز بیولوژیک از شروع پر شدن دانه تا اولین رسیدگی باعث ۹-۷ درصدی افزایش در عملکرد دانه رقم هاشم در شرایط دیم شد. نتایج شبیه سازی حجارپور و همکاران (۱۳۹۲) نیز روی نخود با استفاده از مدل SSM-Chickpea نشان داد که افزایش درجه حرارت سبب کاهش طول دوره رشد گیاه شده است.

مطالعه اثرات تغییر اقلیم به معنای افزایش درجه حرارت و غلظت دی اکسید کرن و تغییر در بارندگی بر سیستم‌های کشت می‌تواند به گسترش استراتژی‌های سازگاری مورد نیاز کمک کند که در نتیجه این استراتژی‌های می‌توانند عملکرد بیشتر و پایداری را تولید کنند (سلطانی و قلی‌پور ۲۰۰٦). از راههای بهبود ژنتیگی عملکرد گیاهان زراعی که در شرایط دیم ایران دارای سطح زیر کشت وسیعی هستند، تطبیق فنولوژی گیاه با میزان آب قابل دسترس، افزایش راندمان استفاده از تشعشع خورشیدی ، افزایش یا کاهش رشد اولیه گیاه و استفاده از خصوصیاتی است که سبب افزایش مقاومت گیاه به خشکی میشود (سلطانی و همکاران ۲۰۰۰). بنابراین در این پژوهش کوشش شده است تا راهبردهای به‌نژادی مختلف به منظور افزایش عملکرد، شاخص برداشت و بیوماس گندم در شرایط دیم در زمان حال و آینده مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تولید داده‌های اقلیمی

منطقه مورد مطالعه و داده های مورد نیاز:
منطقه مورد مطالعه در این پژوهش (ارومیه) در شمال غرب ایران در محدوده ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ٤٥ درجه و ٥ دقیقه طول شرقی و ارتفاع متوسط ۱۳۱/۹ متر قرار دارد. این ناحیه از نظر طبقه بندی اقلیمی طبق روش تحلیل چندمتغیره در ناحیه اقلیمی زاگرس و زیرناحیه نیمه مرطوب معتدل و بر طبق طبقه بندی دومارتن دارای آب و هوای مدیترانه ای است. داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعات آفتابی ایستگاه همدیدی ارومیه در یک دوره۳۱ ساله (۱۹۸۲-۲۰۱۳) می باشد که از مرکز آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور اخذ و سپس آزمون نرمال بودن داده‌ها صورت گرفت.

مدل LARS-WG5 از سه بخش اصلی تشکیل شده‌است که عبارتند از: کالیبراسیون، ارزیابی و تولید یا شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی دهه‌های آینده. نیاز اساسی مدل در مرحله کالیبراسیون، فایلی است که مشخص کننده رفتار اقلیم در دوره گذشته می باشد. این فایل با استفاده از داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی ایستگاه همدیدی ارومیه با در نظر گرفتن یک دوره ۳۱ ساله (۱۹۸۲-۲۰۱۳) به عنوان دوره پایه، تهیه شده و مدل بر اساس آن اجرا شد. در مرحله بعد با استفاده از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین انحراف خطا (MBE) و میانگین خطای مطلق (MAE) (روابط ۱ تا ٤) در محیط نرم‌افزار SAS (SAS ۲۰۰۹) اقدام به ارزیابی داده‌های تولید شده توسط مدل در دوره پایه و مقایسه آن‌ها با داده‌های واقعی (مشاهده شده) گردید. همچنین بااستفاده از آزمون t-test می توان صحت سنجی نتایج مدل را مورد آزمون قرار داد. در صورتی که نتایج به دست آمده از مقایسه داده های تولیدی توسط مدل با داده های دوره آماری قابل قبول باشد (نبود اختلاف معنی دار)، می توان آن ها را در سناریوهای اقلیمی آینده مورد استفاده قرار داد.

رابطه ۱

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})(Y_i-\overline{Y})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\overline{Y})^2}$$

رابطه ۲

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-Y_i)^2}{n}}$$

رابطه ۳

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i-Y_i|}{n} \qquad MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-Y)}{n}$$

در این روابط X_i و Y_i به ترتیب iامین داده واقعی (مشاهده شده) و شبیه‌سازی شده توسط مدل، $\overline{X}$ و $\overline{Y}$ میانگین کل داده‌های X_i و Y_i در جامعه آماری و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند. پس از اطمینان از صحت نتایج ارزیابی و قابلیت مدل LARS-WG5 در شبیه‌سازی داده‌های مشاهده شده‌ی هواشناسی، اقدام به اجرای مرحله سوم یا شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی دوره ۲۰٤۰- ۲۰۱٤ گردید. نیاز اساسی مدل برای اجرای این مرحله، دو فایل با پسوند WG و Sce است. فایل اول همان داده‌های روزانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره پایه می‌باشد و فایل دوم از خروجی یکی از مدل‌های گردش عمومی جو در دوره مشابه با دوره پایه به دست می‌آید. در حقیقت در این مرحله، مدل با استفاده از رفتار اقلیم در دوره پایه و ریز مقیاس نمایی آماری داده‌های یک مدل گردش عمومی جو، پارامترهای اقلیمی آینده را در حد مقیاس منطقه مورد مطالعه (ایستگاه های هواشناسی)، شبیه‌سازی می-کند. در این تحقیق از داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 که یکی از مدل‌های جفت شده اقیانوسی-جوی است و توسط مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا طراحی شده، به عنوان فایل Sce استفاده شد. سناریوی مورد استفاده تغییر اقلیم نیز سناریوی A_2 بود که مبین افزایش جمعیت جهانی، غلظت CO_2، متوسط دما و سطح آب دریا به ترتیب تا ۱۵/۱ میلیارد نفر، ۸۳٤ پی‌پی‌ام، ۳/۱ (درجه سانتی‌گراد) و ٦۲ سانتی‌متر از سال ۱۹۹۰ تا ۱۰۰ سال آینده است. از آن جایی که در تمامی سال ها انحراف معیارمتوسط سالیانه تمامی متغیرها از انحراف معیار دوره آماری کم تر است

و انتظار بر این است که مقادیرحدی اقلیمی در آینده افزایش یابد، در نتیجه، برای رفع این نقیصه ضمن حفظ میانگین ها، انحراف معیار این متغیرها به نسبت انحراف معیار داده های مشاهده شده به داده های شبیه سازی شده توسط مدل برای دوره گذشته، در دوره پایه افزایش داده شد.

شبیه سازی تولید محصول

در این بخش از رقم سرداری بعنوان رقم استاندارد و ۱۲ رقم فرضی تحت عنوان سناریوهای انتخابی استفاده شد. در تعیین ارقام فرضی از مدل SSM-Wheat استفاده شد. بعبارتی دیگر با تغییرات ایجاده شده در برنامه این مدل تحت زبان برنامه نویسی بیسیک سناریوهای مدنظر استخراج شدند. ورودی های مدل عبارت بودند از: داده های مربوط به حداقل و حداکثر دما، بارش سالیانه و تشعشع در طی دوره‌های گذشته (۱۹۸۲-۲۰۱۳) و دوره آینده (۲۰۱٤-۲۰٤۰) که تراکم (٤۲٥ بوته در مترمربع)، تاریخ کشت مطلوب منطقه (۲٦۰روز ژولیوسی) و نوع سیستم کشت دیم انتخاب گردید(جدول ۱). کاهش یا افزایش پارامترهای موثر در خصوصیات رویشی و زایشی گندم رقم سرداری(واریته محلی منطقه)، بصورت کاهش یا افزایش ۲۰ درصدی پارامترهای مورد نظر(جدول ۲) بر روی رقم مورد نظر در نظر گرفته شد. بنابراین ۱۲ رقم فرضی شبیه سازی شده تولید و به همراه رقم سرداری ۱۳ رقم آزمایش را تشکیل دادند. در هریک از این ۱۳ مورد نسبت تغییر عملکرد، بیوماس و شاخص برداشت برای هر دوره بصورت نسبت اختلاف عملکرد رقم تغییر یافته با رقم استاندارد(سرداری) محاسبه شد. بنابراین یک معیار نسبی از اثر تغییر اقلیم و تغییرصفت بر صفات مورد مطالعه بدست می‌آید. در ادامه تفاوت عملکرد، شاخص برداشت و بیوماس برای هر رقم فرضی برای هر دو دوره گذشته و آینده به ترتیب صعودی تنظیم و سپس میانگین افزایش و احتمال تولید عملکرد،شاخص برداشت و بیوماس بالاتر از از رقم استاندارد تعیین شد.

جدول ۱- شرایط استاندارد مورد استفاده برای شبیه سازی در شرایط دیم ارومیه

شرایط	
تاریخ کاشت	۲٦۰(روز ژولیوسی)
تراکم بوته (متر مربع)	٤۲٥
مقدار آب خاک در شروع شبیه سازی (زمان کاشت)	۱٥٦
رقم مورد استفاده	سرداری
کمبود فشاربخار اشباع	۰/۷۲
آلبیدوی خاک	۰/۱۳

برای هر رقم تغییر یافته فرض برابری تغییر عملکرد (افزایش و کاهش) با صفر با استفادهاز آزمون t بررسی شد. خروجی های مدنظر در این تحقیق عبارت بودند از عملکرد، شاخص برداشت و بیوماس. مدل برای تعیین این پارامتر ها بدین شیوه عمل میکند که ابتدا مراحل فنولوژیک به عنوان تابعی از دما، طول روز و تنش کمبود آب پیش‌بینی می شود. گسترش و پیرشدن سطح برگ نیز که تابعی از دما، تراکم بوته و انتقال مجدد نیتروژن است، پیش بینی می شود. تولید ماده خشک نیز به عنوان تابعی از تشعشع دریافت شده و دما تخمین زده می شود که در آن ماده خشک تولیدی براساس مرحله نمو و روابط بین مقصد ومبدأ بین اندامهای رویشی و دانه

توزیع می شوند. مدل همچنین 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 را بصورت روزانه انجام می دهد و از این رو به اطلاعات هواشناسی (حداقل و حداکثر دما، تشعشع خورشیدی یا تعداد ساعات آفتابی و بارندگی روزانه) نیاز دارد. برای اجرای مدل ابتدا نتایج برای دوره گذشته استخراج گردید و سپس پیش بینی برای دوره آینده اقلیمی نیز انجام گرفت. در نهایت نتایج بصورت طرح کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS (SAS ۲۰۰۹) مورد تجزیه قرار گرفت که در آن ۱۳ رقم تیمارهای آزمایشی و ۵۸ سال انجام مطالعه، تکرارهای آزمایش را تشکیل دادند.

جدول ۲- خصوصیات ارقام شبیه‌سازی شده برای شرایط گذشته (۱۹۸۲-۲۰۱۲) و آینده (۲۰۱۳-۲۰۴۰)

رقم	شرح
سرداری	واریته مورد کشت در منطقه
C1	افزایش ۲۰ درصد روز تا پایان رشد برگ
C2	کاهش ۲۰ درصد روز تا پایان رشد برگ
C3	افزایش ۲۰ درصد روز تا شروع رشد دانه+ افزایش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه
C4	کاهش ۲۰ درصد روز تا شروع رشد دانه+ کاهش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه
C5	افزایش ۲۰ درصد روز تا شروع رشد دانه+ کاهش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه
C6	کاهش ۲۰ درصد روز تا شروع رشد دانه+ افزایش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه
C7	افزایش ۲۰ درصد زمان تا پایان رشد دانه
C8	کاهش ۲۰ درصد زمان تا پایان رشد دانه
C9	افزایش ۲۰ درصد کارائی مصرف نور
C10	کاهش ۲۰ درصد کارائی مصرف نور
C11	افزایش ۲۰ درصد سرعت رشد دانه
C12	کاهش ۲۰ درصد سرعت رشد دانه

نتایج و بحث

ارزیابی مدل

نتایج ارزیابی داده های شبیه سازی شده توسط مدل LARS-WG در دوره پایه (۲۰۱۳-۱۹۸۲) در جدول ۳ نشان داده شده است. مقدار ضریب تبیین در مورد همه متغیرها بالا به دست آمد(R^2=۹۹). این درحالی بودکه شاخص های خطاسنجی از جمله میانگین خطای مطلق، میانگین انحراف خطا و میانگین مربعات خطا نیز کوچک بود.از آنجائیکه مقدار این متغیرها همیشه بین صفر و۱ قرار دارد، بنابراین مقادیر کوچک تر آن ها بیانگر وجود اختلاف های کم تر (اختلاف بین مقادیر مشاهده شده وپیش بینی شده در طول دوره آماری) در تولید داده توسط مدل است (جدول ۱). نتایج t-test مدل نیز درآزمون پیش بینی همه متغیرها در ۱۲ ماه سال بیانگر نبود اختلاف معنی دار مقادیر مشاهده شده با مقادیرپیش بینی شده در سطح احتمال ۵ درصد است (جدول ٤)، با توجه به این که اختلاف معنی داری بین مقادیرشبیه سازی شده و مشاهده شده در طی بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۸۲ مشاهده نمی شود، از این رو، توانایی مدل در شبیه سازی و تولید داده های اقلیمی برای ۲۰ سال آینده قابل قبول بنظر میرسد.

نتایج همچنین نشان داد که مدل با دقت بالایی قادر به شبیه سازی پارامترهای دمای حداکثر، دمای حداقل و تابش می باشد، اما در شبیه سازی پارامتر

بارش نسبت به دیگر پارامترها خطای بیش تری را نشان می دهد و این ناشی از ضریب تغییرات نسبتا بالای مقادیر بارندگی است. خروجی مدل برای دوره آینده (۲۰۱۳-۲۰۴۰) حاکی از افزایش میانگین دمای حداقل وحداکثر به ترتیب ۰/۷۳و۰/۶۵ درجه سانتیگراد بود و به همین ترتیب کاهش میانگین میزان بارش روزانه در طول سال از ۱/۲ میلی متر(در شرایط گذشته) به ۰/۹۸ میلیمتر در روز(در شرایط اقلیم آینده) و کاهش میانگین تشعشع دریافتی روزانه به میزان ۰/۱۴ مگاژول بر مترمربع در روز(در شرایط اقلیم آینده) بود. چنین وضعیتی بیانگر نوعی تغییر اقلیم این ناحیه به سمت گرم شدن، تغییرات بارش بویژه از نقطه نظرتوزیع و میزان بارش خواهدبود. این امر لزوم اتخاذ تدابیر اصلی در جهت کاهش اثرات زیانبار آن بر روی تولیدات کشاورزی و طراحی الگوی کشت متناسب با شرایط آب و هوایی جدید را دو چندان خواهد کرد (جدول ٤). در همین راستا بابائیان و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی کاهش۹ درصدی بارش، افزایش آستانه بارش های سنگین و خیلی سنگین به ترتیب۱۳ و ۳۹ درصد و افزایش میانگین سالانه دما به میزان ۰/۵درجه سانتی گراد در کل کشور به وقوع خواهد پیوست که استان های خراسان شمالی، آذربایجان غربی و شرقی با بیشترین افزایش دمادر دهه ۲۰۲۰ مواجه خواهند بود. خلیلی اقدم وهمکاران (۱۳۹۱) نیز در پیش بینی پارامترهای اقلیمی ایستگاه سنندج با استفاده از مدل LARS-WG نشان دادند که در دوره آماری ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ میلادی در مقایسه با دوره (۲۰۰۹-۱۹۶۱) میانگین ماهانه دمای حداقل، حداکثر و بارش به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۹۳ درجه سانتی‌گراد و ٦ میلی‌متر افزایش می‌یابند.

جدول ۳ - ارزیابی مدل در دوره پایه (۲۰۱۳-۱۹۸۲) با استفاده از آماره های واسنجی.

متغیر	حداکثر دما	حداقل دما	تابش	بارندگی
R^2	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۵
MBE	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۲	۱/۲
MAE	۰/۷۷۳	۰/۱٤	۱/٥۳	۱/۸٥
RMSE	۰/۹۲	۰/۷۸	۰/٥۳٥	۰/۳٤

جدول۴- مقادیر t محاسباتی توسط مدل برای صحت سنجی در سطح احتمال ۵ درصد(همه موارد غیر معنی‌دار).

ماه	بارش	تابش	دمای حداقل	دمای حداکثر
ژانویه	۰/٤۹	۰/٥٤	۰/٤۹	۰/٤٤
فوریه	۰/۹٥	۰/۷۲	۰/٦۷	۰/٦۸
می	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/٥٦	۰/۷۰
آگوست	۰/۸٥	۰/۷٤	۰/۱٤	۰/۲۸
می	۰/۳۲	۰/۹۷	۰/٤۰	۰/۸٦
ژوئن	۰/۰٥	۰/۷٦	۰/۷۷	۰/٦۲
جولای	۰/٦۳	۰/٥۲	۰/٥۱	۰/٦۰
آوریل	۰/۳۹	۰/٦۷	۰/۹۱	۰/۳۰
سپتامبر	۰/٤۷	۰/٦۱	۰/۷۱	۰/٤۱
اکتبر	۰/۹۹	۰/۸۷	۰/۷۷	۰/۸۳
نوامبر	۰/٦٤	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/٦٥
دسامبر	۰/۹۷	۰/٤۷	۰/۹٤	۰/۹٥

تولید محصول

بیوماس

نتایج نشان داد که به‌طور کلی زیست توده ارقام فرضی و رقم استاندارد سرداری در شرایط دیم گذشته نسبت به شرایط آینده در ارومیه بیشتر بوده‌است. علت این افزونی را می‌توان به کاهش میزان بارندگی و تشعشع و افزایش دما در شرایط آینده نسبت داد. از آنجایی که اثر افزایش دما به منطقه بستگی دارد(وان و همکاران، ۲۰۰۳; لودویگ و آسنگ، ۲۰۰۶) و اینکه ارومیه یک ناحیه نیمه معتدل سرد است. بنابراین کمبود بارش در بخش اعظمی از فصل رشد گیاه به طور جدی اتفاق خواهد افتاد و همین مسئله موجب کاهش سرعت رشد گیاهی و نهایتا کاهش زیست توده گیاهی شده است. بالاترین بیوماس در رقم فرضیC9 (افزایش ۲۰ درصد کارائی مصرف نور) و کمترین مقدار آن در رقم فرضی C10 (کاهش ۲۰ درصد کارائی مصرف نور) در مقادیر ۱۶۶۶/۵ و ۱۳۲۸/۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد، ضمن اینکه میزان بیوماس تولیدی رقم استاندارد در شرایط گذشته و حال به ترتیب ۱۵۰۴/۵ و ۱۴۴۸/۵ کیلوگرم در هکتار بود. این درحالی بود که بالاترین احتمال وقوع تولید زیست توده بالاتر از زیست توده رقم استاندارد در شرایط گذشته مربوط به رقم فرضیC9 و در شرایط آینده مربوط به رقم فرضیC9 و C2 (کاهش ۲۰ درصد روز تا پایان رشد برگ) بود. البته در ارقام فرضیC8 (کاهش ۲۰ درصد زمان تاپایان رشد دانه)و C3 (افزایش ۲۰ درصد روز تا شروع دانه+افزایش ۲۰ درصد روز تا رسیدگی دانه) نیز در هر دو شرایط گذشته و آینده، بطورقابل قبولی احتمال وقوع تولید زیست توده بالاتر از زیست توده رقم استاندارد را دارا بودند(جداول ۵ و۶). احتمال تولید زیست توده بالاتر از رقم استاندارد در شرایط افزایش ۲۰ درصد کارائی مصرف نور در رقم فرضی با توجه به کاهش میزان تشعشع رسیده به سطح سبز گیاهی در شرایط آینده اهمیت توجه به این صفت در برنامه‌های اصلاحی را دو چندان می‌کند. همچنانکه کاهش آن موجب دستیابی به کمترین مقدار بیوماس تولیدی شده است. البته در این میان نقش کاهش دوره پرشدن دانه و طولانی شدن زمان شروع پرشدن به نفع رشد رویشی در افزایش بیوماس گیاهی بسیار قابل توجه است.

جدول۵- میانگین شبیه سازی شده، اشتباه معیار و ضریب تغییرات بیوماس و احتمال وقوع بیوماس های بالاتر از رقم سرداری در ارقام تغییر یافته فرضی در شرایط گذشته

	بیوماس (کیلوگرم در هکتار)			افزایش بیوماس(کیلوگرم در هکتار)	
رقم	میانگین	اشتباه معیار	ضریب تغییرات	میانگین نسبت تغییرات	احتمال وقوع بیوماس‌های بالاتر از بیوماس رقم سرداری
سرداری	۱۵۰۴/۵۵ b	۴۷/۷۲	۱۷/۶۶	–	–
C1	۱۴۸۴/۱۶ b	۴۴/۹۵	۱۶/۸۶	-۱/۲۲	۰/۰
C2	۱۵۲۱/۶۸ b	۵۱/۶۴	۱۸/۸۹	۱/۰۶	۷۴/۲
C3	۱۵۲۸/۸۷ b	۵۳/۲۷	۱۹/۴۰	۱/۴۴	۸۴/۰
C4	۱۴۲۲/۸۴ bc	۳۹/۹۴	۱۵/۶۳	-۴/۵۹	۰/۰
C5	۱۵۰۴/۰۰ b	۴۷/۶۷	۱۷/۶۴	-۰/۰۴	۶/۴
C6	۱۴۷۴/۳۵ b	۴۴/۱۵	۱۶/۷۳	-۲/۱۵	۰/۰
C7	۱۴۳۷/۶۱ b	۴۱/۶۴	۱۶/۱۲	-۴/۰۶	۰/۰
C8	۱۵۳۳/۲۳ b	۵۴/۷۲	۱۹/۸۷	۱/۶۹	۹۶/۷
C9	۱۶۶۶/۵۵ a	۵۷/۸۰	۱۹/۳۱	۱۰/۵۸	۱۰۰
C10	۱۳۲۸/۱۹ bc	۳۸/۴۶	۱۶/۲۴	-۱۲/۱۷	۰/۰
C11	۱۵۰۴/۵۵ b	۴۷/۷۲	۱۷/۶۶	۰	۰/۰
C12	۱۵۰۴/۵۵ b	۴۷/۷۲	۱۷/۶۶	۰	۰/۰
LSD(0.05)	۱۳۲/۹۶				

جدول۶- میانگین شبیه سازی شده، اشتباه معیار و ضریب تغییرات بیوماس و احتمال وقوع بیوماس های بالاتر از رقم سرداری در ارقام تغییر یافته فرضی در شرایط آینده

	بیوماس (کیلوگرم در هکتار)			افزایش بیوماس(کیلوگرم در هکتار)	
رقم	میانگین	اشتباه معیار	ضریب تغییرات	میانگین نسبت تغییرات	احتمال وقوع بیوماس‌های بالاتر از بیوماس رقم سرداری
سرداری	۱٤٤۸/٥٤ bcd	۲۲/٦۷	۸/۲۸	–	–
C1	۱٤۳۲/٦۸ cbd	۲۲/۱۱	۸/۱٦	−۱/۳	۰/۰
C2	۱٤٥۹/٥۰ bc	۲۲/۸۱	۸/۲۷	۰/۷٦	۱۰۰
C3	۱٤٦٤/۱٤ bc	۲۲/۹۹	۸/۳۱	۱/۰۸	۹٦
C4	۱۳۹۱/۸٦ d	۲۰/۸۸	۷/۹٤	−۳/۸٥	۰/۰
C5	۱٤٤۸/۰۷ bcd	۲۲/٦٦	۸/۲۸	−۰/۰۳	۱٤/۲
C6	۱٤۲۳/۳٥ bcd	۲۱/۹۰	۸/۱٤	−۱/۷۲	۰/۰
C7	۱٤۰٤/٤۳ cd	۲۱/۲٥	۸/۰۰	−۲/۹۹	۰/۰
C8	۱٤٦۷/٥٤ b	۲۳/۲٥	۸/۳۸	۱/۳۱	۹٦/٤
C9	۱٥۹۰/۹٦ a	۲٤/۹۳	۸/۲۹	۹/۸٤	۱۰۰
C10	۱۲۸۱/۷۱ e	۲۱/٦۹	۸/۹٥	−۱۱/٥۸	۰/۰
C11	۱٤٤۸/٥٤ bcd	۲۲/٦۷	۸/۲۸	۰	۰/۰
C12	۱٤٤۸/٥٤ bcd	۲۲/٦۷	۸/۲۸	۰	۰/۰
LSD(0.05)	٦۲/٦۸				

عملکرد

کاهش ۲۰ درصدی رشد رویشی (روز تا پایان رشد برگ) و افزایش ۲۰ درصد دوره پرشدن دانه سبب شد، که عملکرد دانه ارقام فرضی C1، C4 و C6 به ترتیب ٦۹/۸۷، ٥۰/٦۱ و ۱۱۱ کیلوگرم در هکتار در شرایط گذشته با احتمال ۱۰۰ درصد افزایش یافت. این در حالی بود که این میزان افزایش عملکرد برای شرایط آینده به ترتیب برای همین ارقام به ترتیب ٤٦/٥۳، ۷۱/٦۱ و ۹٤/٦٤ کیلوگرم در هکتار با همان احتمال ۱۰۰ درصد بود. به‌نحوی که بیشترین ضریب تغییرات عملکرد نیز برای همین ارقام در شرایط گذشته و آینده اتفاق افتاد. همچنین کاهش ۲۰ درصدی زمان تا پایان رشد دانه، افزایش ۲۰ درصد کارائی مصرف نور و افزایش سرعت پرشدن دانه نیز نتیجه‌ای مشابه داشت، به‌صورتی که عملکرد دانه در ارقام فرضی C8، C9 و C11 به ترتیب ٤۸۰/۱، ٤٥۸ و ٤٥٤/۱ کیلوگرم در هکتار برای شرایط گذشته و برای شرایط آینده به ترتیب ٤۱٦/٤، ٤۱٥/٤ و ۳۷۹/٥ کیلوگرم در هکتار بود (جداول ۷ و ۸).

در نتیجه به‌نژادی از طریق کاهش طول دوره رویشی و افزایش طول دوره زایشی بر عملکرد تأثیر مثبت دارد. علت آن را می‌توان به این صورت بیان کرد که با کاهش دوره رویشی، کسر کمتری از طول دوره رشد گیاه تحت تنش انتهای آخر فصل قرار گرفته و در نتیجه دوره زایشی گیاه به بخش‌های مرطوب‌تر سال منتقل می‌شود و از طرفی به علت کاهش دوره رویشی استخراج آب از خاک در طی مرحله رویشی کمتر صورت گرفته و برای مراحل زایشی رطوبت بیشتری در خاک باقی می‌ماند که در این بین به نژادی از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه و تسریع ورود گیاه به فاز زایشی باعث شده که دوره پر شدن دانه با خشکی انتهای فصل مواجه نشده و در نهایت وزن دانه و به‌طور حتم عملکرد افزایش خواهد یافت . علاوه بر دلایل ذکر شده، افزایش تعداد دانه در بوته بدلیل اینکه مراحل اولیه گلدهی و دانه بندی گیاه

تحت تنش قرار نداشت، پس می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل اینکه مرحله گلدهی تحت تنش خشکی انتهای فصل قرار نداشته است، و به علت عدم سقط دانه، تعداد دانه در بوته افزایش یافته است و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه شده است. در مطالعه‌ای سلطانی وهمکاران (۲۰۰۶)در شرایط دیم بر روی نخود رقم هاشم در گرگان و گنبد اظهار داشتند، که بیشترین افزایش عملکرد دانه از طریق کاهش ۲۰ درصد رشد رویشی در مرحله سبز شدن تا گلدهی به‌دست آمد، که سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به رقم هاشم در دو منطقه گرگان و گنبد گردید. سلطانی و همکاران (۲۰۰۰) امیدبخش‌ترین راهبرد به-نژادی برای افزایش عملکرد نخود در شرایط دیم مراغه، گزینش برای زودرسی و انتقال این صفت به رقم جم بیان کردند.

جدول ۷- میانگن شبیه سازی شده، اشتباه معیار و ضریب تغییرات عملکرد و احتمال وقوع عملکردهای بالاتر از رقم سرداری در ارقام تغییر یافته فرضی در شرایط گذشته

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)				افزایش عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
رقم	میانگین	اشتباه معیار	ضریب تغییرات	میانگین نسبت تغییرات	احتمال وقوع عملکردهای بالاتر از عملکرد رقم سرداری
سرداری	٤٤٤/٢٢ bcde	٢٦/٦٤	٣٣/٣٩	–	–
C1	٥١٤/٠٩ ab	٣١/٨٩	٣٤/٥٣	١٥/٧٠	١٠٠
C2	٤٠٠/٢٢ de	٢٢/٨١	٣١/٧٣	–٨/٩٥	٩/٣
C3	٣٧٩/٧٧ e	١٩/٨٣	٢٩/٠٧	–١٣/١٦	٠/٠
C4	٤٩٤/٨٣ abc	٢٧/١٩	٣٠/٥٩	١٤/٣٣	١٠٠
C5	٢٨٩/٧ f	٢٦/٦٤	٣٣/٣٩	–٨٠/٤٤	٠/٠
C6	٥٥٥/٢٢ a	٣٤/٧٦	٣٤/٨٥	٢٥/٤٩	١٠٠/٠
C7	٢٠٩/٦٤ g	٧/٢١	١٩/١٦	–٥٠/٣٦	٠/٠
C8	٤٨٠/١٢ bc	٣٩/٩٧	٤٦/٣٥	٥/٧٩	٩٠/٢
C9	٤٥٨/٠٦ bcd	٢٥/٧٣	٣١/٢٧	٣/٩١	٧٤/٢٠
C10	٤٢٦/٨٧ cde	٢٥/٣٣	٣٣/٠٤	–٣/٩٩	٠/٠
C11	٤٥٤/٠٩ bcd	٣٠/٩٩	٣٨/٠٠	١/٣٦	٣٢/٢
C12	٣٩٨/١٢ de	١٧/٥٢	٢٤/٥٠	–٨/٠٢	٠/٠
LSD(0.05)	٧٢/٦٣				

شاخص برداشت

افزایش ۲۰ درصدی دوره رشد برگ در هر دو شرایط گذشته و آینده باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد. به‌طوریکه میانگین شاخص برداشت در شرایط گذشته و آینده به ترتیب ۳٤/۰۳ و ۳۱ درصد بود ضمن اینکه ضریب تغییرات در شرایط گذشته بیشتر از شرایط آینده بود(جداول ۹ و ۱۰). احتمال افزایش ضریب برداشت در شرایط کاهش ۲۰ درصدی زمان تا پایان رشد دانه در هر دو حالت گذشته و آینده به ترتیب ۳۸/۷ و ٦٤ درصد بود. این درحالی بود که در شرایط کاهش ۲۰ درصدی روز تا شروع رشد دانه صرف نظر از کاهش یا افزایش ۲۰ درصدی روز تا رسیدگی احتمال افزایش شاخص برداشت بالاتر از ۹۰ درصد بود. این مسئله بوضوح بیانگر اهمیت ورود زودتر گیاه به فاز زایشی وزودرسی گیاه تا قبل برخورد دوره پرشدن گیاه به خشکی انتهای فصل است. بنابراین در شرایط زودرسی

جدول ۸- میانگن شبیه سازی شده، اشتباه معیار و ضریب تغییرات عملکرد و احتمال وقوع عملکردهای بالاتر از رقم سرداری در ارقام تغییر یافته فرضی در شرایط آینده

	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)			افزایش عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
رقم	میانگین	اشتباه معیار	ضریب تغییرات	میانگین نسبت تغییرات	احتمال وقوع عملکردهای بالاتر از عملکردرقم سرداری
سرداری	۳۹۷/۸۲ de	۱۱/۷۱	۱۵/۵۸	–	–
C1	٤٤٤/۳۵ bc	۱٦/۱۹	۱۹/۲۸	۱۱/٤۲	۱۰۰
C2	۳۷۲/۱٤ ef	۹/۰٦	۱۲/۸۹	-۵/۹۷	۷/٤
C3	۳٦۳/۳۲ f	۸/۹۸	۱۳/۰۸	-۷/۸۷	۰/۰
C4	٤۵۹/۵۳ ab	۱۵/۹٤	۱۸/۳۵	۱۵/۷۹	۱۰۰
C5	۲۸٤/٦٤ g	۱۱/۷۱	۱۵/۵۸	-۸۰/۲۳	۰/۰
C6	٤۹۲/٤٦ a	۱۸/۲۷	۱۹/٦۳	۲۳/۵۰	۱۰۰/۰
C7	۱۹٦/۰۰ b	۳/۲۸	۸/۸۵	-٤۹/۸۸	۰/۰
C8	٤۱٦/۳۹ cd	۱۲/۳٦	۱۵/۷۰	٤/۷۰	۹٦/٤
C9	٤۱۵/٤٦ cd	۱۱/۳۰	۱٤/۳۰	٤/۹۲	۹۲/۸
C10	۳۷۹/۵۳ ef	۱۳/۹۲	۱۹/٤۱	-٤/۹۲	۰/۰
C11	۳۹۸/۰۰ de	۱۱/۷۸	۱۵/٦٦	۰/۰٤	۳/۵
C12	۳۹۷/۲۱ de	۷/۸۳	۱۱/۰۳	-٤/۷۵	۰
LSD(0.05)	۳۳/۸۱				

با شرط تغییر موازنه سهم دوره زایشی از دوره رشد به نفع آن، گیاه کسر کمتری از دوره رشد خود را نسبت به رقم استاندارد در معرض تنش خشکی انتهای فصل سپری می‌کند. البته از آنجایی که دوره پر شدن دانه یک صفت ضروری و حیاتی برای تعیین پتانسل عملکرد دانه است. در نتیجه زودرسی از طریق عدم برخورد دوره پرشدن دانه با خشکی سب میشود تا گیاه فرصت کافی برای انتقال مجدد ماده خشک تولید شده به دانه‌ها را از دست نداده و نتیجه آن کاهش شاخص برداشت و کاهش عملکرد دانه اتفاق نیافتد. نتایج همچنین براهمیت افزایش کارائی مصرف نور در گندم درهر دوشرایط گذشته و حال تاکید دارد. به این معنی که حتی درصورت عدم تغییر دوره رشد گیاه و ممانهت از برخورد آن با خشکی انتهای فصل، افزایش ۲۰ درصد کارائی مصرف نیز با افزایش ذخایر قابل انتقال به دانه ها سبب افزایش شاخص برداشت گردیده است. بنابراین افزایش ای خصیصه نیزمی تواند یکی از گزینه‌های پیش رو در به نژادی گیاه گندم به حساب آید. در مطالعه‌ای مشابه که توسط سلطانی و همکاران(۲۰۰۰) بر روی رقم جم در این منطقه انجام شد، بیان داشتند که با کاهش ۲۰ درصدی زمان حرارتی از سبز شدن تا گلدهی و تا رسیدگی، به علت افزایش شاخص برداشت و کارایی مصرف آب، عملکرد دانه از ۹۰۸ به ۱۰۱۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت.

جدول ۹- میانگن شبیه سازی شده، اشتباه معیار و ضریب تغییرات شاخص برداشت و احتمال وقوع شاخص برداشت‌های بالاتر از رقم سرداری در ارقام تغییر یافته فرضی در شرایط گذشته

شاخص برداشت				افزایش شاخص برداشت	
رقم	میانگین	اشتباه معیار	ضریب تغییرات	میانگین نسبت تغییرات	احتمال وقوع شاخص برداشت‌های بالاتر از شاخص برداشت رقم سرداری
سرداری	۲۹/۰۳ cd	۱/۰۱	۱۹/٤۷	–	–
C1	۳٤/۰۳ b	۱/۲۰	۱۹/۷۹	۱۷/۵۹	۱۰۰
C2	۲۵/٦۷ f	۰/۸۳	۱۸/۱۱	-۱۰/۹۹	۰/۰
C3	۲٤/۷٤ f	۰/۷۱	۱٦/۱٦	-۱۳/٤۲	۰/۰
C4	۳٤/۲۲ ab	۱/۱۳	۱۸/٤۵	۲۰/۲۹	۱۰۰
C5	۱۹/۵٤ g	۰/۵٤	۱۵/۵٦	-۳۰/۹۵	۰/۰
C6	۳٦/۸۳ a	۱/۳۵	۲۰/۵٤	۲۷/۷٦	۹٦/۷
C7	۱٤/۷٤ h	۰/٤۲	۱۵/۹۵	-٤۸/٤۰	۰/۰
C8	۳۰/ ۲۵ c	۱/۳۵	۲٤/۹۰	۳/٦۱	۳۸/۷
C9	۳۱/۷٤ bc	۱/۱۵	۲۰/۲۷	۹/۱۹	۹۳/۵
C10	۲۷/۱۲ def	۰/۸٦	۱۷/۷۷	-٦/۰۵	۰/۰
C11	۲۹/۰۳ cde	۱/۱۵	۲۱/۸۹	۱/۲۵	۱۹/۳۰
C12	۲٦/٤۱ ef	۰/٦۰	۱۲/٦۵	-۷/۷۸	۰
LSD(0.05)	۲/۷۷				

جدول ۱۰- میانگین شبیه سازی شده، اشتباه معیار و ضریب تغییرات شاخص برداشت و احتمال وقوع شاخص برداشت‌های بالاتر از رقم سرداری در ارقام تغییر یافته فرضی در شرایط آینده

شاخص برداشت				افزایش شاخص برداشت	
رقم	میانگین	اشتباه معیار	ضریب تغییرات	میانگین نسبت تغییرات	احتمال وقوع شاخص برداشت‌های بالاتر از شاخص برداشت رقم سرداری
سرداری	۲۸/۹۳ cb	۰/۵۰	۹/۸۰		
C1	۳۱/۰۰ b	۰/٦۹	۱۱/۸٤	۱۳/۲۷	۱۰۰
C2	۲۵/۳۵ f	۰/۳۷	۷/۷۵	-۷/۰۳	۰/۰
C3	۲٤/۷۸ f	۰/۳۰	٦/٤۳	-۸/۹٤	۰/۰
C4	۳۲/۸۵ a	۰/۷۰	۱۱/۲۸	۲۰/۵۱	۹۲/٤
C5	۱۹/۷۵ g	۰/۳۰	۸/۱۰	-۲۷/۰۳	۰/۰
C6	۳٤/۲۵ a	۰/۸۰	۱۲/٤۲	۲۵/۳۲	۱۰۰
C7	۱٤/۰۳ h	۰/۲۵	۹/۷۸	-٤۸/۳۰	۰
C8	۲۸/۲۱ cd	۰/۵۳	۹/۹٤	۳/۱۵	٦٤
C9	۲۷/۳۵ de	۰/۵۹	۱۰/۵۵	۸/۳٤	۹٦/٤
C10	۲٦/۱٤ ef	۰/٤۹	۱۰/۰۷	-٤/٤۱	۰
`C11	۲۷/۳۵ de	۰/۵۰	۹/۸۰	۰	۰/۰
C12	۲۰/۹٦ de	۰/۳٦	۷/۳۷	-٤/۷۸	۰/۰
LSD(0.05)	۱/٤۷				

نتیجه‌گیری

نتایج خروجی مدل برای دوره آینده (۲۰۱۳-۲۰۴۰) حاکی از افزایش میانگین ماهانه دمای حداقل وحداکثر و کاهش میزان بارش و تشعشع است. ضمن اینکه مدل بخوبی قادر به تولید داده های آب و هوائی ارومیه بود. نتایج شبیه‌سازی تولید محصول نیز نشان داد، که فقط در ارقام فرضی C1، C4، C6، C8، C9 و C11 عملکرد دانه و شاخص برداشت در هر دو شرایط دیم گذشته و آینده افزایش یافته است. علت آنرا می توان به کاهش طول دوره رویشی و افزایش طول دوره زایشی نسبت داد، که این مورد افزایش دوره پرشدن دانه و عدم برخورد آن با خشکی انتهای فصل و نهایتاً افزایش عملکرد را در پی دارد. زیرا مهمترین عامل افزایش عملکرد گندم در شرایط دیم در شرایط کنونی و آینده، که دارای خشکی در انتهای فصل رشد است، کاهش رشد رویشی و افزایش رشد زایشی است. زیرا با کاهش رشد رویشی، رطوبت بیشتری در خاک جهت دوره پرشدن دانه حفظ می‌شود و از طرفی افزایش دوره زایشی منجر به افزایش انتقال ماده خشک تولید شده به دانه‌ها، افزایش شاخص برداشت و در نتیجه افزایش عملکرد دانه شد. بنابراین مطلوب ترین راهبرد برای افزایش عملکرد گندم در شرایط دیم آینده ارومیه به‌نژادی از طریق کاهش رشد رویشی و افزایش رشد زایشی ضمن افزایش کارائی مصرف نور و افزایش دوره ماندگاری سطح سبز گیاهی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

اکرم قادری ف و سلطانی ا. ۱۳۸٦. تعیین صفات مطلوب گیاهی برای نخود در شرایط آبی در گرگان و گنبد با استفاده از شبیه سازی رایانه‌ای. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱٤(٥):۱۱-۱.

حجار پور ا، سلطانی ا، زینلی ا و سیدی ف. ۱۳۹۲. شبیه سازی اثر تغییر اقلیم بر تولید نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۰(۲): ۲۵۲-۲۳۵.

خلیلی اقدم ن، مساعدی ا، سلطانی ا و کامکار ب. ۱۳۹۱. ارزیابی توانائی مدل LARS-WG در پیش بینی برخی پارامترهای جوی سنندج. مجله پژوهش‌های حفاظت آب وخاک، ۱۹(۱٤): ۱۰۲-۸۵.

فرجی ا و سلطانی ا. ۱۳۸٦. تجمع و توزیع ماده خشک و نیتروژن و آستانه تحمل به خشکی در نخود تحت شرایط دیم گنبد و گرگان: مطالعه شبیه سازی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱٤(٥): ۲۳-۱۲.

Babaian A, Najafi nik Z, Zabol abbasi F, Nowkhandan M and Malbosi Sh, 2009. assessment of climate changing in 2010-2039 using downscaling data GCM (ECHO-G), Geography and Development Journal, 16:34-41.

Boote KJ, Jones JW, Batchelor WD , Nafziger ED and Myers O, 2003.Genetic coefficients in the CROPGRO-Soybean model. Links to field performance and genomics. Agronomy Journal, 95: 32–51.

FAO, 2003. Production Year Book, 2002. Food and Agricultural Organization of the united. .http://apps.fao.org. Nations (FAO), Rome, Italy.

Ghaderi-Far F, Soltani A and Miri AA, 2012. Modeling phenological development in Cotton, Journal of Plant Production, 19(1): 107-126.

Hammer GL Kropff MJ, Sinclair T R and Porter J R, 2002. Future contributions of crop modeling – from heuristics and supporting decision making to understanding genetic regulation and aiding crop improvement. Eruropean Journal of Agronomy, 18: 15-31.

Hoogenboom G, White JW and Messina CD, 2004. From genome to crop: integration through simulation modeling. Field Crops Research, 90: 145–163.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001. Climate change 2001: The scientific basis of climate change.

Kantolic GA, Mercau JL, Slafer GA and Sadras VO, 2007. Simulated yield advantages of extending post-flowering development at the expense of a shorter pre-flowering development in soybean. Field Crops Research, 101: 321-330.

Ritz C, Pipper C, Yndgaard F, Fredlund K and Steinrücken G, 2010. Modelling flowering of plants using time-to-event methods. European Journal Agronomy, 32:155–161.

SAS, 2009. Statistical Analysis Software, SAS Institute, V9.2. Carry, NC.

Sinclair TR and Muchow RC, 2001. System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. Agronomy journal, 93: 263-270.

Sinclair TR, 2000. Model analysis of plant traits leading to prolonged crop survival during severe drought. Field Crops Research, 68: 211-217.

Soltani A, 2009. Mathematical modeling in filed crops, JDM Press, Mashhad, Iran. p175.

Soltani A, Akram-Ghaderi F and Fraji A, 2005. Evaluation the effective traits on increasing yield of chickpea in Gorgan and Gonbad condition. Research report of project Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Soltani A and Gholipoor M, 2006. Simulation the impact of climate change on growth, yield and water use of chickpea. Journal of Agriculture Sciences and Naturural Resources, 13(2):69-79.

Soltani A and Sincler TR, 2012. Identifying plant traits to increase chickpea yield in water-limited environments. Field Crops Research, 133: 186–196.

Soltani A, Khooie FR, Ghassemi-Golezani K and Moghaddam M, 2000. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. Agriculture Water Management, 49:225-237.