



## مقاله کوتاه

# شبیه سازی عملکرد دانه و ماده خشک ذرت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد کود نیتروژن

مهتا حق‌جو<sup>۱</sup> و عبدالله بحرانی<sup>\*۱</sup>

### چکیده

مدل کامپیوتری DSSAT- CSM می‌تواند رشد، نمو و محصول گیاهی را که در یک سطح یکنواخت کشت شده باشد تحت شرایط مدیریت‌های شبیه‌سازی شامل تغییرات در میزان آب خاک، کربن خاک، نیتروژن خاک و آبشویی نیتروژن شبیه سازی می‌کند. در این تحقیق ابتدا مدل CERES-Maize با تیمارهای ۲۰٪ تخلیه رطوبتی واسنجی شد و سپس عملکرد محصول و زیست توده کل ذرت در زمان برداشت اعتبار سنجی شد. ضرایب واسنجی برای ذرت سینگل کراس ۲۶۰ عبارت از:  $P_1, P_2, P_5, G_2, G_3$  و PHINT بودند که به ترتیب ۱۶۹، ۰/۷۵، ۰/۳۸۶، ۰/۷۷۵، ۰/۸۸۲، ۳۹/۲۰ به دست آمد. نتایج نشان داد که مدل، عملکرد محصول و زیست توده کل در زمان برداشت را به ترتیب با مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده، شاخص توافق ویلموت و مقادیر ضریب همبستگی ۱۸، ۰/۹ و ۰/۸۲ درصد و ۲۹، ۰/۸۴ و ۷۶ درصد برآورد می‌کند. بنابراین مدل CERES-Maize برای شبیه‌سازی عملکرد و زیست توده کل ذرت در منطقه شیراز دارای نتایج خوب می‌باشد. این مدل عملکرد دانه را در مقایسه با زیست توده کل بهتر شبیه‌سازی کرد. به‌طور کلی آن را می‌توان برای برنامه‌های مدیریتی آبیاری و کود نیتروژن در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد.

**واژگان کلیدی:** اعتبار سنجی، تنش خشکی، شبیه سازی، کود نیتروژن.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رامهرمز، گروه کشاورزی، رامهرمز، ایران

(\* نویسنده مسئول)

abahrani@iauramhormoz.ac.ir, abahrani75@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۶

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۹

## مقدمه

کاربرد مدل های کامپیوتری در کشاورزی با سرعت زیادی در حال گسترش است. مدل های رشد گیاهی ابزاری مفید جهت فهم بهتر نحوه تغییرات عملکرد تولید بر اساس تغییرات نهادها و عوامل محیطی می باشد (Bannayan, 2003).

میزان عملکرد محصول نتیجه برهمکنش بین عوامل خاک، آب، گیاه و اتمسفر به عنوان یک سیستم پیوسته می باشد (Soltani and Torabi, 2009). در علوم زراعی مدل های شبیه سازی گیاهان زراعی دانش انسان درباره ی جنبه های مختلف علمی شامل هواشناسی کشاورزی، فیزیک خاک، شیمی خاک، فیزیولوژی گیاهان زراعی، اصلاح گیاهان و زراعت را به وسیله روابط ریاضی برای پیش بینی رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی امکان پذیر ساخته است. از این رو مدل های شبیه سازی گیاهان زراعی به عنوان ابزار اصلی انتقال علوم زراعی به عصر اطلاعات شناخته می شوند (Kiyani *et al.*, 2004). تغییر اقلیم، نوسانات اقلیمی، پیش بینی عملکرد، آلودگی محیط زیست، کشاورزی پایدار و بسیاری از جنبه های دیگر از جمله زمینه هایی هستند که به وسیله مدل مورد مطالعه قرار می گیرند (Panda *et al.*, 2003). با استفاده از مدل ها به سهولت می توان نتایج آزمایش های انجام شده در یک منطقه و یک دوره زمانی مشخص را به مناطق و زمان های دیگر تعمیم داد، لذا جایگزین مناسب و ارزان قیمتی برای این نوع آزمایش ها هستند (Andarzian *et al.*, 2009). مدل های شبیه سازی باعث کاهش چشمگیر هزینه ها و صرفه جویی در زمان می شوند و نتایج پژوهشی را با دقت قابل قبولی به مناطق دیگر تعمیم می دهند. هم اکنون مدل ها به طور وسیعی در مناطق مختلف دنیا به عنوان یک ابزار مهم مدیریتی در ابعاد پژوهشی و اجرایی مورد استفاده قرار می گیرند (Bannayan *et al.*, 2003). در این راستا

شبیه سازی مراحل رشد گیاه و در نتیجه پیش بینی عملکرد محصول، منجر به برنامه ریزی بهتر و مدیریت کارآتر در روند تولید محصول خواهد شد. از انواع این مدل ها می توان مدل CERES-Maize را نام برد (Binder *et al.*, 2008). این مدل اولین بار توسط جونز و کینیری (Jones and Kiniry, 1986) معرفی شد و بعد از سال ها توسعه پیدا کرد و به عنوان یک مدل در نرم افزار<sup>۱</sup> DSSAT-CSM قرار گرفت (Hoogenboom *et al.*, 2003). این مدل رشد ذرت را به صورت روزانه در واکنش به آب و هوا، خاک، شرایط محیطی، میزان کود، استراتژی های مدیریت مزرعه و همچنین توسعه فنولوژیکی، تجمع و تسهیم زیست توده کل و در نهایت عملکرد شبیه سازی می کند (Jones *et al.*, 2003). همچنین، این مدل برای مطالعات پیش بینی عملکرد، مدیریت آب و نیتروژن به طور وسیعی در دنیا مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج حاکی از دقت خوب مدل در پیش بینی عملکرد تحت سناریوهای مختلف محیطی و مدیریتی می باشد (Lin *et al.*, 2000). مدل CERES-Maize همچنین برای شبیه سازی اثرات رقم، تراکم کاشت، آب و هوا، رطوبت خاک و نیتروژن روی رشد، نمو و عملکرد گیاه ذرت طراحی شده است و طوری توسعه یافته است که می تواند برای پیش بینی عملکرد، سطح مزرعه و منطقه مفید باشد. این اهداف تا حدی سطوح جزئیات مدل را ترسیم می نماید (Nouna *et al.*, 2000). اکسوی و همکاران (Xevi *et al.*, 1996) مدل CERES-Maize را با مدل SWATRER-SUCROS در عملکرد، شاخص سطح برگ، محتوای رطوبت خاک و زیست توده کل بالای سطح زمین یک رقم ذرت مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که مدل CERES-Maize محتوای رطوبت خاک،

۱ - Decision Support System for Agrotechnology Transfer - Crop Simulation Model

اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل رژیم‌های آبیاری خاک و کرت‌های فرعی شامل کود نیتروژن می‌باشد. فاکتور اصلی چهار رژیم آبیاری شامل  $D_1$ : ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی (20% FC)،  $D_2$ : ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی (40% FC)،  $D_3$ : ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی (60% FC) و  $D_4$ : ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی (80% FC) و فاکتور فرعی شامل ۴ سطح کود نیتروژنه  $N_1$ : ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار،  $N_2$ : ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار،  $N_3$ : ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و  $N_4$ : ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود.

نیتروژن خالص از منبع کود اوره بود که در سه زمان کاشت، ساقه رفتن و ظهور گل نر به میزان مساوی در هر سه زمان، اعمال شد. رقم مورد استفاده رقم هیبرید جدید زودرس ذرت دانه‌ای (سینگل کراس ۲۶۰) بود که مناسب برای کشت دوم در مناطق معتدل و معتدل سرد کشور بعد از برداشت گندم با طول دوره رشد ۱۱۰-۱۰۵ روز می‌باشد که در مناطقی مثل استان‌های فارس، اصفهان، خراسان و کرمانشاه کشت می‌شود. کاشت در ۱۵ تیر ماه انجام شد. تعداد کرت در هر بلوک ۱۶ عدد، تعداد خط در هر کرت ۶ و طول هر خط ۶ متر به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها با تراکم ۷ بوته در متر مربع با توجه به درصد قوه نامیه، خلوص فیزیکی و وزن هزار دانه در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از نفوذ آب از پلات‌های تحت آبیاری به سایر پلات‌ها، یک خط نکاشت بین پلات‌های فرعی و ۱/۵ متر فاصله بین پلات‌های اصلی و فاصله بین تکرارها نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. آبیاری کلیه کرت‌ها به صورت قطره‌ای با استفاده از نوارهای پلاستیکی (Tape) با فاصله نازل‌های ۲۰ سانتی‌متر و تحمل فشار ۲۰ اتمسفر، انجام گردید که حجم آب ورودی به کرت‌ها با استفاده از کنتور محاسبه و تنظیم می‌شد. اعمال تنش آبی

سطح برگ و زیست توده کل بالای سطح زمین را با درجه اطمینان ۹۵٪ نسبت به داده‌های مشاهده شده، شبیه‌سازی کرد. DSSAT مجموعه‌ای از برنامه‌های مستقل است که به صورت هماهنگ عمل می‌کنند و شامل مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی که در مرکز مدل قرار دارند و CERES-Maize یکی از این مدل‌های شبیه‌سازی قطعی است و برای دقت شبیه‌سازی ذرت در مراحل رشد، توسعه و محصول‌دهی مراحل توسعه فنولوژیکی، توسعه سطح برگ، زیست توده کل، بیان آب خاک و نیتروژن خاک و تقسیم‌بندی آن در اندام‌های گیاهی را در نظر می‌گیرد.

در این تحقیق با استفاده از این مدل، واسنجی مدل CERES-Maize با استفاده از تیمارهای با ۲۰٪ تخلیه رطوبتی و به‌دست آوردن ضرایب واسنجی انجام و مدل CERES-Maize برای برآورد عملکرد محصول و زیست توده کل در زمان برداشت با تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰٪ تخلیه رطوبتی و مقادیر مختلف کود نیتروژن ارزیابی شد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۳ دقیقه و ارتفاع از سطح دریای ۱۸۱۰ در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در قطعه زمینی با مساحت ۳۰۰۰ متر مربع اجرا شد. از خاک قطعه زمین مورد کشت در هر دو سال برای دقت در نتایج آزمون خاک، ۱۰ نمونه از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تهیه شد و در نهایت یک نمونه یک کیلوگرمی جهت آنالیز به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل گردید. نتایج تجزیه خاک منطقه مورد آزمایش به شرح جدول ۱ می‌باشد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار

۲- شاخص توافق ویلموت:

این شاخص دارای مقادیری بین صفر و یک است که مقادیر نزدیک به یک بیانگر برازش بهتر می‌باشند (Soler et al., 2007).

(۲)

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{P}|)^2}$$

متغیرها و ضرایب رابطه اخیر مشابه متغیرها و ضرایب رابطه ۱ می‌باشند.

### نتایج و بحث

واسنجی مدل با استفاده از تیمارهای با ۲۰٪ تخلیه رطوبتی انجام شد. ضرایب ژنتیکی محاسبه شده (جدول ۲) در ذرت شامل:

$P_1$ : مقدار درجه روز رشد (GDD)، از مرحله جوانه‌زنی تا انتهای مرحله جوانی (در این مدت گیاه به تغییرات طول روز حساس نیست) بر حسب درجه سلسیوس.

$P_2$ : بیان کننده اثر مدت روشنایی، میزان تاخیر در رشد ذرت در صورت عدم تامین طول روز مطلوب که با قرار گرفتن گیاه در فتوپریودی با یک ساعت تاخیر از فتوپریود مطلوب اتفاق می‌افتد.

$P_5$ : مقدار درجه روز از زمان ابریشمی شدن تا رسیدن فیزیولوژیک بر حسب درجه سلسیوس.

$G_2$ : حداکثر تعداد دانه در هر گیاه که بر حسب تعداد دانه در گیاه بیان می‌شود.

$G_3$ : سرعت رشد دانه در مرحله پر شدن دانه در شرایط بهینه رشد را بر حسب  $\text{mg.day}^{-1}$  بیان می‌کند.

PHINT: مقدار درجه روز مورد نیاز برای ظاهر شدن یک برگ جدید یا به عبارتی زمان گرمایی لازم بین ظاهر شدن دو برگ متوالی بر حسب درجه سلسیوس.

بعد از استقرار گیاه در مرحله ۵ برگی (ZGS 23) و اعمال تیمار کود نیتروژن در هر دو سال در سه مرحله قبل از کاشت، قبل از ساقه رفتن (ZGS 23) و ظهور گل نر (ZGS 50) انجام گردید.

در طول آزمایش مبارزه شیمیایی انجام نگرفت و مبارزه با علف‌هرز به صورت مکانیکی انجام شد. در مرحله ۴ برگی عملیات تنک کردن به صورت دستی انجام شد. در طول آزمایش با توجه به اطلاعات ورودی مورد نیاز برای اجرای مدل پارامترهای ارتفاع بوته، تعداد برگ بوته، شاخص سطح برگ (Mansouri et al., 2010) و تجمع ماده خشک برگ، ساقه (Radfords, 1967) و کل، طی ۶ مرحله پس از شروع اعمال تنش خشکی (۳۵ روز پس از کاشت) به فواصل ۱۵ روز یک بار و عملکرد دانه (Mansouri et al., 2010) نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

نتایج شبیه‌سازی با استفاده از شاخص‌های آماری زیر مورد ارزیابی قرار گرفت:

۱- ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (RMSEn):

(۱)

$$RMSEn = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n\bar{O}} \right]^{0.5}$$

که  $P_i$ : مقادیر پیش بینی شده،  $O_i$ : مقدار اندازه‌گیری شده،  $\bar{O}$ : میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و  $n$  تعداد نمونه می‌باشد. اگر مقدار RMSEn کمتر از ۱۰ درصد باشد شبیه‌سازی بسیار خوب، اگر RMSEn بیشتر از ۱۰ درصد و کمتر از ۲۰ درصد باشد شبیه‌سازی خوب، اگر RMSEn بیش تر از ۲۰ درصد و کمتر از ۳۰ درصد شبیه‌سازی نسبتاً خوب و RMSEn بالای ۳۰ درصد شبیه‌سازی ضعیف ارزیابی می‌شود (Cedron et al., 2005).

۲۹، ۰/۸۴ و ۷۶ درصد به دست آمد و زیست توده کل نسبتاً خوب ارزیابی شد. در اکثر تیمارها زیست توده کل کمتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی شده است که به دلیل خطا در تخمین افزاینده ضرایب ژنتیک و یا به علت خطا در پیش‌بینی آب خاک که منجر به آبشویی نیتروژن و کاهش جذب آن توسط گیاه و در نتیجه کاهش زیست توده کل می‌شود (Singh *et al.*, 2008). بیش‌ترین اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل در تیمار  $d_{4n_2}$  (۱۱۹۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین اختلاف در تیمار  $d_{1n_1}$  (۱۰ کیلوگرم در هکتار) دیده شد (شکل ۴).

### نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی مدل CERES-Maize نشان داد که این مدل برای شبیه‌سازی عملکرد و زیست توده کل ذرت در منطقه شیراز مناسب بوده و برای برنامه‌های مدیریتی آبیاری و کود نیتروژن در منطقه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده این مدل، عملکرد را در مقایسه با زیست توده کل بهتر شبیه‌سازی کرده است که این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات سایر محققان مطابقت داشت. پاندا و همکاران (Panda *et al.*, 2004) در بررسی اثرات تنش خشکی بر ذرت گزارش دادند که مدل CERES-Maize با کارایی بالا، قادر است عملکرد دانه و ماده خشک ذرت را شبیه‌سازی کند. یانگ (Yang *et al.*, 2008) نیز در بررسی مدل CERES-Maize بر روی ۴۹ هیبرید مختلف در منطقه شمال کارولینا دریافت که مدل توانایی بالایی برای شبیه‌سازی عملکرد دانه دارد، ولی بن‌نونا و همکاران (Ben Nouna *et al.*, 2000) گزارش کردند که مدل CERES-Maize در پیش‌بینی شاخص سطح برگ، زیست توده کل و عملکرد ذرت تحت استرس آب

ارزیابی مدل با داده‌های واسنجی شده برای تیمار ۲۰٪ برای عملکرد محصول دارای شاخص توافق و ضریب تبیین و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده به ترتیب ۰/۸۹/۹۴ و ۱۰ درصد می‌باشد و برای زیست توده کل این ضرایب به ترتیب ۰/۷۶، ۸۶ و ۲۵ درصد به دست آمد که نشان‌دهنده درستی واسنجی مدل می‌باشد. با استفاده از ضرایب واسنجی شده نتایج مدل برای سایر تیمارها برای عملکرد محصول و زیست توده کل در زمان برداشت اعتبار سنجی شدند. ارتباط مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده عملکرد محصول در شکل ۱ نشان داده شده است. ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (RMSEn)، شاخص توافق (d) و ضریب تبیین ( $R^2$ ) به ترتیب ۰/۹، ۱۸ و ۸۲ درصد به دست آمد و عملکرد محصول خوب ارزیابی شد. با افزایش مقدار کود در تیمار ۲۰٪ تخلیه رطوبتی عملکرد محصول در واحد سطح افزایش یافت که بیشترین عملکرد مربوط به سطح کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، اما در سایر تیمارها بیشترین عملکرد مربوط به سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، افزایش کود باعث کاهش عملکرد محصول در واحد سطح شد، چون در صورتی که کود نیتروژن افزایش یابد، اما آب کافی برای حلالیت کود وجود نداشته باشد این عنصر غذایی جذب خاک نمی‌شود (Gungula *et al.*, 2003). بیش‌ترین اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل در تیمار  $d_{2n_2}$  (۴۲۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین اختلاف در تیمار  $d_{1n_3}$  (که مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل با هم برابر می‌باشد) دیده شد (شکل ۲). مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده زیست توده کل در شکل ۳ نشان داده شده است. ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (RMSEn)، شاخص توافق (d) و ضریب همبستگی ( $R^2$ ) به ترتیب

سطح زمین را با درجه اطمینان ۹۵٪ نسبت به داده‌های موجود در مزرعه شبیه‌سازی کرد. کاربری CERES- (Carberry, 1991) بیان کرد که مدل Maize می‌تواند عملکرد را تحت شرایط نرمال به خوبی شبیه‌سازی کند اما توانایی بهتری در شبیه‌سازی تعداد روز از کاکل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک ذرت نسبت به تعداد روز از جوانه‌زنی تا انتهای مرحله جوانه‌زنی و عملکرد دانه دارد.

موجود در خاک در شرایط آب و هوایی منطقه نیمه خشک مدیترانه رضایت بخش نبود. یوسفی تلابنی (Yusef Talabani *et al.*, 2010) در طی آزمایشی بر روی مدل CERES-Maize دریافتند که این مدل توانایی شبیه‌سازی روند ماده خشک را در حد مطلوبی دارا می‌باشد. اکسوی و همکاران (Xevi *et al.*, 1996) اظهار داشتند که مدل CERES-Maize محتوای رطوبت خاک، سطح برگ و زیست توده کل بالای

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک زمین آزمایش

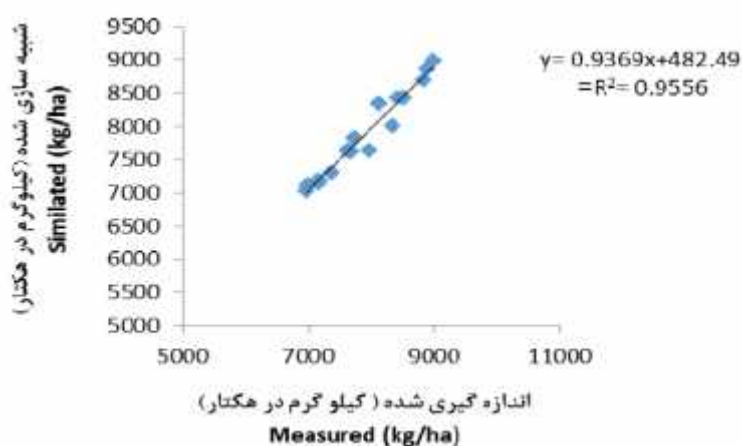
Table 1 – Physical and chemical properties of the soil

پتاسیم قابل جذب K	فسفر قابل جذب P	کربن آلی OM	ازت کل N	اشباع SP	هدایت الکتریکی EC	pH	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	عمق خاک Soli Depth
ppm		%			dS m <sup>-1</sup>		%		cm	
270	9	0.43	0.1	54	0.59	7.23	22	33	43	0-30
130	4.8	0.36	0.2	66	0.45	7.40	14	43	41	30-60

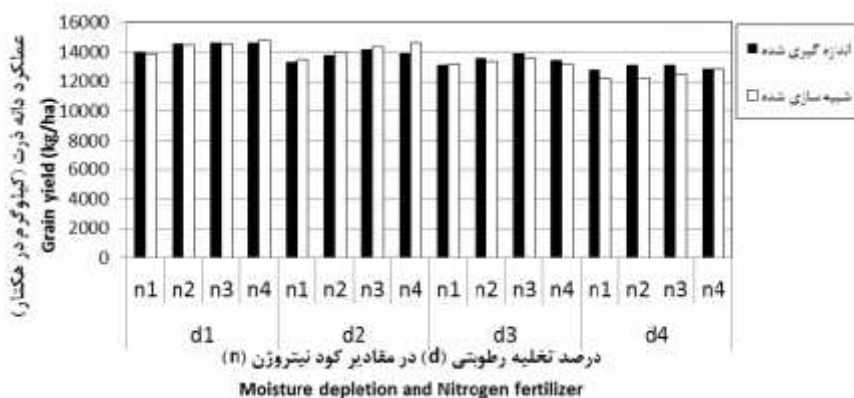
جدول ۲- ضرایب ژنتیکی واسنجی شده مدل بر اساس تیمار ۲۰٪ تخلیه رطوبتی.

Table 2- Calibration of genetic coefficient of the model on the basis of 20% moisture depletion treatment

P1	P2	P5	G2	G3	PHINT
169	0.386	750	775.9	8.82	39.20

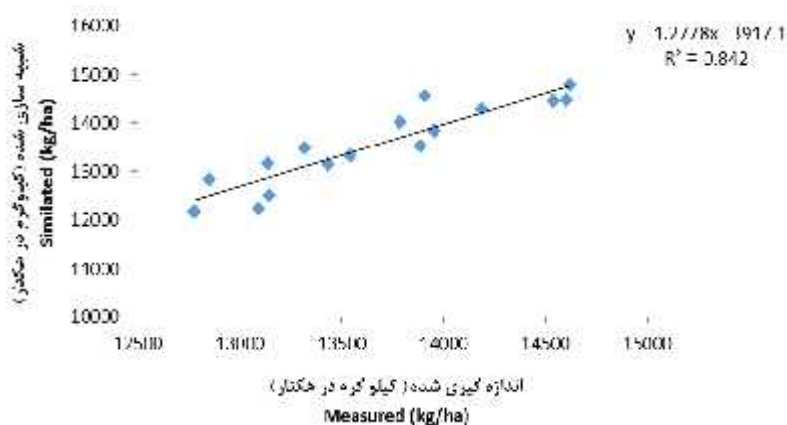


شکل ۱- ارتباط بین مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه‌گیری شده عملکرد دانه ذرت ( $\text{kg ha}^{-1}$ )  
Figure 1- Relation between simulated values with measured values of corn grain yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) by CERES-Maize model



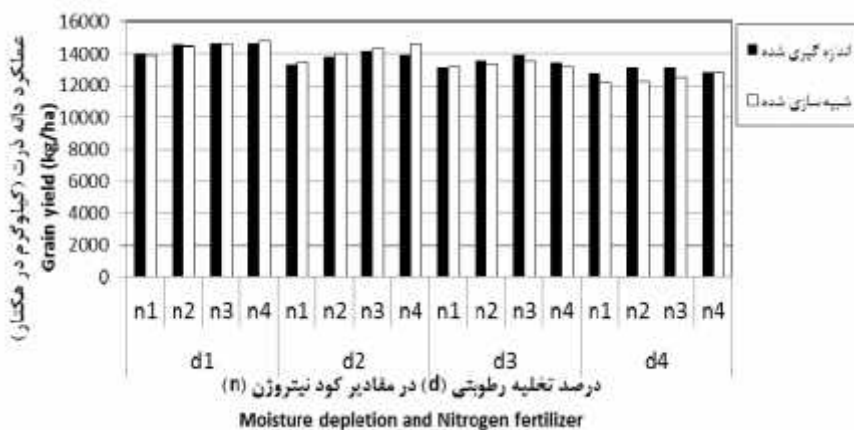
شکل ۲- مقایسه بین مقادیر شبیه سازی شده عملکرد دانه ذرت توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه گیری شده در سطوح مختلف درصد تخلیه رطوبتی و مقدار کود نیتروژنه

Figure 2- Comparison between simulated values of corn yield by CERES-Maize model with measured values at different moisture depletion and nitrogen fertilizer



شکل ۳- ارتباط بین مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه گیری شده زیست توده کل ذرت ( $kg\ ha^{-1}$ )

Figure 3- Correlation between simulated values with measured values of corn biomass ( $kg\ ha^{-1}$ ) by CERES-Maize model



شکل ۴- مقایسه بین مقادیر شبیه سازی شده زیست توده کل ذرت توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه گیری شده در سطوح مختلف درصد تخلیه رطوبتی و مقدار کود نیتروژنه

Figure 4- Comparison between simulated values of maize biomass by CERES-Maize model with measured values at different moisture depletion and nitrogen fertilizer

## References

## منابع مورد استفاده

- Andarzian, B., A.M. Bakhshande, K.H. Elmisaid, M. Bannayan and Y. Emam. 2009. CDSS- Model a model for simulation of crop. *Agric. and Hortic. J.* 67: 71-79. (In Persian).
- Bannayan, M. 2003. And application on simulation models in agriculture. Mashhad Ferdosi University. 1<sup>st</sup> Edition. 204 pp. (In Persian).
- Bannayan, M., Crout, N.M.J., and G. Hoogenboon. 2003. Application of the CERES-Wheat Model for within season predication of winter wheat yields in the United King, dom. *Agron. J.* 95: 114-125.
- Ben Nouna, B., N. Katerji, and M. Mastrorilli. 2000. Using the CERES-Maize model in a semi-arid Mediterranean environment. Evaluation of model performance. *Eur. J. Agron.* 13: 309-322.
- Binder, J., S. Graeff, J. Limk, W. Claupein, M. Liu, M. Dai, and P. Wang. 2008. Model-based approach to quantify production potentials of summer maize and spring maize in the North Chaina plain. *Agron. J.* 100: 863-873.
- Carberry, P.S. 1991. Test of leaf-area development in CERES-Maize: a correction. *Field Crops Res.* 27: 159-167.
- Cedron, F.X.L., K.J. Boot, B.R. Nogueira, and F. Sau. 2005. Testing CERES Maize versions to estimate maize production in a cool environment. *Eur. J. Agron.* 23:89-102.
- Gungula, D.T., J.G. Kling, and A.O. Togun. 2003. CERES-Maize predictions of maize penology under nitrogen-stressed condition in Nigeria. *Agron. J.* 95: 892-899.
- Hoogenboom, G.J., J.W. Jones, P.W. Wilkens, W.D. Batchelor, W.T. Bowen, L.A. Hunt, N. Pickering, U. Singh, D.C. Godwin, B. Baer, K.J. Boote, J.T. Ritchie, and J.W. White. 2003. Crop models. pp. 95-242. In G.Y. Tsuji, G. Uehara, and S. Balas (ed.) DSSAT v3. Vol. 2-2. Univ. of Hawaii, Honolulu.
- Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.* 18: 235-265.
- Kiyani, A., A. Kocheiki, M. Bonayan, and M. Nasiri Mahalati. 2004. Evaluation of CERES-Wheat model at two different climatic point in Khorasan province. *Desert. J.* 8(2). Tehran University Press. (In Persian).
- Lin, C., C. Chen, W. Hsiang, and T.L. Hu. 2000. A model and its implications for denitrification in soil environment. *Proc. Natl. Sci. Counc.* 24: 136-142.
- Mansouri Far, C., S.A.M. Modarres Sanavy, and S.F. Saberli. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agric Water Manage.* 97:12-22.



- Nouna, B.C., Katerji, N., and M. Mastrorilli. 2000. Using the CERES-Maize model in a semi-arid Mediterranean environment. Evaluation of model performance. *Eur. J. Agron.* 13: 309–322.
- Panda, P.K., S.K., Behera, and P.S, Kashayap. 2003. Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions. *Agric. Water Manage.* 63: 37-56.
- Panda, R.K., S.K. Behera, and P.S. Kashyap. 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed condition. *Agric. Water Manage.* 66: 181-203.
- Radfords, P.J. 1967. Growth analysis formulae–Their use and abuse. *Crop Sci.* 7:(3): 171-175.
- Singh, A.K., R. Tripathy, and U.K. Chopra. 2008. Evaluation of CERES-Wheat and CropSyst models for water–nitrogen interactions in wheat crop. *Agric. Water Manage.* 95: 776-786.
- Soler, C., P. Sentelhas, and G. Hoogenboom. 2007. Application CSMCERES maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off season in a subtropical environment. *Eur. J. Agron.* 27:165-177.
- Soltani, A., and B. Torabi. 2009. Crop modeling. Mashhad University Press. pp 232. (In Persian).
- Xevi, E., J. Gilley, and J. Feyen. 1996. Comparative study of two crop yield simulation models. *Agric. Water Manage.* 30: 155- 173.
- Yang, S.H., G. Wilkerson, R. Hejazi, L. Heiniger, and D. Bowman. 2008. Estimating CSM-CERES-Maize genetic coefficients and soil parameters and evaluating model response to varying nitrogen management strategies under North Carolina Conditions. Ph.D Thesis. USA.
- Yusef Talabani, Z., I. Amiri, A.R. Hoseini, and H. Ansari. 2010. Evaluating of grain yield of corn with calibration and evaluation of CERES-Maize. Ms.C Thesis. Mashhad University Press. pp 125.

**Short Article****Simulation of Grain Yield and Biomass of Corn at Different Irrigation Regimes and Nitrogen Application****Haghjoo, M.<sup>1</sup>, and A. Bahrani<sup>1</sup>:***Received: January 2014, Accepted: 28 February 2015***Abstract**

DSSAT-CMS computer model simulates growth, development and crop production under the management conditions such as variation in soil moisture, soil carbon, soil nitrogen and nitrogen leaching. In this study, first CERES-Maize model with 20% moisture depletion and then grain yield and biomass of corn at harvesting time were calibrated. Calibration coefficients for corn single cross 260 were  $P_1=169$ ,  $P_2=0.386$ ,  $P5750$ ,  $G_2=775.9$ ,  $G_3=8.82$  and  $PHINT39.20$ . Results showed that the model estimates grain yield and biomass in normalized mean root of error squares (RMSEn), Wilmot agreement index (d) and correlation ( $R^2$ ) coefficient at 18, 90 and 82 percent and 29, 84 and 84 percent respectively. Therefore, CERES-Maize model has the high precision in simulation of these two traits and also simulation was desirable in Shiraz region. The model simulated grain yield better than biomass. In general, the model can be used for irrigation and nitrogen management in the region.

**Key words:** Nitrogen fertilizer, Simulation, Validation, Water stress.

---

1- Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.

\* *Corresponding Author:* abahrani@iauramhormoz.ac.ir; abahrani75@yahoo.com