نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۴، خرداد - تیر ۱۳۹۹، ص. ۵۵۸-۵۴۸

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 14, Jan.-Jul. 2020, p. 548-558

ارزیابی مدل DSSATv4.7 در شبیه‌سازی مراحل فنولوژیکی و عملکرد گندم رقم آنفارم ٤ تحت سطوح مختلف آبیاری

سعید قوام‌سعیدی نوقابی[1*]، مصطفی یعقوب‌زاده[2]، علی شهیدی[3]، حسین حمامی[4]، مهدی کلانکی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۸

چکیده

مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهی یکی از پیشرفته‌ترین ابزارهایی است که امروزه به‌منظور تخمین عملکرد و بهینه‌کردن عملیات زراعی استفاده می‌شود. از این‌رو، این پژوهش با هدف ارزیابی توانایی مدل گیاهی DSSAT-CERES-Wheat نسخه ۴/۷ در شبیه‌سازی مراحل فنولوژیکی و عملکرد گندم رقم آنفارم ۴ برای شرایط آب و هوایی بیرجند انجام شد. بدین منظور، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف آبیاری I_1، I_2، I_3 و I_4 که به‌ترتیب معادل ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و I_5 تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی بود. نتایج نشان داد، مقادیر ضرایب ژنتیکی گندم شامل P1V، P1D، P5، G1، G2، G3 و PHINT در مرحله واسنجی مدل به‌ترتیب برابر با ۲۵، ۰، ۱۷، ۲۰/۵، ۳۰/۱۶، ۱/۹۸۲ و ۳۰ بود. در مرحله صحت‌سنجی نیز، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار NRMSE به‌ترتیب در برآورد پارامترهای تاریخ گرده افشانی (۵/۷۵ درصد) و ماده خشک تولیدی (۱۸/۳۷ درصد) مشاهده شد. به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که مدل DSSAT به‌خوبی مراحل فنولوژیکی و عملکرد گندم را برای منطقه بیرجند شبیه‌سازی نموده است.

واژه‌های کلیدی: بیرجند، ضرایب ژنتیکی، مدل گیاهی DSSAT-CERES-Wheat، مراحل فنولوژیکی

مقدمه

ایران کشوری است که متوسط بارندگی آن حدود یک سوم متوسط بارش جهانی است و از نظر منابع آب به‌شدت در تنگنا می‌باشد. لذا بهبود کارایی مصرف آب مبتنی بر تولید بیشتر در بخش کشاورزی از اهمیت دوچندانی برخوردار است (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۳). در این راستا شبیه‌سازی مراحل رشد گیاه و در نتیجه پیش‌بینی عملکرد محصول، منجر به برنامه‌ریزی بهتر و مدیریت کاراکتر در روند تولید محصول خواهد شد. در دهه‌های اخیر مدل‌های زیادی جهت شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی و مدیریت آب و خاک ارائه شده است و محققین در تحقیقات مختلف از این مدل‌ها استفاده می‌کنند (Hoogenboom et al., 2004).

یکی از مدل‌های توانا در این زمینه، مدل گیاهی DSSAT است که به‌دلیل دقت، کارآمد بودن، نیاز به داده‌های ورودی کم، قابلیت شبیه‌سازی مراحل مختلف رشد گیاهان متعدد، امکان بررسی بیلان آب و برآورد نیاز غذایی در شرایط منطقه‌ای و مدیریتی خاص، به‌طور گسترده در سطح جهان استفاده شده است (Jones et al., 2003; Hoogenboom et al., 2015). مدل DSSAT برای اولین بار در سال ۱۹۸۹ ارائه شد (Jones et al., 2003). جدیدترین نسخه این مدل DSSATv4.7 است که در سال ۲۰۱۷ معرفی شد. در حال حاضر این مدل حاوی بیش از ۴۲ مدل گیاهی بوده در بسیاری از کاربردهای مختلف زراعی، مدیریت دقیق، تأثیر آب و هوا و تغییر اقلیم بر ارزیابی منطقه ای در بیش از ۱۰۰ کشور جهان استفاده شده است. نسخه جدید این مدل با ایجاد تغییراتی در ساختار بخش‌های گیاهی، مدل‌های رابط، آنالیزهای پیوسته و برنامه‌های کمکی دیگر عرضه شد (Hoogenboom et al., 2017). مدل‌های CERES که در بسته نرم‌افزاری DSSAT گنجانده شده‌اند، برای اهداف مختلف در سطح دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Jones et al., 2003;

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۵- دانش‌آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: saeidghavam@birjand.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

(Hoogenboom et al., 2004). مطالعات پیشین در سطح بین‌المللی عملکرد موفق این مدل در شبیه‌سازی رطوبت خاک (Eitzinger et al., 2004) و عملکرد گندم (Tubiello et al., 1999; Panda et al., 2003) تحت شرایط تنش رطوبتی را ثابت کرده‌اند.

اندرزیان و همکاران (۱۳۸۷) مدل CERES-Wheat را در شرایط اقلیمی اهواز مورد بررسی قرار دادند. نتایج ارزیابی ایشان نشان داد که مقدار RMSE محاسبه شده برای مراحل گل‌دهی، رسیدگی فیزیولوژیک و همچنین برای تولید ماده خشک و عملکرد دانه کمتر از ۱۰ درصد میانگین داده‌های مشاهداتی بوده است که نشان‌دهنده توانایی بالای این مدل در شبیه‌سازی مراحل فنولوژی و عملکرد گندم می‌باشد. ماهرو کاشانی و همکاران (۱۳۸۹) به‌منظور برآورد ضرایب ژنتیکی ارقام گندم در استان گلستان از مدل DSSAT استفاده کردند. بعد از برآورد ضرایب ژنتیکی، توانایی مدل در شبیه سازی مراحل فنولوژیک روز تا گرده افشانی، روز تا رسیدگی، تولید ماده خشک در گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ در گرده افشانی، تجمع نیتروژن در گرده افشانی، رسیدگی و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج بیانگر عملکرد مناسب مدل بود. دلقندی و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی مدل CERES-Wheat نسخه DSSATv4.5 در شبیه سازی رشد، عملکرد و مراحل فنولوژی گندم تحت شرایط مدیریت های مختلف تخصیص آب مزرعه در منطقه اهواز پرداختند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین خطای مدل به‌ترتیب مربوط به شبیه‌سازی حداکثر شاخص سطح برگ (شش درصد) و شبیه‌سازی مراحل فنولوژی (دو درصد) بوده است و به‌طور کلی نتیجه گرفتند که مدل توانایی بالایی در شبیه سازی رشد و نمو، مراحل فنولوژیکی و عملکرد گندم برای شرایط آب و هوایی اهواز دارد. طلایی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۶) کارایی مدل DSSAT را برای تخمین عملکرد بالقوه سیب‌زمینی در نظام زراعی کشت پاییزه در منطقه جیرفت بررسی کردند. نتایج نشان داد، عملکرد شبیه‌سازی شده برازش خوبی با مقادیر مشاهده شده دارد ($R^2 > 0.90$). مقدار RMSE نیز برای عملکرد غده معادل ۱۹ درصد یا ۱۲۱۰ کیلوگرم در هکتار بود.

بنایان و همکاران (Bannayan et al., 2003) برای پیش‌بینی عملکرد نهایی گندم در طی فصل رشد گیاه (مراحل سه تا پنج برگی، ظهور برگ پرچم و شیری شدن دانه) در چهار منطقه انگلستان به‌کمک مدل CERES-Wheat بیان داشتند که RMSE عملکردهای شبیه‌سازی شده و مشاهده شده برای اولین مرحله ۰/۹۵ و برای آخرین مرحله ۰/۶۸ تن در هکتار می باشد. نتایج آن ها نشان داد که مدل در حد قابل قبولی عملکرد نهایی را در مراحل مختلف رشد گیاه پیش‌بینی می‌نماید. ارزیابی مدل CERES-Rice برای شبیه‌سازی پاسخ ارقام مختلف گیاه برنج به کاربرد نیتروژن در اراضی شالیزاری کشور تایلند نشان داد که این مدل می‌تواند ابزاری مناسب برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به تولید برنج در مناطق گرم‌سیری باشد (Ten et al., 2013). خیر و همکاران (Kheir et al., 2019) تأثیر افزایش دما، غلظت دی‌اکسیدکربن و سطح دریا را بر تولید گندم در دلتای شمالی به‌کمک مدل DSSAT بررسی کردند. در این تحقیق، از داده‌های تجربی دو فصل رشد متوالی طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۴ و ۲۰۱۶-۲۰۱۵ برای کالیبراسیون مدل با استفاده از تیمارهای مختلف آبیاری، تاریخ کاشت و لقاح استفاده شد. نتایج نشان داد، مدل DSSAT مراحل فنولوژی و عملکرد گندم را به‌خوبی شبیه‌سازی نموده است. شاخص‌های جذر میانگین مربعات خطا و توافق ویلموت برای عملکرد دانه به‌ترتیب برابر با ۰/۳۴۶ (تن در هکتار) و ۰/۹۰ و برای ماده خشک کل برابر با ۱/۶۴۸ (تن در هکتار) و ۰/۸۰ بود. پاتل و همکاران (Patel et al., 2017) در پژوهشی به ارزیابی مدل DSSAT برای برنامه‌ریزی آبیاری محصول گندم در منطقه واراناسی کشور هند پرداختند. به‌منظور واسنجی و صحت‌سنجی مراحل فنولوژی، عملکرد و صفات عملکرد چهار رقم گندم از داده‌های آزمایش میدانی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۸ استفاده شد. نتایج نشان داد، عملکرد دانه شبیه‌سازی شده بسیار نزدیک به عملکرد مشاهداتی بود. مقدار ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا نرمال شده و شاخص توافق ویلموت به‌ترتیب برابر ۰/۹۶، ۴/۹۲ درصد و ۰/۹۹ بود. مراحل فنولوژی شبیه‌سازی شده و ویژگی‌های عملکرد ارقام گندم نیز مطابقت خوبی داشتند.

با توجه به اینکه گندم یک محصول مهم و استراتژیک بوده و از اهمیت و جایگاه بالایی در نظام زراعی کشور برخوردار است بنابراین، قبل از کاربرد مدل DSSAT به‌منظور بررسی اهداف مدنظر برای یک منطقه خاص و یا رقم جدید، واسنجی و صحت‌سنجی مدل مربوطه امری اجتناب ناپذیر است. از طرفی با توجه به اینکه آخرین نسخه این مدل تاکنون برای هیچ یک از مناطق ایران مورد ارزیابی قرار نگرفته است، لذا هدف از این تحقیق، برآورد ضرایب ژنتیکی رقم مورد کشت و در پی آن ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی رشد، نمو و عملکرد گندم برای شرایط آب و هوایی بیرجند می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

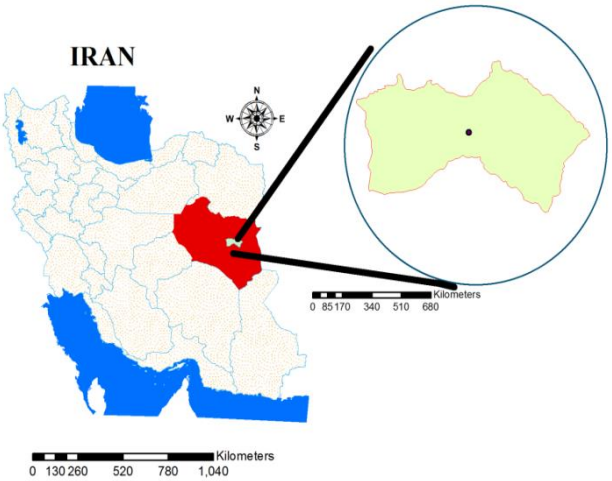
این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد که در فاصله پنج کیلومتری غرب شهر بیرجند در مسیر جاده بیرجند-طبس، مجاور روستای امیرآباد قرار دارد. این منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک، دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی این منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر و میانگین سالانه دمای آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد است (قوام‌سعیدی نوقابی، ۱۳۹۸). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد را نشان می‌دهد.

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از مراحل آماده‌سازی زمین، در اوایل آبان‌ماه سال ۱۳۹۵ ابتدا زمین مورد نظر انتخاب و قبل از کاشت، نمونه‌های خاک از سه نقطه محدوده کشت برداشت شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

ویژگی‌های خاک	عمق خاک		
	۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰
بافت خاک	لومی	لومی	لومی
شن (درصد)	۴۲/۴	۳۵/۲	۴۳/۴
سیلت (درصد)	۴۳/۵	۴۳/۲	۳۱/۵
رس (درصد)	۱۴/۱	۲۱/۶	۲۵/۲
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۴	۱/۲۵	۱/۳۳
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	۸/۱۲	۷/۵۱	۶/۹۳
اسیدیته	۷/۸	۷/۴	۷/۳
کربن آلی (درصد)	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۳۵
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۰/۶۲	۸/۴۳	۹/۷
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۹۲	۳۲/۱۴	۳۴/۱۵

مشخصات طرح آزمایشی

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، برای گندم رقم آنفارم ۴ انجام شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۳ (۹ متر مربع)، فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر درنظر گرفته شد. کشت گندم به‌صورت پاییزه بوده و مشخصات کاشت و برداشت گیاه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات کاشت و برداشت رقم مورد استفاده

نوع رقم	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت
آنفارم ۴	۱۳۹۵/۰۹/۱۲	۱۳۹۶/۰۳/۱۲

تیمارهای آبیاری

تیمارهای مقدار آب آبیاری شامل پنج سطح مختلف به‌شرح ذیل می‌باشند:

سطح اول (I_1): عمق آب آبیاری معادل ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه بعد از جوانه‌زنی،

سطح دوم (I_2): عمق آب آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بعد از جوانه‌زنی،

سطح سوم (I_3): عمق آب آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه بعد از جوانه‌زنی،

www.SID.ir

Archive of SID

سطح چهارم (I_4): عمق آب آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه بعد از جوانه‌زنی،

سطح پنجم (I_5): عمق آب آبیاری معادل تیمار دیم با یک مرحله آبیاری تکمیلی بعد از جوانه‌زنی.

تعیین نیاز کودی و نحوه مصرف آن

بر اساس نتایج آزمون خاک و با توجه به توصیه کودی مهاجرمیلانی و همکاران (۱۳۷۸) (در شرایط شوری ۷ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم مصرف شد. کودهای فسفره و پتاسیمی و یک‌چهارم کود ازته، قبل از کشت و بقیه کود ازته در سه نوبت و به‌میزان مساوی در مراحل پنجه‌دهی، ساقه‌رفتن و خوشه‌دهی به‌صورت سرک مصرف شد.

برنامه‌ریزی آبیاری

در این تحقیق برنامه‌ریزی آبیاری و اعمال رژیم‌های مختلف آب، بر اساس کمبود رطوبت خاک و با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش آبی انجام شد (شهیدی، ۱۳۸۷). اولین آبیاری پس از کاشت بذرها، به‌منظور جوانه‌زنی و سبزشدن یکنواخت در تاریخ ۱۹ آذرماه ۱۳۹۵ با آب شیرین و به‌میزان یکسان برای کرت‌های آزمایشی صورت گرفت. در طی دوره رشد گندم، تعداد نوبت‌های آبیاری برای سطوح آبیاری I_1، I_2، I_3 و I_4 یکسان و برابر با هفت نوبت و برای I_5 برابر با دو نوبت بود. میزان آب ورودی به هر کرت توسط یک کنتور حجمی دقیق اندازه‌گیری و به‌داخل کرت هدایت شد. تاریخ و میزان آب مصرف شده برای هر یک از تیمارهای آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است. حجم آب مصرفی برای سطوح آبیاری I_1، I_2، I_3 و I_4 به‌ترتیب برابر با ۶۶۰۰، ۵۳۴۰، ۴۰۸۰ و ۲۸۲۰ مترمکعب در هکتار (شهیدی، ۱۳۸۷) و برای تیمار I_5 برابر با ۶۰۰ مترمکعب در هکتار بود.

جدول ۳- تاریخ، نوبت و میزان آب مصرفی برای هر تیمار

روز پس از کاشت	تاریخ آبیاری	نوبت آبیاری	سطوح مختلف آبیاری (میلی‌متر)				
			I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
۸	۹۵/۹/۱۹	اول	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
۹۳	۹۵/۱۲/۱۴	دوم	۸۷	۷۰	۵۳	۳۵	۳۰
۱۰۷	۹۵/۱۲/۲۸	سوم	۹۵	۷۶	۵۷	۳۸	–
۱۲۱	۹۶/۱/۱۲	چهارم	۱۱۴	۹۱	۶۸	۴۵	–
۱۳۵	۹۶/۱/۲۶	پنجم	۱۲۱	۹۷	۷۳	۴۹	–
۱۴۹	۹۶/۲/۹	ششم	۱۱۳	۹۰	۶۷	۴۵	–
۱۶۳	۹۶/۲/۲۳	هفتم	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	–
جمع			۶۶۰ (میلی‌متر)	۵۳۴	۴۰۸	۲۸۲	۶۰
			۶۶۰۰ (مترمکعب در هکتار)	۵۳۴۰	۴۰۸۰	۲۸۲۰	۶۰۰

داده‌های مورد نیاز مدل DSSAT-CERES-Wheat

این اطلاعات شامل داده‌های هواشناسی، ویژگی‌های خاک محل آزمایش و اطلاعات مربوط به عملکرد و فنولوژی مشاهداتی گیاه (مدیریت گیاه) می‌شود. داده‌های هواشناسی شامل دمای حداقل و حداکثر، بارش و تابش خورشیدی است. اطلاعات خاک شامل درصد رس، سیلت، سنگ‌ریزه، اسیدیته و کربن آلی موجود در خاک است. داده های مدیریت گیاه شامل نام موسسه و ایستگاه تحقیقاتی به اختصار، سال و شماره آزمایش، نوع گیاه کشت شده، کد مزرعه پژوهشی، شناسایی فایل های خاک و هواشناسی ساخته شده در هر یک از مراحل قبل، پارامترهای آنالیز خاک مثل چگالی ظاهری، رطوبت، درصد کربن آلی و غیره؛ نوع رقم کشت شده، تاریخ کاشت و جوانه‌زنی، روش کاشت و توزیع دانه‌ها در زمین، تراکم دانه‌ها در هنگام کاشت و جوانه‌زنی، فاصله بین ردیف‌ها، عمق کاشت؛ تاریخ، حجم و روش مورد استفاده برای آبیاری، راندمان آبیاری؛ تاریخ، نوع، عمق و روش مورد استفاده برای کوددهی به زمین؛ تاریخ برداشت، مشخص نمودن مرحله‌ای از رشد که برداشت صورت می‌گیرد؛ انتخاب نوع تیمارهای مورد بررسی در تحقیق از میان اطلاعات ورودی، انتخاب تاریخ شروع شبیه سازی، گزینش پارامترهای دلخواه جهت شبیه‌سازی و غیره می‌شود. به‌طور کلی فایل مدیریت زراعی رابط بین اطلاعات زراعی، هواشناسی و خاک می‌باشد که برای اجرای مدل CERES-Wheat با انتخاب این فایل، مدل به طور خودکار به فایل‌های هواشناسی و خاک دسترسی پیدا می‌کند و شبیه‌سازی را انجام می‌دهد.

شاخص‌های ارزیابی مدل

واسنجی و صحت‌سنجی مدل زمانی قابل قبول خواهد بود که

www.SID.ir

Archive of SID

اختلاف بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در حد مناسبی قرار گرفته باشد. به‌منظور تعیین این حد مناسب از شاخص‌های ارزیابی استفاده می‌شود، تا معیاری یکسان جهت مقایسه نتایج تحقیقات مختلف باشد (کلانکی، ۱۳۹۴). در این تحقیق، به‌منظور ارزیابی نتایج مدل DSSAT، از سنجه‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا، جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده[1]، ضریب تبیین و شاخص توافق ویلموت[2] استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_m)^2}{n}} \quad (۱)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\overline{x_m}} \times 100 \quad (۲)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_m - \overline{x_m})^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x_m})^2} \quad (۳)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_m)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|x_i| + |x_m|)^2}\right] \quad (۴)$$

که در این روابط، x_i: مقادیر شبیه‌سازی شده، x_m: مقادیر اندازه‌گیری شده (مشاهده شده)، n: تعداد کل مشاهدات و $\overline{x_m}$: مقدار متوسط پارامتر مشاهده شده است.

RMSE با نشان دادن مقدار خطا دقت مدل را مورد بررسی قرار می‌دهد. مقدار آن همواره مثبت است و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده دقت بیشتر مدل در شبیه‌سازی متغیر مورد بررسی می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). NRMSE برحسب درصد بیان می‌شود و اختلاف میان داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده به متوسط داده‌ها را نشان می‌دهد. اگر این مقدار کمتر از ۱۰ درصد باشد، شبیه‌سازی بسیار خوب، اگر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد باشد، شبیه‌سازی خوب، اگر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد باشد، شبیه‌سازی نسبتاً خوب و اگر بالای ۳۰ درصد باشد، شبیه‌سازی ضعیف ارزیابی می‌شود (Soler et al., 2007). شاخص R^2 نسبت پراکندگی را بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. مقدار آن از صفر تا یک تغییر می‌کند و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده برازش بهتر داده‌ها می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). d شاخص آماری توافق ویلموت نامیده می‌شود که توسط ویلموت و همکاران در سال ۱۹۸۵ معرفی شد. این پارامتر دارای مقادیری بین صفر و یک است که هرچه به یک نزدیک‌تر می‌شود، بیانگر برازش مطلوب‌تر است (Soler et al., 2007).

نتایج و بحث

واسنجی مدل DSSAT

در این تحقیق، از داده‌های مزرعه‌ای اندازه‌گیری شده در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ جهت واسنجی مدل استفاده شد و ضرایب ژنتیکی برای گندم رقم آنفارم ۴ در منطقه بیرجند مطابق جدول ۴ به‌دست آمد. دلقندی و همکاران (۱۳۹۳) برای گندم رقم چمران در شرایط آب و هوایی اهواز با استفاده از مدل DSSAT، مقادیر ضرایب ژنتیکی P1V، P1D، P5، G1، G2، G3 و PHINT را به‌ترتیب برابر با ۰، ۱۰۳، ۷۰۰، ۱۱، ۴۵، ۱ و ۱۰۵ گزارش نمودند. در تحقیقی مشابه، سعادتی و همکاران (۱۳۹۵) برای گندم رقم C-79-16 مقادیر این ضرایب را در منطقه مشهد به‌ترتیب برابر با ۶۰، ۹۵، ۳۴۰، ۲۵، ۳۸، ۱/۵ و ۹۰ گزارش کردند.

جدول ۵ نتایج واسنجی پارامترهای مذکور را به‌همراه معیارهای ارزیابی مدل نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر معیارهای ارزیابی مندرج در جدول ۵ و همچنین نمودارهای یک به یک در مرحله واسنجی (شکل ۲) می‌توان بیان نمود که مقادیر NRMSE که به نوعی کارایی مدل را نشان می‌دهد، بین ۴/۹۶ تا ۲۷/۴۱ درصد، شاخص توافق ویلموت بین ۰/۷۹ تا ۰/۹۹ و ضریب تبیین بین ۹۰/ تا ۰/۹۹ تغییر می‌کند که نشان‌دهنده توانایی مدل DSSAT در شبیه‌سازی مولفه‌های گیاهی می‌باشد. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار NRMSE به‌ترتیب در برآورد پارامترهای تاریخ گرده افشانی (۴/۹۶ درصد) و ماده خشک تولیدی (۲۷/۴۱ درصد) مشاهده شد. مقدار NRMSE برای تاریخ‌های گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه، بسیار خوب (کمتر از ۱۰ درصد)، برای عملکرد بیولوژیک، خوب (بین ۱۰ تا ۲۰ درصد) و برای ماده خشک تولیدی، نسبتاً خوب (بین ۲۰ تا ۳۰ درصد) ارزیابی شده است. شاخص توافق ویلموت برای ماده خشک تولیدی ۰/۷۹ و برای سایر پارامترهای گیاهی بین ۰/۹۳ (عملکرد بیولوژیک) تا ۰/۹۹ (عملکرد دانه) برآورد شده است که نشان از برازش مطلوب این پارمترها دارد. ضریب تبیین نیز برای حداکثر شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه به‌ترتیب برابر با ۰/۹۹، ۰/۹۴، ۰/۹۰ و ۰/۹۸ برآورد شده است که نشان از همبستگی بالای داده‌های شبیه‌سازی شده با اندازه‌گیری شده دارد. سعادتی و همکاران (۱۳۹۵) در شبیه‌سازی عملکرد ارقام گندم تحت تیمارهای مختلف آبیاری در منطقه مشهد گزارش کردند که میزان RMSE، NRMSE و R^2 برای عملکرد دانه در مرحله واسنجی مدل به‌ترتیب برابر با ۳۷۶ (کیلوگرم در هکتار)، ۷ درصد و ۰/۶۳ می‌باشد. نتایج پژوهش کلانکی و همکاران (۱۳۹۶) به‌منظور بررسی اثر تلفیق مدیریت آبیاری و تاریخ کشت بر کارایی مصرف آب ذرت با استفاده از مدل DSSAT نشان داد که در مرحله واسنجی مدل، میزان NRMSE، d و R^2 برای شاخص سطح برگ به‌ترتیب برابر با ۶/۸، ۰/۹ و ۰/۹۱ و برای عملکرد دانه برابر با ۲/۲۸، ۱ و ۱ گزارش شده است.

1- NRMSE: Normalized Root Mean Square Error
2- d: The Index of Agreement proposed by Willmott

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- ضرایب ژنتیکی واسنجی شده مدل DSSAT برای گندم رقم آنفارم ٤ در منطقه بیرجند

ضرایب	P1V	P1D	P5	G1	G2	G3	PHINT
مقادیر	۲۵	۰	۱۷	۲۰/۵	۳۰/۱۶	۱/۹۸۲	۳۰

P1V: ضریب حساسیت به بهاره‌سازی

P1D: ضریب حساسیت به دوره نوری

P5: ضریب طول دوره پرشدن دانه برحسب درجه- روز

G1: ضریب تعیین تعداد دانه برحسب تعداد در گرم

G2: ضریب تعیین سرعت پرشدن دانه برحسب میلی‌گرم

G3: ضریب تعیین وزن سنبله و ساقه در زمان کاهش طویل شدن ساقه برحسب گرم

PHINT: ضریب تعیین فاصله زمانی بین ظهور نوک دو برگ متوالی برحسب درجه- روز

جدول ۵- مقادیر مربوط به پارامترهای گیاهی منتخب و معیارهای ارزیابی در تیمارهای مختلف آبیاری در مرحله واسنجی مدل DSSAT

پارامتر گیاهی	سطوح مختلف آبیاری										شاخص ارزیابی			
	اندازه‌گیری شده					شبیه‌سازی شده								
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	RMSE	NRMSE	d	R^2
AD	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۸	۱۴۸	۱۴۸	۱۴۸	۱۴۸	۷	۴/۹۶	۰	_
MD	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۰	۵/۵	۰	_
LAIX	۵/۸	۴/۶	۴/۱	۲/۹	۲/۲	۶/۵	۴/۸	۴/۱	۳	۱/۹	۰/۳۶	۹/۱۸	۰/۹۸	۰/۹۹
CW	۹۱۰۷	۷۸۱۵	۶۱۶۸	۴۴۷۵	۳۹۷۷	۸۸۷۵	۷۵۹۸	۵۸۶۵	۳۸۹۷	۱۳۴۹	۱۲۱۹/۲۸	۱۹/۳۳	۰/۹۳	۰/۹۴
TW	۵۴۷۶	۵۲۱۵	۴۳۳۹	۳۴۹۱	۳۳۳۹	۵۴۶۵	۴۹۸۷	۳۸۴۵	۲۷۰۸	۸۳۴	۱۱۹۸/۶۹	۲۷/۴۱	۰/۷۹	۰/۹
HW	۳۶۳۱	۲۶۰۰	۱۸۲۹	۹۸۴	۶۳۸	۳۴۱۰	۲۶۱۱	۲۰۲۰	۱۱۸۹	۵۱۵	۱۶۸/۸۸	۸/۷۲	۰/۹۹	۰/۹۸

AD: تاریخ گرده افشانی (روز پس از کاشت)، MD: تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک (روز پس از کاشت)، LAIX: حداکثر شاخص سطح برگ، CW: عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)، TW: ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) و HW: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

I_1، I_2، I_3، I_4 و I_5 که به‌ترتیب معادل ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی می‌باشد

RMSE: جذر میانگین مربعات خطا، NRMSE: جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده، d: شاخص توافق ویلموت و R^2: ضریب تبیین

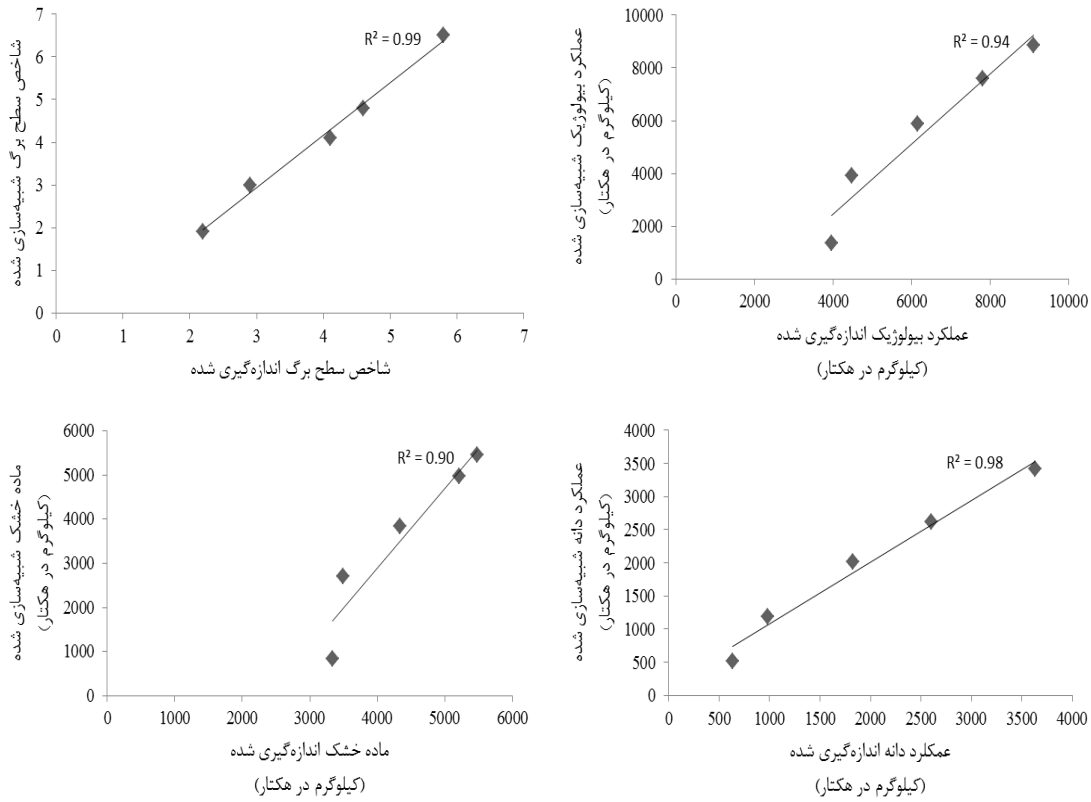
صحت‌سنجی مدل DSSAT

پس از تعیین ضرایب ژنتیکی گندم رقم آنفارم ۴ در مرحله واسنجی، کارایی مدل و صحت نتایج به‌دست آمده برای این ضرایب بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، مدل DSSAT بر اساس ضرایب ژنتیکی مندرج در جدول ۴ برای سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. جدول ۶ مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده پارامترهای گیاهی مرحله صحت‌سنجی را بر اساس داده‌های سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌همراه شاخص‌های ارزیابی نشان می‌دهد.

با توجه به مقادیر شاخص‌های آماری (جدول ۶) و همچنین نمودارهای یک به یک در مرحله صحت‌سنجی (شکل ۳) می‌توان اظهار داشت که مدل DSSAT به‌خوبی مراحل فنولوژیکی و عملکرد گندم را برای منطقه بیرجند شبیه‌سازی نموده است. در فرآیند صحت‌سنجی (جدول ۶)، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار NRMSE به‌ترتیب در برآورد پارامترهای تاریخ گرده افشانی (۵/۷۵ درصد) و ماده خشک تولیدی (۱۸/۳۷ درصد) مشاهده شد. مقدار NRMSE برای تاریخ‌های گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، بسیار خوب (کمتر از ۱۰ درصد) و برای حداکثر شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه گندم، خوب (بین ۱۰ تا ۲۰ درصد) ارزیابی شده است. شاخص توافق ویلموت برای تمامی پارامترهای گیاهی بین ۰/۹۷ تا ۰/۹۸ برآورد شده است. ضریب تبیین نیز برای حداکثر شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه به‌ترتیب برابر با ۰/۹۹، ۰/۹۳، ۰/۹۱ و ۰/۹۵ برآورد شده است که مقادیر این دو شاخص، نشان از برازش مطلوب و همبستگی بالای داده‌های شبیه‌سازی شده با اندازه‌گیری شده دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نمودارهای ۱:۱ پارامترهای گیاهی منتخب در مرحله واسنجی مدل DSSAT

جدول ٦- مقادیر مربوط به پارامترهای گیاهی منتخب و معیارهای ارزیابی در تیمارهای مختلف آبیاری در مرحله صحت‌سنجی مدل DSSAT

پارامتر گیاهی	اندازه‌گیری شده					شبیه‌سازی شده					شاخص ارزیابی			
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	RMSE	NRMSE	d	R^2
AD	۱۳۹	۱۳۹	۱۳۹	۱۳۹	۱۳۹	۱۴۷	۱۴۷	۱۴۷	۱۴۷	۱۴۷	۸	۵/۷۵	۰	-
MD	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۹۱	۱۹۱	۱۹۱	۱۹۱	۱۹۱	۱۱	۶/۱۱	۰	-
LAIX	۵/۹	۴/۷	۴/۲	۳/۳	۲/۳	۶/۶	۵/۲	۴/۵	۳	۲	۰/۴۵	۱۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۹۹
CW	۹۰۵۲	۸۴۱۱	۴۲۸۲	۲۴۶۲	۱۸۷۵	۸۳۴۸	۷۱۵۰	۵۰۱۵	۳۱۹۲	۱۰۵۳	۸۷۵/۴۰	۱۶/۷۸	۰/۹۸	۰/۹۳
TW	۵۰۴۰	۴۹۵۰	۲۵۱۱	۱۴۴۰	۱۲۲۳	۴۶۶۶	۴۲۰۶	۲۸۴۳	۱۸۲۶	۴۴۹	۵۵۷/۰۸	۱۸/۳۷	۰/۹۷	۰/۹۱
HW	۴۰۱۲	۳۴۶۱	۱۷۷۱	۱۰۲۲	۶۵۲	۳۶۸۲	۲۹۴۴	۲۱۷۲	۱۳۶۶	۶۰۴	۳۶۲/۶۷	۱۶/۶۱	۰/۹۸	۰/۹۵

AD: تاریخ گرده افشانی (روز پس از کاشت)، MD: تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک (روز پس از کاشت)، LAIX: حداکثر شاخص سطح برگ، CW: عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)، TW: ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) و HW: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

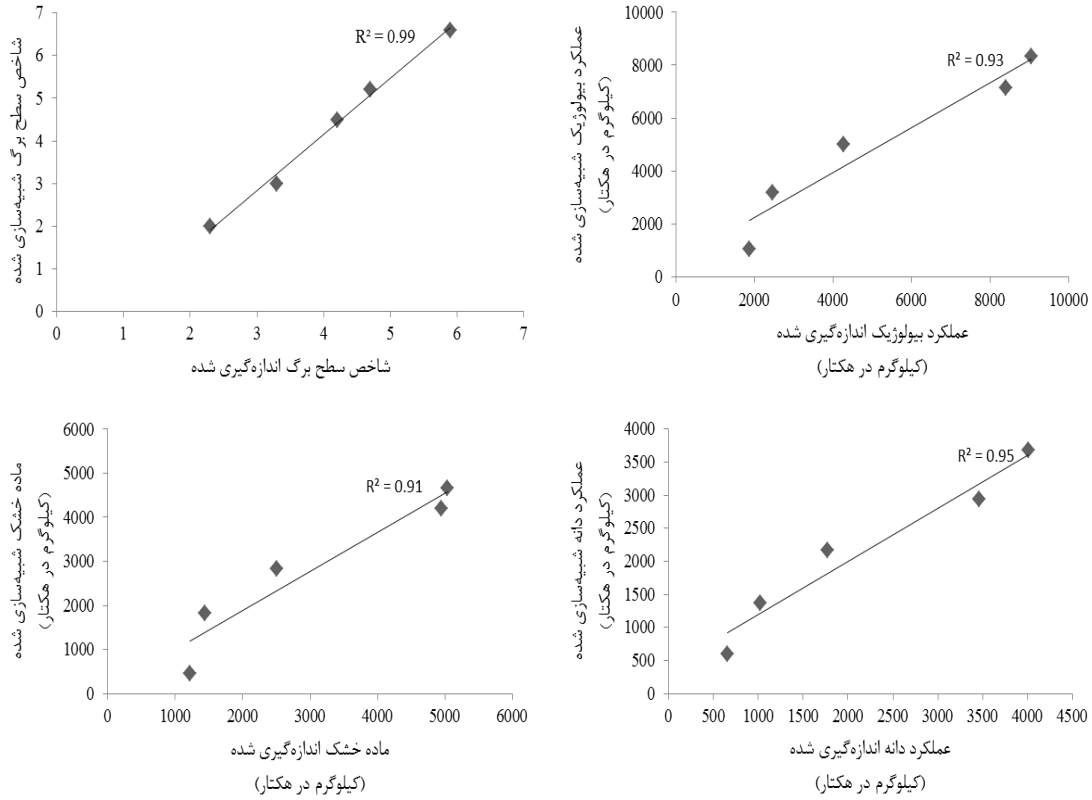
I_1، I_2، I_3، I_4 و I_5 که به‌ترتیب معادل ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی می‌باشد

RMSE: جذر میانگین مربعات خطا، NRMSE: جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده، d: شاخص توافق ویلموت و R^2: ضریب تبیین

نتایج پژوهش سعادتی و همکاران (۱۳۹۵) در شبیه سازی عملکرد ارقام گندم تحت تیمارهای مختلف آبیاری در منطقه مشهد نشان داد که میزان RMSE، NRMSE و R^2 برای عملکرد دانه در مرحله صحت سنجی مدل به ترتیب برابر با ۵۴۱ (کیلوگرم در هکتار)، ۱۰ درصد و ۰/۴۷ بود. در پژوهشی دیگر، میزان RMSE در مرحله صحت سنجی مدل CERES-Wheat برای شبیه سازی حداکثر شاخص سطح برگ حدود شش درصد، برای عملکرد دانه و ماده خشک کل حدود پنج درصد و برای مراحل فنولوژی گیاه در حدود دو درصد گزارش شده است. ضریب تبیین نیز به غیر از شبیه‌سازی مرحله گرده افشانی (۰/۲۵) برای بقیه موارد بین ۰/۹۰ تا ۰/۹۴ بود (دلقندی، ۱۳۹۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودارهای ۱:۱ پارامترهای گیاهی منتخب در مرحله صحت‌سنجی مدل DSSAT

نتیجه‌گیری

با توجه به توانایی مدل DSSAT-CERES-Wheat در آنالیز سیستم‌های تولید گندم که قادر است تأثیر متغیرهای مختلف آب و هوایی، اقلیمی، خاک و مدیریت گیاهی را بر رشد و عملکرد گیاه تفکیک و شبیه‌سازی نماید و همچنین توانایی آن در پیش‌بینی عملکرد گندم در سطوح مزرعه، منطقه و کشور، هم‌اکنون به‌صورت گسترده در مناطق مختلف دنیا از آن به‌عنوان یک ابزار مهم تصمیم‌گیری و مدیریتی در ابعاد پژوهشی و اجرایی استفاده می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، این مدل قادر است با دقت قابل قبولی مراحل فنولوژیکی و عملکرد گندم را شبیه‌سازی نماید. بنابراین می‌توان از آن به‌عنوان ابزاری کارآمد برای برآورد عکس‌العمل گیاه نسبت به حجم آب مصرفی مطابق با سطوح مختلف آبیاری استفاده نمود. قبل از کاربرد این مدل همانند سایر مدل‌های شبیه‌ساز گیاهی لازم است که واسنجی و صحت‌سنجی آن برای رقم کشت شده در منطقه مورد مطالعه انجام گیرد تا پس از تأیید صحت کارکرد مدل، بتوان از آن برای مطالعات مورد نظر استفاده نمود. به‌طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان از کارایی مطلوب مدل CERES-Wheat در شبیه‌سازی رشد، نمو و عملکرد گندم رقم آنفارم ۴ در شرایط آب و هوایی بیرجند دارد. از طرفی، برای تکمیل نتایج و راستی‌آزمایی آن‌ها پیشنهاد می‌گردد که آزمایشات تکمیلی و دقیق دیگری برای سطوح وسیع‌تر صورت گیرد و با نتایج این تحقیق مقایسه گردد.

منابع

احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، و سیاری، م.ح. ۱۳۹۵. بررسی مدل مناسب تعیین نیاز آبی زعفران (*Crocus sativus* L.) و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده. مجله بوم‌شناسی کشاورزی. ۸. ۴: ۵۲۰-۵۰۵.

اندرزیان، ب.، بخشنده، ع.، بنایان، م.، و امام، ی. ۱۳۸۷. ارزیابی مدل شبیه‌سازی CERES-Wheat در شرایط اقلیمی اهواز. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶. ۱: ۱۱-۲۲.

خلیلی، ن.، داوری، ک.، علیزاده، ا.، کافی، م.، و انصاری، ح. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی عملکرد گندم دیم با استفاده از مدل گیاهی آکواکراپ، مطالعه موردی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سیساب، خراسان شمالی. مجله آب و خاک. ۲۸. ۵: ۹۳۰-۹۳۹.

www.SID.ir

Archive of SID

دلقندی، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر محصول گندم و ارائه راهکارهای سازگاری با آن با درنظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای در راستای افزایش امنیت غذایی (مطالعه موردی: دشت خوزستان). رساله دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

دلقندی، م.، اندرزیان، ب.، برومندنسب، س.، مساح بوانی، ع.ر.، و جواهری، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی مدل CERES-Wheat نسخه DSSAT 4.5 در شبیه‌سازی رشد، عملکرد و مراحل فنولوژی گندم در شرایط مدیریت‌های مختلف تخصیص آب در مزرعه (مطالعه موردی: شهرستان اهواز). مجله آب و خاک. ۲۸. ۱: ۸۲-۹۱.

سعادتی، ز.، دلبری، م.، امیری، ا.، پناهی، م.، رحیمیان، م.ح.، و قدسی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی مدل CERES-Wheat در شبیه‌سازی عملکرد ارقام گندم تحت تیمارهای مختلف آبیاری. مجله حفاظت منابع آب و خاک. ۵. ۳: ۷۳-۸۵.

شهیدی، ع. ۱۳۸۷. اثر برهم کنش کم آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم با تعیین تابع تولید آب- شوری در منطقه بیرجند. رساله دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

طلایی سمیرمی، ج.، امیری، ا.، آیین، ا.، برومند، ن.، و جوکار، م.ا. ۱۳۹۶. ارزیابی کارایی مدل DSSAT برای تخمین عملکرد بالقوه سیب‌زمینی در نظام زراعی کشت پاییزه (مطالعه موردی: منطقه جیرفت). مجله به‌زراعی کشاورزی. ۱۹. ۴: ۸۹۳-۹۰۵.

قوام‌سعیدی نوقابی، س. ۱۳۹۸. اثر تغییر اقلیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از مدل گیاهی DSSAT. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بیرجند.

کلانکی، م. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر مدیریت آبیاری در افزایش بهره‌وری آب گیاه ذرت با درنظر گرفتن تغییر اقلیم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه زابل.

کلانکی، م.، کاراندیش، ف.، و صابرعلی، س.ف. ۱۳۹۶. اثر تلفیق مدیریت آبیاری و تاریخ کشت بر کارایی مصرف آب ذرت با استفاده از مدل DSSAT. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۳۱. ۴: ۵۰۹-۵۲۲.

ماهرو کاشانی، ا.ح.، سلطانی، ا.، گالشی، س.ا.، و کلاته‌عربی، م. ۱۳۸۹. برآورد ضرایب ژنتیکی و ارزیابی مدل DSSAT برای ارقام استان گلستان. مجله تولید گیاهان زراعی. ۳. ۲: ۲۲۹-۲۵۳.

مهاجرمیلانی، پ.، سعادت، س.، و وکیل، ر. ۱۳۷۸. تغذیه گندم در شرایط شور استان قم. مجله علوم آب و خاک. ۱۲. ۶: ۱۸۷-۱۹۶.

Bannayan, M., Crout, N.M.J., and Hoogenboom, G. 2003. Application of the CERES-Wheat model for within-season prediction of winter wheat yield in the United Kingdom. Agronomy Journal. 95(1): 114-125.

Eitzinger, J., Trnka, M., Hösch, J., Žalud, Z., and Dubrovský, M. 2004. Comparison of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil conditions. Ecological Modelling. 171(3): 223-246.

Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Porter, C.H., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., and Gijsman, A.J. 2004. Decision support system for agrotechnology transfer version 4.0. University of Hawaii, Honolulu, HI (CD-ROM).

Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Porter, C.H., Boote, K.J., Hunt, L.A., and Ogoshi, R. 2015. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6. DSSAT Foundation, Prosser, Washington.

Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., and Asseng, S. 2017. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7. DSSAT Foundation, Gainesville, FL, USA.

Hoogenboom, G., White, J.W., and Messina, C.D. 2004. From genome to crop: integration through simulation modeling. Field Crops Research. 90(1):145-163.

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., and Ritchie, J.T. 2003. The DSSAT cropping system model. European journal of agronomy. 18(3-4): 235-265.

Kheir, A.M., El Baroudy, A., Aiad, M.A., Zoghdan, M.G., El-Aziz, M.A.A., Ali, M.G., and Fullen, M.A. 2019. Impacts of rising temperature, carbon dioxide concentration and sea level on wheat production in North Nile delta. Science of the Total Environment. 651: 3161-3173.

Panda, R.K., Behera, S.K., and Kashyap, P.S. 2003. Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions. Agricultural water management. 63(1): 37-56.

Patel, C., Nema, A.K., Singh, R.S., Yadav, M.K., Singh, S.K., and Singh, S.M. 2017. Evaluation of DSSAT-CERES model for irrigation scheduling of wheat crop in Varanasi region of Uttar Pradesh. Journal of Agrometeorology. 19(2): 120-124.

Soler, C.M.T., Sentelhas, P.C., and Hoogenboom, G. 2007. Application of the CSM-CERES-Maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical

www.SID.ir

Archive of SID

Tubiello, F.N., Rosenzweig, C., Kimball, B.A., Pinter, P.J., Wall, G.W., Hunsaker, D.J., and Garcia, R.L. 1999. Testing CERES-wheat with free-air carbon dioxide enrichment (FACE) experiment data: CO2 and water interactions. Agronomy Journal. 91(2): 247-255.

environment. European Journal of Agronomy. 27(2-4):165-177.

Tan, X., Shao, D., Liu, H., Yang, F., Xiao, C., and Yang, H. 2013. Effects of alternate wetting and drying irrigation on percolation and nitrogen leaching in paddy fields. Paddy and Water Environment. 11(1-4): 381-395.

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 14, Jan.-Jul. 2020, p. 548-558

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۴، خرداد - تیر ۱۳۹۹، ص. ۵۵۸-۵۴۸

Evaluation of DSSATv4.7 Model in Simulation of Phenological Stages and Wheat Yield of Anfarm 4 under Different Irrigation Levels

S. Ghavam Saeidi Noughabi[1*], M. Yaghoobzadeh[2], A. Shahidi[3], H. Hammami[4], M. Kalanaki[5]
Recived: Nov.11, 2019 Accepted: Jan.28, 2020

Abstract

Crop growth simulation models are one of the most advanced tools used today to estimate yield and optimize crop yields. Therefore, this study aimed to evaluate the ability of DSSAT-CERES-Wheat version 4.7 plant model to simulate the phenological stages and wheat yield of Anfaram 4 for Birjand weather conditions. For this purpose, a randomized complete block design with 3 replications was conducted at research field of agriculture, University of Birjand in 2016-2017. The treatments consisted of different levels of irrigation I_1, I_2, I_3 and I_4, respectively 125, 100, 75 and 50% of plant water requirement and I_5 including rain fed with one supplementary irrigation. The results showed that the values of wheat genetic coefficients including P1V, P1D, P5, G1, G2, G3 and PHINT at model calibration stage were 25, 0, 17, 20.5, 30.16, 1.982 and 30, respectively. At the validation stage, the lowest and highest NRMSE values were observed in the estimation of pollination date (5.75%) and dry matter (18.37%), respectively. Therefore, it can conclude that DSSAT model simulated the phenological stages and yield of wheat for Birjand region.

Keywords: Birjand, DSSAT-CERES-Wheat crop model, Genetic coefficients, Phenological stages

1- M.Sc. Graduate of Irrigation and Drainage, Department of Science and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
2- Assistant Professor, Department of Science and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
3- Associate Professor, Department of Science and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
4- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand
5- Ph.D. Graduate of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol
(*- Corresponding Author Email: saeidghavam@birjand.ac.ir)

www.SID.ir