



## برآورد عملکرد محصول گیاه ذرت با استفاده از واسنجی و ارزیابی

### مدل CERES-Maize

زینب یوسفی تلابنی<sup>۱</sup>، ابراهیم امیری<sup>۲</sup>، حسین انصاری<sup>۳</sup>، علیرضا فرید حسینی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
yousefi.zeinab@yahoo.com

۲- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان  
eamiri57@yahoo.com

۳- دانشیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
Ansari\_hos@yahoo.com

۴- استادیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
farid-h@yahoo.com

#### چکیده

مدل کامپیوتری DSSAT- CSM تولید گیاه را در یک مکان با در نظر گرفتن داده های هواشناسی، ژنتیک، آب، کربن و نیتروژن خاک و فعالیت های مدیریتی طی یک یا چند فصل شبیه سازی می کند. در این تحقیق نیز ابتدا مدل CERES-Maize با تیمارهای با دور آبیاری ۶ روز واسنجی شد و سپس عملکرد محصول و بیوماس ذرت در زمان برداشت اعتبار سنجی شد. ضرایب واسنجی CERES-Maize عبارت از:  $P_1$ ،  $P_2$ ،  $P_5$ ،  $G_2$ ،  $G_3$  و PHINT که به ترتیب برابر ۲۴۰ (°C)، ۰.۲، ۸۵۰ (°C)، ۸۵۵، ۱۰، ۵۳ (°C) بدست آمد. نتایج نشان داد که مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده، شاخص توافق ویلموت و ضریب همبستگی برای عملکرد محصول و بیوماس در زمان برداشت به ترتیب ۱۸، ۹۲، ۸۲ درصد و ۲۹، ۸۴ و ۸۶ درصد می باشد. بنابراین مدل CERES-Maize برای شبیه سازی عملکرد و بیوماس ذرت در منطقه لاهیجان دارای نتایج خوب می باشد و برای برنامه های مدیریتی آبیاری و کود نیتروژن در منطقه می تواند استفاده شود.

**واژگان کلیدی:** مدل، CERES-Maize، واسنجی، اعتبار سنجی.

#### مقدمه

به علت افزایش روزافزون جمعیت و به مخاطره افتادن منابع طبیعی هم چون آب، خاک، زمین و غیره کشاورزان نیازمند اطلاعات مدیریتی کافی برای تصمیم گیری هایشان در همه ی مراحل هستند. اطلاعات در مورد اثر مدیریت آبیاری و کود نیتروژن روی محصول دهی، بیلان آب، نیاز آبی و آب مصرفی گیاه می تواند گزینه های مناسبی را در اختیار ما قرار دهد که باعث افزایش بهره وری آب آبیاری و پتانسیل محصول شود و به بهبود برنامه های آبیاری و کوددهی کمک کند. تولید داده های جدید از طریق تحقیقات متداول کشاورزی و انجام آزمایشات به علت صرف وقت و هزینه ی زیاد مقرون به صرفه نیست. سیستم پشتیبانی تصمیم برای انتقال تکنولوژی کشاورزی (DSSAT) به دلیل پیوندی که بین علوم مختلف خاک، آب، اقلیم، گیاه و مدیریتی ایجاد می کند مورد استقبال بسیاری از محققین قرار گرفت. DSSAT مجموعه ای از برنامه های مستقل است که به صورت هماهنگ عمل می کنند و شامل مدل های شبیه سازی گیاهی است که در مرکز مدل قرار دارند و CERES-Maize یکی از این مدل های شبیه سازی قطعی است و برای دقت در شبیه سازی رشد، توسعه و محصول دهی ذرت



توسعه فنولوژیکی، توسعه سطح برگ، بیوماس توده ای، بیلان آب خاک و نیتروژن خاک و تقسیم بندی آن در اندام‌های گیاهی را در نظر می‌گیرد. Duchon در سال ۱۹۸۶ CERES-Maize را برای پیش بینی مقدار محصول ذرت طی فصل رشد در منطقه Illinois به کار برد. در سال ۲۰۰۰ Steele و همکارانش در آمریکای شمالی، Heinemann و همکارانش در آمریکای مرکزی در زمینه مدیریت آبیاری فعالیت کردند و Thorp و همکارانش در سال ۲۰۰۶ از این مدل برای مطالعه محصول غلات در ایالات متحده آمریکا استفاده کردند. در این تحقیق با استفاده از مدل CERES-Maize اهداف زیر دنبال می‌شود:

- ۱- واسنجی مدل CERES-Maize با استفاده از تیمارهای با دور آبیاری ۶ روز و بدست آوردن ضرایب واسنجی.
- ۲- ارزیابی مدل CERES-Maize برای برآورد عملکرد محصول و بیوماس در زمان برداشت با تیمارهای دیم و تیمارهای با دور آبیاری ۱۲ روز.

### مواد و روش‌ها

آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۹ در شهرستان لاهیجان استان گیلان اجرا گردید. طول، عرض جغرافیایی منطقه و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب  $50^{\circ}$ ،  $11^{\circ} 37'$  و  $4$  متر می‌باشد. از لحاظ آب و هوایی در منطقه معتدل و مرطوب قرار دارد و خاک منطقه دارای بافت شنی رسی است. در این آزمایش گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در تاریخ اول خرداد ۱۳۸۹ بصورت کپه ای و در عمق ۵ سانتی متری خاک کاشته شد.

آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح ( $I_1$ : دیم،  $I_2$ : دور آبیاری ۶ روز،  $I_3$ : دور آبیاری ۱۲ روز) و تیمارهای کود نیتروژن به عنوان عامل فرعی ( $N_1=0$ ،  $N_2=60$ ،  $N_3=120$ ،  $N_4=180$ ،  $N_5=240$ ) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در نظر گرفته شد. در کل ۱۵ تیمار برای این پژوهش در نظر گرفته شد. آبیاری مورد استفاده سطحی (جوی پشته ای) بود، که تعداد دفعات آبیاری در دور آبیاری ۶ روزه ۱۰ بار و در دور آبیاری ۱۲ روزه ۵ بار بوده که مقدار آب ورودی به هر کرت توسط کنتور نصب شده در محل اندازه گیری گردید. اندازه کرت‌ها فرعی  $8 \times 2$  متر مربع بود و در هر کرت آزمایشی فاصله بین پشته‌ها ۷۵ سانتی متر، فاصله گیاه بروی پشته ۲۰ سانتی متر، فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی متر و فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر در نظر گرفته شد. نتایج شبیه سازی با استفاده از معیارهای آماری زیر مورد ارزیابی قرار گرفت:

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

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

که در رابطه فوق  $P_i$ : مقادیر پیش بینی شده،  $O_i$ : مقدار اندازه گیری شده،  $\bar{O}$ : میانگین مقادیر اندازه گیری شده و  $n$  تعداد نمونه می‌باشد. اگر مقدار RMSEn کم تر از ۱۰ درصد باشد شبیه سازی بسیار خوب، اگر RMSEn بیش تر از ۱۰ درصد و کم تر از ۲۰ درصد باشد شبیه سازی خوب، اگر RMSEn بیش تر از ۲۰ درصد و کم تر از ۳۰ درصد شبیه سازی نسبتاً خوب و RMSEn بالای ۳۰ درصد شبیه سازی ضعیف ارزیابی می‌شود. (۱).

ب- شاخص آماری توافق ویلموت:

این شاخص دارای مقادیری بین صفر و یک است که مقادیر نزدیک به یک بیانگر برازش بهتر می‌باشند.



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

## نتایج و بحث

واسنجی مدل با استفاده از تیمارهایی با دور آبیاری ۶ روز (I2) انجام شد. در این تحقیق ضرایب ژنتیکی ذرت با سعی و خطا و هم چنین با توجه به حدودی که برای این ضرایب در مناطق مختلف جهان بدست آوردند تعیین شد به نحوی که بین مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده بوسیله‌ی مدل حداقل اختلاف وجود داشته باشد. ضرایب ژنتیکی ذرت شامل:

P<sub>1</sub>: مقدار درجه روز رشد GDD، از مرحله جوانه زنی تا انتهای مرحله جوانی (در این مدت گیاه به تغییرات طول روز حساس نیست) بر حسب درجه سانتیگراد.

P<sub>2</sub>: 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 فتو پریود مطلوب اتفاق می افتد.

P<sub>5</sub>: مقدار درجه روز از زمان ابریشمی شدن تا رسیدن فیزیولوژیک بر حسب درجه سانتیگراد.

G<sub>2</sub>: حداکثر تعداد دانه در هر گیاه که بر حسب تعداد دانه در گیاه بیان می شود.

G<sub>3</sub>: سرعت رشد دانه در مرحله پر شدن دانه، در شرایط بهینه رشد را بیان کرده که بر حسب mg/day می باشد.

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 سانتیگراد.

ضرایب P<sub>1</sub> و P<sub>5</sub> و PHINT و G<sub>2</sub> به دلیل اینکه زمان برداشت محصول در مدل قبل از رسیدن کامل و خشک شدن آن می‌باشد معمولا کمتر از مقدار وارسته مزرعه ای است (He et al, 2012). ضرایب P<sub>1</sub> و P<sub>5</sub> تاریخ های فنولوژی را کنترل می کنند و در این پژوهش بر اساس تاریخ مراحل ابریشمی و رسیدگی فیزیولوژیک ذرت به گونه ای تعیین شدند که این تاریخ ها منطبق با تاریخ های اندازه گیری شده شوند. ضریب PHINT هم بر تاریخ های ژنوتیپی و هم بر محصول اثر می گذارد. مقادیر این ضرایب در جدول ۱ درج شده است.

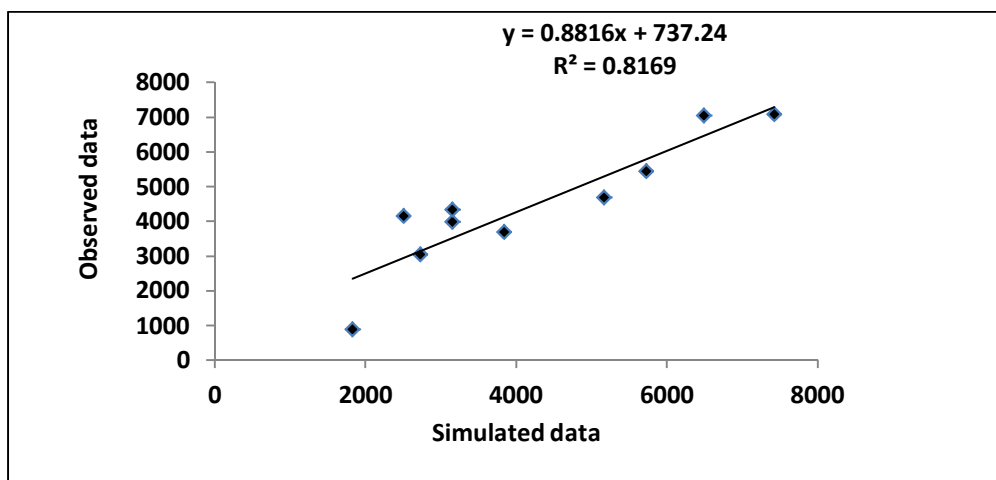
جدول ۱. ضرایب ژنتیکی واسنجی شده مدل بر اساس تیمارها با دور آبیاری ۶ روز

PHINT	G <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	وارسته ذرت دانه ای
۵۳	۱۰	۸۸۵	۸۵۰	۰.۲	۲۴۰	سینگل کراس ۷۰۴

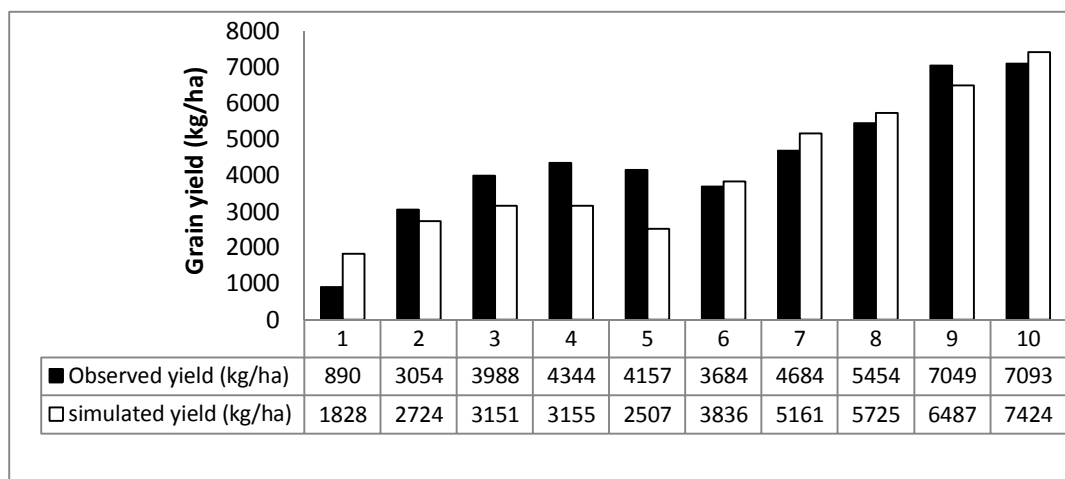
ارزیابی مدل با داده‌های واسنجی شده برای ۶ تیمار برای عملکرد محصول دارای شاخص توافق و ضریب همبستگی و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده به ترتیب ۹۶، ۸۹، ۹ و ۹ درصد می باشد و برای بیوماس نیز این ضرایب به ترتیب ۹۹، ۹۶ و ۲۸ درصد بدست آمد که نشان دهنده درستی واسنجی مدل می باشد. با استفاده از ضرایب واسنجی شده، نتایج مدل برای سایر تیمارها (۱۰ تیمار) برای عملکرد محصول و بیوماس در زمان برداشت اعتبار سنجی شدند.



مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده عملکرد محصول در شکل ۱ نشان داده شده است. ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (RMSEn)، شاخص توافق ویلموت (d) و ضریب همبستگی ( $R^2$ ) به ترتیب ۱۸، ۹۲ و ۸۲ درصد بدست آمد و عملکرد محصول خوب ارزیابی شد. با افزایش مقدار کود در همه تیمارها عملکرد محصول در واحد سطح افزایش می یابد به جز تیمار  $I_1N_5$  که افزایش کود باعث کاهش عملکرد محصول در واحد سطح شده است چون در صورتی که کود نیتروژن افزایش یابد اما آب کافی برای حلالیت کود وجود نداشته باشد این عنصر غذایی جذب خاک نمی شود. با توجه به شکل ۲ بیشترین اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده توسط مدل در تیمار ۵ ( $I_1N_5$ ) برابر با ۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده توسط مدل در تیمار ۱۱ ( $I_3N_0$ ) برابر با ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار می باشد.



شکل ۱. همبستگی بین مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه گیری شده عملکرد ذرت (kg/ha)



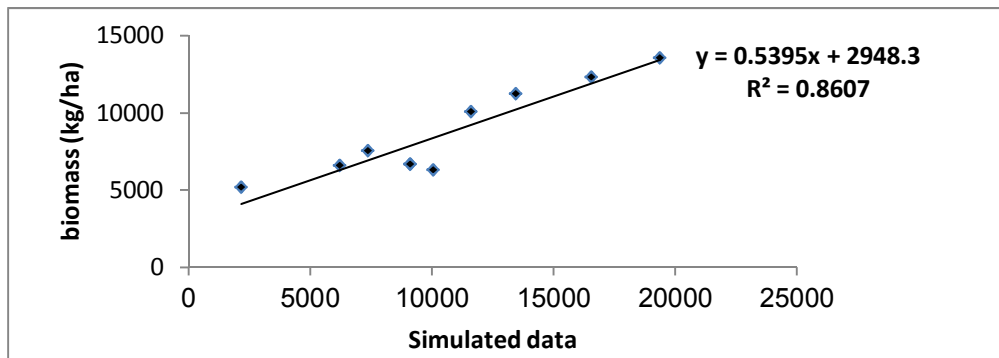
شکل ۲

۲. مقایسه بین مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه گیری شده عملکرد ذرت (kg/ha)

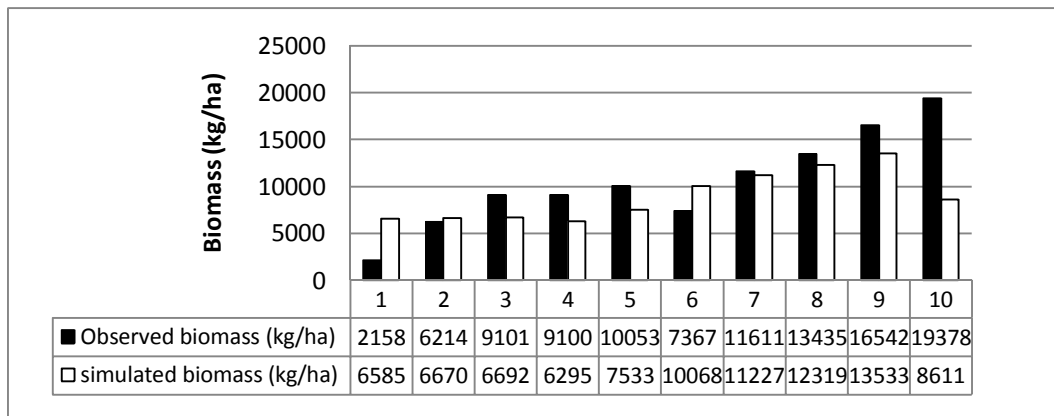
مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده بیوماس در شکل ۳ نشان داده شده است. ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (RMSEn)، شاخص توافق ویلموت (d) و ضریب همبستگی ( $R^2$ ) به ترتیب ۲۹، ۸۴ و ۸۶ درصد بدست آمد و بیوماس نسبتاً



خوب ارزیابی شد. در اکثر تیمارها بیوماس کمتر از مقدار واقعی شبیه سازی شده است که به دلیل خطا در تخمین افزایشی ضرایب ژنتیک و یا به علت خطا در پیش بینی آب خاک که منجر به آیشویی نیتروژن و کاهش جذب آن توسط گیاه و در نتیجه کاهش بیوماس می‌شود (Singh et al, 2008). با توجه به شکل ۴ بیشترین اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده توسط مدل در تیمار ۱۵ ( $I_3N_5$ ) برابر با ۵۸۴۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده توسط مدل در تیمار ۱۱ ( $I_3N_0$ ) برابر با ۱۶۶ کیلوگرم در هکتار می باشد.



شکل ۳. همبستگی بین مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه گیری شده بیوماس ذرت (kg/ha)



شکل ۴. مقایسه بین مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل CERES-Maize با مقادیر اندازه گیری شده بیوماس ذرت (kg/ha)

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج فوق مدل CERES-Maize، عملکرد و بیوماس محصول ذرت سینگل کراس ۷۰۴ را به ترتیب با دقتی در حد خوب و نسبتاً خوب شبیه سازی نمود. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش می توان مدل CERES-Maize را به منظور اجرای برنامه‌های مدیریتی آبیاری و کود نیتروژن در منطقه لاهیجان به عنوان یک مدل مناسب پیشنهاد کرد. توصیه می شود از مدل فوق در مناطق دیگر با شرایط آب و هوایی متفاوت و برای محصولات مختلف اجرا کرد.

### فهرست منابع



## دومین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا

۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ - کرمان

*The 2<sup>nd</sup> International Conference on Plant, Water, Soil and Weather Modeling  
8, 9 May 2013, Kerman, Iran*



۱. ربیع، م.، میر لطفی، م.، قیصری، م.، ۱۳۹۱. واسنجی و ارزیابی مدل CSM-CERES-Maize برای ذرت علوفه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶(۲): ۲۹۰-۲۹۹.
۲. مهبد، م.، زند پارسا، ش.، امیری، ا.، ۱۳۹۱. واسنجی و اعتبار سنجی مدل CERES-Maize برای برآورد عملکرد محصول گیاه ذرت تحت مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن. اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه.
3. He, J., Dukes, M.D., Hochmuth, G.J., Jones, J.W., Graham, W.D. 2012. Identifying irrigation and nitrogen best management practices for sweet corn production on sandy soils using CERES-Maize model. *Agricultural Water Management*. 109 : 61– 70.
4. Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., and Ritchie, J.T. 2003. The DSSAT cropping system model. *Europ. J. Agronomy*. 18 : 235-265.
5. Nouna, B.C., Katerji, N., Mastrorilli, M. 2000. Using the CERES-Maize model in a semi-arid Mediterranean environment. *Evaluation of model performance. European Journal of Agronomy*. 13 : 309–322.
6. Singh, A.K., Tripathy, R., and Chopra, U.K. 2008. Evaluation of CERES-Wheat and CropSyst models for water–nitrogen interactions in wheat crop. *Agriculture water management* 95: 776-786.



## *Maize crop yield estimation using calibration and evaluation of CERES-Maize model*

Z.Yousefi<sup>1</sup>, E.Amiri<sup>2</sup>, A.Ansari<sup>3</sup>, A.Farid<sup>4</sup>

<sup>1</sup>MSc student of water resources, faculty of agriculture, Ferdowsi university of mashhad;  
yousefi.zeinab@yahoo.com.

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of agriculture, Islamic azad university, lahijan branch;  
eamiri57@yahoo.com

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of agriculture, Ferdowsi university of mashhad  
Ansari\_hos@yahoo.com

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of agriculture, Ferdowsi university of mashhad  
farid-h@yahoo.com

### **Abstract**

DSSAT- CSM simulate crop production considering weather, genetics, soil water, soil carbon and management in single or multiple seasons. In this study, treatments with 6-day irrigation period were used in the calibration process. Then grain yield and biomass of maize were evaluated at harvest maturity. Genetic coefficient required by this model including P1, P2, P5, G2, G3, and PHINT were found to be 240 (°C), 0.2 (days/hr), 850 (°C), 855, 10 (mg/day), and 53 (°C), respectively. The result indicated the model was able to simulate grain yield and biomass for maize accurately normalized with root mean square errors, Wilmot's index of agreement and coefficient of determinations 18, 22, 82 percent and 29, 84, 86 percent respectively. So CERES-Maize model for simulating grain yield and biomass in Lahijan branch has good results and can be used for irrigation-fertilizer management.

**Keywords:** *model, CERES-Maize, calibration, evaluation.*