مجله زراعت و اصلاح نباتات
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵
صفحات ۳۹-۳۱

شبیه‌سازی فرایند رشد و نمو برنج تحت مدیریت نیتروژن با استفاده از مدل CERES-Rice

Simulation of growth and development process of rice cultivars under nitrogen management with CERES-Rice model

محبوبه کیانی[۱]، محمدنبی ایلکائی[۱]، فیاض آقایاری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۱

چکیده

عمده تحقیقات مربوط به تأثیرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی با استفاده از مدل های رشد و نمو گیاهان انجام می¬گیرد. مدل¬های شبیه سازی گیاه، توانایی ایجاد گزینه¬های مختلف، زمان کمتر و هزینه پایین¬تری را برای تعیین مقدار کود نیتروژن بهینه، تحت شرایط مدیریت کود را دارند. مدل CERES-Rice، رشد و توسعه برنج را در شرایط تولید پتانسیل، کمبود آب و کمبود نیتروژن شبیه سازی می¬کند. به منظور ارزیابی مدلCERES-Rice ، در قالب نرم افزار DSSAT بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم هاشمی) در چهار سطوح مختلف کود نیتروژن (N1=0 ,N2=30, N3=60, N4=90 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در منطقه رشت آزمایش مزرعه¬ای در سال زراعی۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک¬های کامل تصادفی در چهار تکرار در موسسه تحقیقاتی برنج کشور اجرا شد. نتایج این تحقیق نشان داد که محققان می¬توانند از مدل CERES-Riceبرای شبیه سازی شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و عملکرد دانه، ارقام برنج تحت شرایط مدیریت کود نیتروژن و بررسی بهینه مقدار کود نیتروژن استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، مدل CERES-Rice، شبیه سازی عملکرد، نیتروژن.

۱-دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، ایران
نویسنده مسئول: mn64_ilkaee@yahoo.com

مقدمه

در عصر پیشرفت تکنولوژی، کشاورزی به یک حرفه پیچیده تبدیل شده است که موفقیت در آن مستلزم به کار بردن بهترین تکنولوژی می‌باشد (Ommani and Chizari, 2008). اطلاعات علمی و فنی، اساس توانایی های مادی و معنوی جوامع گوناگون به شمار می‌روند. هر جامعه‌ای که بتواند به اطلاعات بیشتری دست یابد از توان و پویایی بیشتری نیز برخوردار است. به عبارت دیگر در جامعه امروزی اطلاعات مایه و پایه قدرت محسوب می‌شود، قدرتی که باید برای تامین نیاز انسان‌ها، ایجاد استقلال و برنامه‌ریزی مفید و سازنده، در اختیار مردم قرار گیرد. اطلاعات زیربنای کلیه جریان‌های مربوط به تولید، توسعه و برنامه‌ریزی است. فیزیولوژیست‌های گیاهی داده‌های گیاهی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد را به عنوان ابزارهای مفیدی جهت تجزیه و تحلیل کمی رشد در زمینه‌های مانند اصلاح گیاهان، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهی به کار می‌برند. همواره یکی از مهم ترین روش‌های اصلاح گیاهان در جهت عملکرد بالا ارزیابی صفات فیزیولوژیک موثر در اختلاف عملکرد و نیز شناسایی نحوه کنترل ژنتیکی آنها است. شواهد موجود بیان گر آن است که کلیه اجزا فیزیولوژیک دارای درجه ای از تنوع ژنتیکی می‌باشند. با وجود تاکید بسیاری از محققان بر نقش تعیین کننده ویژگی های فیزیولوژیک در بهبود عملکرد گیاهان زراعی هنوز مطالعات جامع و دقیقی در این زمینه صورت نگرفته است و محدودیت‌های مرفولوژیکی موثر بر عملکرد شناخته نشده است. عملکرد ویژگی پیچیده ای است که ظهور آن بستگی به کارکرد واکنش‌های بسیاری از فرایندهای ترکیبی فیزیولوژیک، به ویژه اجزای محدود کننده ای دارد که با رقم تغییر می‌کند. شناخت و بررسی شاخص های فیزیولوژیک رشد در تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت زیادی بر خوردار است و ثبات آن تعیین کننده ماده خشک تولیدی و در نتیجه عملکرد دانه است. هدف از محاسبه اجزای رشد، تشریح چگونگی واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی و مدیریت عوامل زراعی است (*Sclaux et al.*, 2000). در طول دو دهه گذشته مدل‌های متعددی به منظور استفاده بهینه از منابع موجود در مقیاس‌های مختلف توسعه یافته است که برخی از اطلاعات مورد نیاز آنها از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهی استخراج شده است (Farhadi Bansouleh, 2009). هر چند هدف اولیه از ساخت مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی، آنالیز سیستم‌های تولیدی بوده است و پیش‌بینی عملکرد به عنوان هدف فرعی کاربرد مدل‌ها بیان شده است (نصیری محلاتی، ۲۰۱۱)، با این حال به نظر می‌رسد پیش‌بینی عملکرد به وسیله مدل‌ها، بیش از آنالیز سیستم‌های تولیدی مورد ارزیابی قرار گرفته است. تا کنون مدلCERES-Rice در تحقیقات پیش‌بینی عملکرد بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است. سلیگمن و همکاران (۱۹۸۳) پیش‌بینی‌های قابل قبولی را برای برنج با استفاده از مدل CERES-Rice در محیط‌های مختلف ارائه کردند.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی مدل CERES-Rice بر برنج (رقم هاشمی) تحت چهار سطوح مختلف کود نیتروژن، آزمایش مزرعه ای در سال زراعی ۱۳۹۲ در موسسه تحقیقاتی برنج کشور (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی) اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. در این آزمایش رقم هاشمی در چهار سطوح مختلف کود نیتروژن به میزان (N_1=0, N_2=30, N_3=60, N_4=90 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) مورد آزمایش قرار گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۴ متر، فاصله ردیف ها از هم ۱۵ سانتی متر و فاصله بوته ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. بین کرت ها ۱/۵ متر فاصله به جهت عدم اختلاط مقادیر کود نیتروژن در نظر گرفته شد. بین تکرار ها نیز ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت غرقاب و میزان کود فسفر و پتاس قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک به زمین داده شد و با خاک کاملا مخلوط شد. کود نیتروژن بر اساس تیمار های آزمایش در دو زمان که به میزان ۱/۲ در زمان کاشت و ۱/۲ دیگر قبل از گلدهی به زمین داده شد. جهت اجرای مدل CERES-Rice داده های اندازه

گیری شده ، که همان داده های مشاهده شده در مزرعه است را وارد مدل کرده و نرم افزار با استفاده از اطلاعات ورودی شبیه سازی را انجام می دهد که در نهایت با مقایسه داده های مشاهده شده و شبیه سازی شده می توان توانایی مدل را در شبیه سازی مورد بررسی قرار داد.

از میان سیستم‌های پیشرفته، می‌توان به سیستم نرم افزاری DSSAT اشاره کرد که به طور گسترده‌ای در جهان پذیرفته شده و دارای مدل‌های کاربردی مختلف می‌باشد (Shrinkant & Jones, 2002).

نتایج و بحث

شبیه سازی شاخص سطح برگ

یکی از شاخص‌های مهم رشد که از آن به عنوان معیار اندازه-گیری سیستم فتوسنتزی استفاده می کنند، شاخص سطح برگ است. مقایسه شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در برنج در شرایط سطوح مختلف کود نیتروژن نشان از توانائی بالای مدل در شبیه‌سازی شاخص سطح برگ در منطقه رشت دارد. با بررسی ضریب تبیین (R^2) حاصل از آنالیز رگرسیون خطی توابع بین مقادیر شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در برنج، ضریب تبیین در محدوده ۰/۷۶-۰/۶۸ است که نشان از مناسب بودن مدل در شبیه‌سازی شاخص سطح برگ در سطوح کود نیتروژن دارد. روند تغییرات شبیه‌سازی شده شاخص سطح برگ در شرایط سطوح کود نیتروژن در برنج توسط مدل CERES-Rice در منطقه رشت با توجه به جدول۲ و دامنه تغییرات ضریب d در برنج که در محدوده بین ۰/۹۰- ۰/۸۴ است نشان دهنده آن است که مدل در پیش‌بینی روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط سطوح کود نیتروژن موفق بوده است (شکل۱). نتایج مشابهی در آزمایشات دیگر محققین در مورد توانایی این مدل در شبیه سازی داده های گیاهی برنج دیده می‌شود (Ommani *Bannayan et al*., 2005 ; and Chizari, 2008).

جدول ۱- تغییرات شاخص سطح برگ (*kg/ha*)

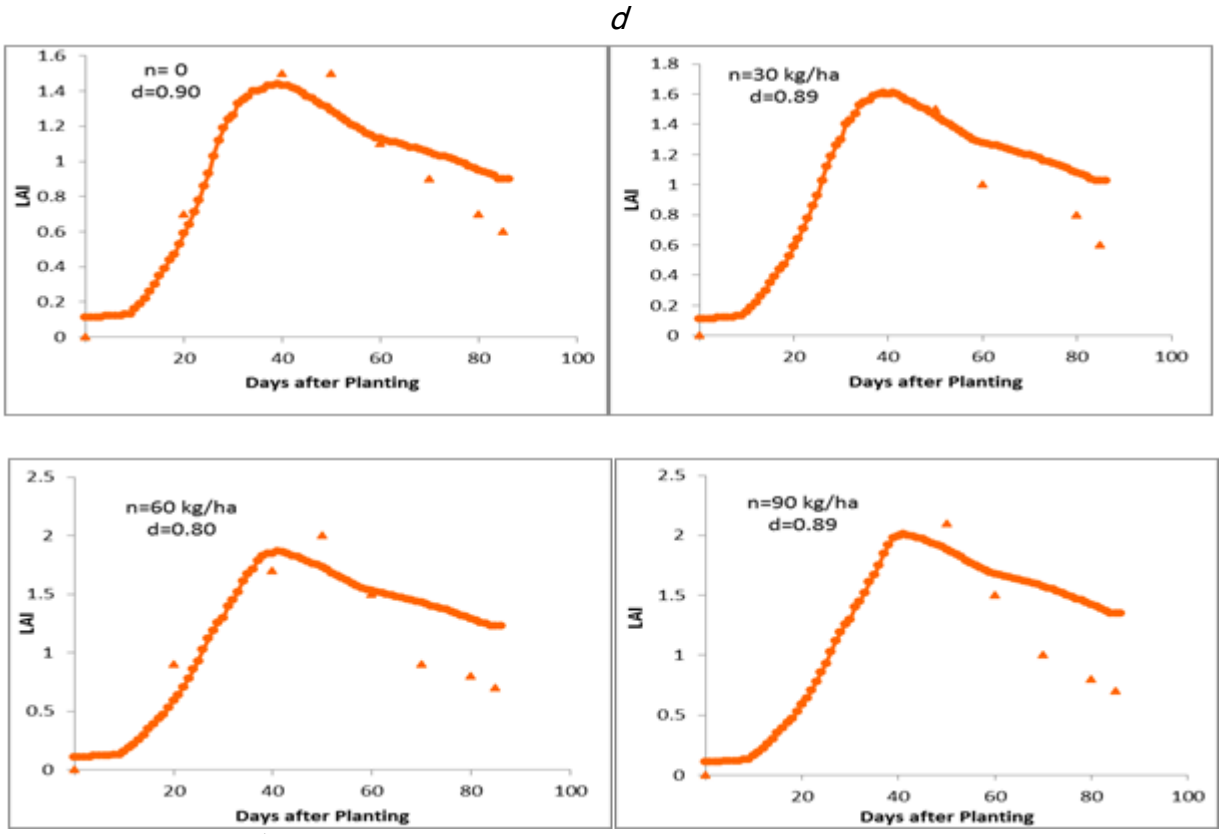
Table1.Leaf area index variation

سطوح کود نیتروژن	D	R^2	RMSE
شاهد	0.903	0.76	0.184
30 کیلوگرم	0.890	0.78	0.221
60 کیلو گرم	0.800	0.49	0.377
90 کیلو گرم	0.840	0.68	0.416

d= شاخص توافق ویلموت و R^2= ضریب تبیین است.RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا

با توجه به جدول شماره ۲ نتایج حاصل از شبیه‌سازی شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود نیتروژن از مرحله گلدهی تا رسیدگی را نشان می‌دهد که مجذور میانگین مربعات خطای شاخص سطح برگ در شرایط کود نیتروژن ۹۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۴۱۶) و در شرایط نرمال (۰/۱۸۴) کمتر از ۱۰٪ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده به ترتیب درشرایط کود نیتروژن ۹۰ کیلوگرم در هکتار (۱/۲۴) و شرایط نرمال (۱) است و نشان می‌دهد که شاخص سطح برگ

با دقت قابل قبولی شبیه‌سازی شده است. ضریب تبیین بالا در هر دو شرایط نیز موید این مسئله است.



شکل ۱- مقادیر اندازه گیری شده و شبیه‌سازی شده سطوح مختلف نیتروژن بر شاخص سطح برگ

Fig1. Measured and simulated value level of nitrogen on LAI

همان طور که ملاحظه می‌شود مدل در شبیه‌سازی شاخص سطح برگ در شرایط سطوح مختلف کود نیتروژن از مرحله گلدهی به بعد موفق‌تر بوده است.

شبیه سازی وزن خشک برگ *(kg/ha)*

وزن خشک برگ اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در شرایط سطوح مختلف کود نیتروژن نشان از توانائی بالای مدل در شبیه‌سازی این صفت در شرایط منطقه رشت دارد (شکل۲). با بررسی ضریب تبیین (R^2) حاصل از آنالیز توابع رگرسیون خطی بین مقادیر وزن خشک برگ اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده، ضریب تبیین در محدوده ۰/۹۸-۰/۸۷ است که نشان از مناسب بودن مدل در شبیه‌سازی این صفت در سطوح مختلف کود نیتروژن دارد. روند تغییرات شبیه‌سازی شده ماده خشک برگ در شرایط سطوح کود نیتروژن توسط مدل CERES-Rice در منطقه رشت (جدول ۲) با دامنه تغییرات ضریب d برای سطوح مختلف کود نیتروژن در محدوده ۰/۹۷- ۰/۹۱، نشان دهنده آن است که مدل در پیش‌بینی روند تغییرات ماده خشک برگ در سطوح کود نیتروژن موفق بوده است (شکل۲).

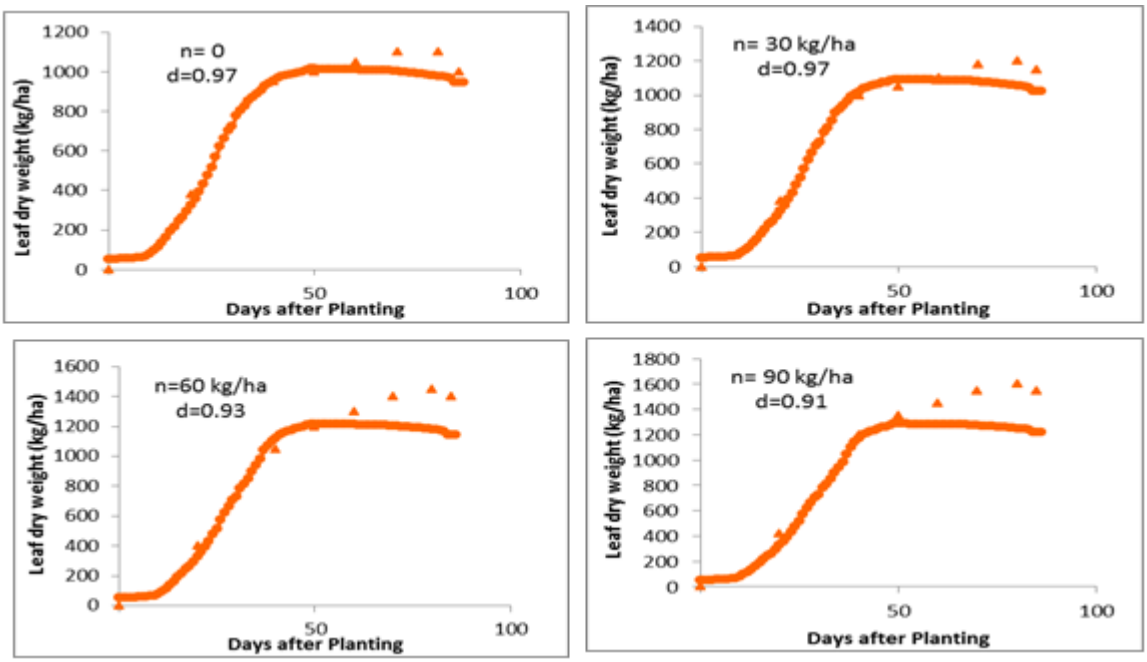
جدول ۲- تغییرات ماده خشک برگ(*kg/ha*)

Table2. Leaf dry weight variation

سطوح کود نیتروژن	d	R^2	RMSE
شاهد	0.97	0.96	67.576
30 کیلوگرم	0.97	0.93	86.902
60 کیلو گرم	0.93	0.87	166.735
90 کیلو گرم	0.91	0.98	223.635

d= شاخص توافق ویلموت و R^2= ضریب تبیین است. RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا

همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است وزن خشک برگ شبیه‌سازی شده در مراحل اول در سطح بالاتری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده قرار دارد که می‌تواند به علت حضور علف‌های‌هرز در مزرعه و رقابت گیاه با آن‌ها باشد که سبب شده در مراحل اولیه، ماده خشک برگ نسبت به مقادیر شبیه‌سازی شده پایین‌تر باشد ولی پس از کنترل علف‌های‌هرز مقادیر اندازه‌گیری شده به شبیه‌سازی شده نزدیک‌تر شد. به طور کلی شبیه‌سازی ماده خشک برگ در شرایط سطوح مختلف کود نیتروژن (۰) به‌خوبی پیش‌بینی شده است.



شکل ۲- مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده وزن خشک برگ در سطوح مختلف کود نیتروژن

Fig2. Measured and simulated value level of nitrogen on leaf dry weight

شبیه سازی عملکرد دانه

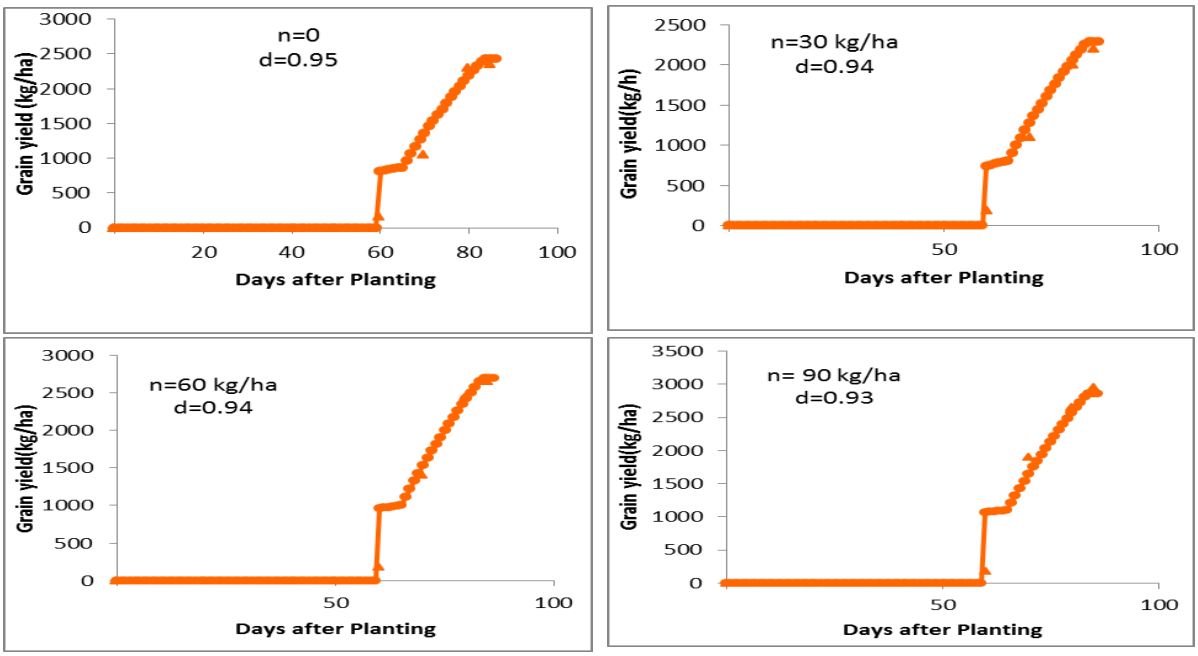
با توجه به جدول شماره ۳ نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد در سطوح مختلف کود نیتروژن از مرحله گلدهی تا رسیدگی را نشان می‌دهد که مجذور میانگین مربعات خطای عملکرد در شرایط مصرف کود نیتروژن ۹۰ کیلوگرم در هکتار به مقدار ۴۶۲/۳۹۹ و در شرایط نرمال به مقدار ۲۹۴/۰۱۳ کمتر از ۱۰٪ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده به ترتیب در شرایط مصرف کود نیتروژن ۹۰ کیلوگرم در هکتار (۱۹۲۱) و شرایط نرمال (۱۳۷۲) است و نشان می‌دهد که عملکرد با دقت قابل قبولی شبیه‌سازی شده است. ضریب تبیین بالا در هر دو شرایط نیز موید این مسئله است. عملکرد دانه اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده سطوح مختلف کود نیتروژن نشان از توانائی بالای مدل در شبیه سازی عملکرد در این شرایط در منطقه رشت دارد (شکل۳). با بررسی ضریب تبیین (R^2) حاصل از آنالیز توابع رگرسیون خطی بین مقادیر عملکرد دانه اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده، در محدوده ۰/۹۸-۰/۹۱ نشان از مناسب بودن مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه در شرایط سطوح مختلف کود نیتروژن دارد. روند تغییرات شبیه‌سازی شده عملکرد دانه در شرایط سطوح مختلف کود نیتروژن توسط مدل CERES-Rice در منطقه رشت (جدول ۳) و دامنه تغییرات ضریب d در سطوح مختلف کود نیتروژن با محدوده ۰/۹۵- ۰/۹۳، نشان دهنده آن است که مدل در پیش‌بینی روند تغییرات عملکرد دانه در شرایط سطوح مختلف کود نیتروژن موفق بوده است (شکل۳).

جدول ۳- تغییرات عملکرد دانه برنج (*kg/ha*)

Table3. Rice seed yield variation

RMSE	R^2	D	سطوح کود نیتروژن
294.013	0.98	0.95	شاهد
365.46	0.98	0.94	30 کیلوگرم
396.147	0.97	0.94	60 کیلو گرم
462.399	0.91	0.93	90 کیلو گرم

d= شاخص توافق ویلموت و R^2= ضریب تبیین است. RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا



شکل ۳- مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده عملکرد دانه

Fig3. Measured and simulated value level of nitrogen on seed yield

معمولاً مقادیر شبیه‌سازی شده عملکرد توسط مدل بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده است که علت آن می‌تواند به واسطه این باشد که مدل شرایط ایده‌آل را بدون در نظر گرفتن عوامل نامساعد محیطی یا سوء مدیریت در نظر می‌گیرد. در این تحقیق به دلیل مناسب نبودن برخی عوامل محیطی و خسارات حاصل از آن و بخشی احتمالاً به علت تلفات عملکرد دانه به واسطه ریزش در زمان برداشت و با مدیریت هایی که حین اجرا اتفاق افتاده و ثبت شده است، عملکرد دانه شبیه‌سازی بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد شده است. مدل‌ها، چگونگی روند تغییرات وضعیت موجود در سیستم به عنوان مثال وزن خشک برگ و عمکرد دانه (با تلفیق مدل‌های مختلف) را شبیه سازی می‌کنند (Penning de Vries *et al*., 1989)

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته در مدیریت مقادیر مختلف کود نیتروژن در شالیزار برنج، مدل CERES-Rice برای شبیه‌سازی فرایندهای رشد و نمو گیاه می‌تواند با اطمینان زیادی برای برنامه ریزی‌های مدیریتی سیستم های تولیدی ارقام بومی و اصلاحی برنج در شالیزارهای استان گیلان مورد استفاده قرار گیرد.

بهترین نتایج ارزیابی مدل برای صفات اشاره در آزمایش با پارامترهای آماری اضافه شود.

ما در صورت کالیبره کردن مدل و تعیین اعتبار مدل می توانیم در مصرف بهینه نیتروژن برای شالیزار ها بر اساس عملکرد دانه قابل پیش بینی مدیریت نماییم. همچنین در صورت تغییرات آب و هوایی و عوامل اقلیمی از مدل می توان در پیش بینی های عملکرد در آینده استفاده نمود و مانع ایجاد مشکلات در زمینه تولید اقتصادی این محصول استراتژی مهم گردید.

References **منابع**

Bannayan, M., Kobayashib, K., Kimc, H., Liefferingd, M., Okadae, M. and Miuraf, M, 2005. Modeling the interactive effects of atmospheric CO_2 and N on rice growth and yield, Field Crops Research **93**, **237-251**.

De Sclaux, D., Huynh. T.T., and Roumet, P. 2000. Identification of soybean plant characterictcsthat indicate the timing of drought stree, Crop Sci. **40**: **716-722**, **2000**.

Farhadi Bansouleh, B, 2009. Development of a spatial planning support system for agricultural policy formulation related to land and water resources in Borkhar & Meymeh district, Iran. Ph.D. Thesis, ITC/Wageningen University, Enschede/Wageningen. The Netherlands, 267 pp.

Nassiri Mahallati, M. ۲۰۱۱. Modelling Potential Crop Growth Processes JDM.

Ommani, A. R. and Chizari, M. 2008. Information Dissemination System (IDS) Based E-Learning in .15 Agricultural of Iran (Perception of Iranian Extension Agents). International Journal of Human and Social.

Penning De Vries, F. W. T, DM, Jansen. H. F. M, Ten Berge., A, Bakema, 1989. Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. Simulation Monographs. Wageningen (Netherlands): Pudoc. 271p.Press, 280p. (Translated In Persian)

Shrinkant, s. j. w, jones. 2002. Adaptation and evaluation of cropgro soybean model to predict regional yield and production. Agriculture, ecosystems and environment **93**: **73-85**.

Seligman, N.G., R. S, Loomis, R. S, Burke and A, Abshahi. 1983. Nitrogen nurition and phonological development in field grown wheat. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 101: 691-697.

Simulation of growth and development process of rice cultivars under nitrogen management with CERES-Rice model

Mahbobeh Kiyani[1], Mohammad Nabi Ilkaee[1], Fayaz Aghayari[1]

Abstract

Most climate change studies benefit from crop models. Crop simulation models could provide an alternative, less time-consuming and inexpensive means of determining the optimum crop N requirements under management nitrogen conditions. The model CERES-Rice, which simulates the growth and development of rice under conditions of potential production and water and nitrogen limitations. In order to evaluate model CERES-Rice, in the form of software DSSAT on yield and yield components of rice (Hashemi cultivar) in four different levels of nitrogen fertilizer (N_1 = 0, N_2 = 30, N_3 = 60, N_4 = 90 kg N ha net) in Rasht region in the 1392 crop year field experiment in a randomized complete block design with four replications in rice research Institute was conducted. Results indicated that, Researchers can use CERES-Rice 2000 to simulation Harvest Index, Leaf dry weight and Grian yield of rice cultivars under the management nitrogen fertilizer conditions and investigate optimum nitrogen fertilizer.

Key words: Climate, CERES-Rice Model, Simulation, Yield, cultivar, Nitrogen.

[1] Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Alborz, Iran