نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۷۶۹-۷۵۷

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 757-769

ارزیابی مدل رشد گیاهی برنج ORYZA2000 در شرایط محدودیت آبیاری و کود نیتروژن (واسنجی و اعتباریابی)

ابراهیم امیری[۱*]- مجتبی رضایی[۲]- محمد بنایان اول[۳]

تاریخ دریافت:۸۸/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش:۹۰/۳/۲۴

چکیده

به منظور ارزیابی مدل ORYZA2000 در ایران، آزمایشی بصورت کرت های خرد شده برپایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار بر روی رقم هاشمی طی سال های زراعی ۱۳۸۴، ۱۳۸۵و ۱۳۸۶در موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت انجام گردید. مدیریت آبیاری به عنوان فاکتور اصلی و مدیریت کود نیتروژن به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. ارزیابی مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده شاخص سطح برگ، ماده خشک برگ، ساقه، خوشه و ماده خشک کل و مقدار نیتروژن درگیاه، با استفاده از پارامترهای ضریب تبیین، آزمون t و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ($RMSE_n$)، انجام گرفت. نتایج نشان داد مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده بین ۵۱-۵ درصد، شبیه‌سازی مقادیر ماده خشک و نیتروژن جذب شده در شرایط آبیاری و کود نیتروژن متغیر می‌باشد. عملکرد با ریشه میانگین مربعات خطای ۴۶۴-۱۵۵ کیلوگرم در هکتار و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ۱۱-۳ درصد شبیه‌سازی شد. مدل مقدار شاخص سطح برگ در مقادیر پایین کود نیتروژن را بیشتر از مقدار اندازه‌گیری، شبیه سازی کرد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که می توان از مدل ORYZA2000 برای پشتیبانی نتایج آزمایشهای تحت شرایط محدودیت آبیاری و نیتروژن استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، مدل، ارزیابی، نیتروژن، آبیاری

مقدمه

در سال ۱۹۸۳ موسسه بین المللی تحقیقات برنج، مدل RICEMOD را برای شبیه‌سازی عملکرد برنج در شرایط مطلوب معرفی نمود (۱۲)، که به علت دیدگاههای فیزیکی و فیزیولوژیکی نسبتا ساده مدل، توجه چندانی را به خود جلب نکرد. هوری (۹) نیز مدل ساده تری را با عنوان SIMRIW، که جهت پیش بینی میزان عملکرد در شرایط مطلوب در ژاپن بکاربرده شد، ارائه کرد. در اواسط دهه ۹۰ مرکز تحقیقاتی دانشگاه واگنینگن و موسسه بین المللی تحقیقات برنج، مجموعه مدل ORYZA را به منظور شبیه‌سازی رشد برنج در زمین های پست استوایی معرفی کردند. اولین مدل از این مجموعه، مدل ORYZA1 مربوط به تولید در شرایط پتانسیل (۱۱)، دومین، مدل ORYZA-N برای رشد در شرایط محدودیت نیتروژن (۷) و سپس، مدل ORYZA-W برای تولید در شرایط کمبود آب معرفی شدند (۱۷)، آخرین مدل از این مجموعه، مدل ORYZA2000 می‌باشد (۵).

مدل ORYZA2000، رشد و نمو گیاه برنج را در شرایط مطلوب، محدودیت آبی و محدودیت نیتروژن، شبیه‌سازی می کند، در تمامی این شرایط، فرض بر آن است که گیاه در برابر بیماری ها و علف های هرز محافظت شده و هیچ کاهش عملکردی از این عوامل در نظر گرفته نمی شود (۵). جهت شبیه‌سازی کلیه شرایط تولید، چندین زیر مدل با هم در یک مدل جمع شده اند، که جهت برقراری ارتباط آسان بین زیر مدل ها، کلیه آنها در محیط شبیه‌سازی شده فرترن(FSE) برنامه ریزی شده اند (۱۵). این مدل به منظور شبیه‌سازی تولید ماده خشک گیاهی و میزان رشد فیزیولوژیک از یک طرح محاسبه روزانه استفاده می کند، با گذشت زمان و تکمیل این روند تولید ماده خشک در طی فصل شبیه‌سازی می شود. در مدل دوره زندگی برنج بر اساس زمان-گرما به چهار مرحله فنولوژیکی تقسیم می شود: ۱- دوره رشد

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: eamiri57@yahoo.com
۲- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت)
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

Archive of SID
www.SID.ir

رویشی پایه، ۲- دوره رشد حساس به نور، ۳- دوره تشکیل پانیکول، ۴- دوره پرشدن دانه.

در مراحل اولیه رشد، برگ ها روی یکدیگر سایه نمی اندازند و رشد سطح برگ توسط مقدار جذب نور محدود نمی شود. در این مرحله رشد سطح برگ، به صورت نمایی توسعه می یابد (معادله ۱). وقتی شاخص سطح برگ بزرگتر از ۱ متر مربع سطح برگ در هر متر مربع سطح زمین شود، رشد سطح برگ توسط مقدار کربوهیدرات های موجود برای رشد برگ محدود می شود، در این حالت رشد سطح برگ بصورت خطی می شود، افزایش سطح برگ بر اساس افزایش وزن برگ محاسبه می شود که تابعی از مرحله رشد گیاه است (معادله ۲). تبدیل روند رشد از حالت نمایی به خطی با استفاده از مقادیر اندازه-گیری شده میزان رشد سطح برگ امکان پذیر است (۵ و ۱۳).

$$LAI_t = LAI_0 \times \exp(R_l \times ts) \quad 0<LAI\leq 1 \qquad (1)$$

$$LAI_t = SLA \times W_{lvg} \quad LAI > 1 \qquad (2)$$

در این معادلات، LAI_t: شاخص سطح برگ در زمان-گرمای t، LAI_0: شاخص سطح برگ در زمان-گرمای صفر، R_l : میزان رشد نسبی سطح برگ $(°Cd)^{-1}$، W_{lvg}: وزن برگ سبز $(Kgha^{-1})$ و SLA: سطح ویژه برگ (ha leaf kg^{-1} leaf). کروپف و همکاران میزان رشد نسبی سطح برگ را در محدوده ۰/۰۰۸- ۰/۰۰۵ $(°Cd)^{-1}$ گزارش کرد (۱۱).

گیاه برنج تحت تاثیر خشکی واکنش‌هایی شامل: لوله شدن برگ، عقیم شدن گل، کاهش توسعه برگ، تغییر اختصاص ماده خشک، افزایش عمق ریشه‌دهی، تأخیر توسعه دوره رشد رویشی، افزایش پیری برگ و کاهش میزان فتوسنتز، نشان می دهد. مدل اثرات تنش خشکی را با توجه به میزان مکش آب در خاک، بر رشد گیاه محاسبه می کند (۱۶ و ۱۷).

در این مدل میزان نیاز روزانه نیتروژن بر اساس میزان رشد و مقدار نیتروژن اندامهای گیاهی محاسبه می شود، تمام نیتروژن اختصاص یافته به خوشه از طریق انتقال از برگها، ساقه ها وریشه ها به خوشه تامین می شود. انتقال زمانی شروع می شود که خوشه شکل می گیرد. در این مدل، تمامی نیتروژن خاک اطراف ناحیه ریشه برای گیاه قابل دسترس در نظر گرفته شده است. جهت محاسبه حداکثر جذب نیتروژن، مقدار کود نیتروژن در مقدار بازیافت نیتروژن ضرب می‌شود، مقدار بازیافت نیتروژن در زمان انتقال نشا ۰/۳۵ و از زمان ظهور خوشه تا انتهای دوره رشد ۰/۷۵ می‌باشد. مقدار نیتروژن برگ بر رشد سطحی برگها در طی مرحله رشد نمایی تاثیر می‌گذارد (۷).

محققان مختلفی از مدل ORYZA2000 برای شبیه سازی عملکرد دانه، مقدار ماده خشک و نیتروژن اندامهای مختلف و شاخص سطح برگ برنج در مدیریت‌های مختلف نظیر آبیاری، کود نیتروژن و واریته استفاده نموده اند، آرورا (۲)، امیری (۱) و بلدر و همکاران (۳) مدل را در شرایط مدیریت آبیاری غرقاب و متناوب مورد ارزیابی قرار دادند. بولینگ و همکاران (۴) توانست مدل ORYZA2000 را برای برنج نشایی و کشت مستقیم واسنجی کند، نتایج تحقیق نشان داد که ضریب تبیین (R^2) عملکرد دانه و ماده خشک کل به ترتیب ۹۵ /۰ و ۰/۸۹ محاسبه شد. بومن و فان لار (۶) مدل را برای شرایط کمبود نیتروژن در موسسه بین المللی تحقیقات برنج مورد ارزیابی قرار دادند. جینگ و همکاران (۱۰)، از این مدل به منظور شبیه سازی مقدار ماده خشک و نیتروژن در اندام‌های مختلف و عملکرد دانه در شرایط مدیریت کود نیتروژن استفاده کرد. فنگ و همکاران (۸) و ژیو و همکاران (۱۸) مدل را برای شرایط متقابل مدیریت کود نیتروژن و آبیاری مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که مقدار عملکرد دانه شبیه سازی شده در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی داری با مقدار اندازه‌گیری شده ندارد.

هدف از این پژوهش ارزیابی مدل ORYZA2000 می‌باشد که شامل واسنجی و اعتباریابی مدل برای شبیه‌سازی ماده خشک، مقدار نیتروژن در اندام‌های برنج، شاخص سطح برگ و عملکرد برنج در مدیریت‌های آبیاری و کود نیتروژن می‌باشد.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی مدل ORYZA2000 آزمایشی در قالب کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار، طی سال های زراعی ۱۳۸۴، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزارع تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت در کرتهایی به ابعاد ۵×۳ مترمربع بر روی رقم بومی هاشمی انجام گردید. در این آزمایش، مدیریت آبیاری در ۳ سطح به عنوان عامل اصلی شامل: I۱ : آبیاری غرقاب دائم، I۲ : آبیاری با تناوب ۵ روز و I۳ : آبیاری با تناوب ۸ روز و مقادیر مختلف نیتروژن (از منبع اوره) به عنوان عامل فرعی در۴ سطح شامل:N۱: شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن)، N۲ : ۴۵ کیلوگرم در هکتار در یک نوبت (پایه)، N۳: ۶۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (۳۰ کیلو گرم پایه و ۳۰ کیلوگرم حداکثر پنجه زنی) وN۴: ۷۵ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت مساوی (۳۷/۵ کیلو گرم پایه و ۳۷/۵ کیلوگرم حداکثر پنجه زنی) در نظر گرفته شدند. نشا کاری در سالهای ۱۳۸۴، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ به ترتیب در تاریخ های ۳۱ اردیبهشت، ۴ و ۵ خرداد انجام گردید در تمامی سالها مورد تحقیق فواصل نشا کاری ۲۰×۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد بطوری که تعداد ۲۵ کپه در هر متر مربع زمین نشا شد. پارامترهای هواشناسی منطقه مورد مطالعه در ۶ ماهه اول سالهای مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. کلیه عملیات زراعی طبق عرف منطقه انجام و یادداشت برداری های مورد نیاز نظیر تاریخ بذرپاشی در خزانه، نشاکاری، گلدهی و برداشت طبق استانداردهای زراعی برای سه سال متمادی انجام گرفت. مقدار آب اختصاص داده شده به هرکرت با استفاده از سیستم لوله کشی مجهز به شیر فلکه های کنترل تامین و توسط کنتور اندازه گیری شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مجموع بارندگی و ساعت آفتابی ماهانه و متوسط بیشینه و کمینه ماهانه درجه حرارت و رطوبت نسبی سالهای ۸۶-۱۳۸۴

سال	ماه	درجه حرارت(°C)		رطوبت نسبی(%)		ساعات آفتابی	بارندگی
		کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	(hr)	(mm)
	فروردین	۷	۱۸	۵۷	۹۸	۱۵۲	۹۷
	اردیبهشت	۱۴	۲۲	۶۴	۹۸	۱۴۱	۵۳
۱۳۸۴	خرداد	۱۸	۲۷	۶۴	۹۸	۲۳۴	۵۴
	تیر	۲۰	۲۹	۵۹	۹۸	۱۹۸	۲۹
	مرداد	۲۱	۳۳	۵۱	۹۷	۲۵۵	۴۲
	شهریور	۱۹	۲۷	۶۴	۹۷	۱۱۶	۱۱۸
	فروردین	۱۰	۱۹	۶۷	۱۰۰	۱۳۸	۶۲
	اردیبهشت	۱۴	۲۰	۷۴	۹۸	۵۶	۹۰
۱۳۸۵	خرداد	۱۸	۳۰	۵۲	۹۷	۲۶۵	۱۳
	تیر	۲۰	۳۰	۵۴	۹۶	۲۳۱	۷۴
	مرداد	۲۰	۳۳	۵۰	۹۶	۲۷۹	۲۵
	شهریور	۲۰	۳۰	۵۹	۹۸	۱۷۸	۲۲۳
	فروردین	۸	۱۵	۷۱	۹۹	۷۴	۱۸۴
	اردیبهشت	۱۲	۲۱	۶۴	۹۹	۱۶۳	۵۴
۱۳۸۶	خرداد	۱۹	۳۰	۵۴	۹۷	۲۴۶	۲
	تیر	۲۰	۲۸	۶۲	۹۶	۱۶۷	۱۰۰
	مرداد	۲۲	۳۲	۵۷	۹۷	۲۱۹	۵۶
	شهریور	۲۰	۳۰	۵۷	۹۸	۱۹۶	۴۹

برای اندازه‌گیری مقدار ماده خشک در اجزای مختلف برنج در طول فصل زراعی ۱۳۸۶ تعداد ۵ نوبت نمونه برداری انجام شد و در هر نوبت نمونه برداری، تعداد ۱۲-۸ کپه از هر مدیریت برداشت گردید، ابتدا مقدار سطح برگ سبز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل L13100 ساخت شرکت Li-Cor آمریکا اندازه-گیری گردید، سپس اجزای مختلف گیاه در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شدند. پس از توزین نمونه ها، مقدار ماده خشک اجزای مختلف برنج ثبت گردید. مقدار نیتروژن اندام‌های مختلف گیاه با استفاده از دستگاه کجلدال مدل 1030 ساخت شرکت Tecator سوئد اندازه‌گیری شد. در طی سالهای ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ مقدار ماده خشک کل در زمان برداشت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه ۵ متر مربع از هر کرت پس از حذف حاشیه، درو شده و مقدار آن بر اساس رطوبت ۱۴ درصد ثبت شد.

به منظور ارزیابی مدل از ترکیب روشهای گرافیکی (نمایشی) و آماری استفاده گردید، به صورت گرافیکی مقایسه مقدار شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده شاخص سطح برگ، ماده خشک، مقدار نیتروژن اندام‌های گیاهی و عملکرد دانه برای مدیریت آبیاری و کود نیتروژن با تعیین ضریب تبیین (R^2) انجام گردید، جهت ارزیابی آماری نتایج شبیه‌سازی مدل از آزمون t (P(t)) و پارامترهای آماری زیر استفاده شد (۶):

$$RMSE = (\sum_{I=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / n)^{0.5} \quad (۳)$$

$$RMSE\ Normalised = 100(\sum_{I=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / n)^{0.5} / \overline{O} \quad (۴)$$

که در این روابط: p_i = مقدار شبیه‌سازی شده مدل، O_i = مقدار اندازه-گیری شده واقعی، n = تعداد اندازه‌گیری واقعی، $\overline{O}$ = میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، RMSE[1]: ریشه میانگین مربعات خطا، $RMSE_n$[2]: ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده، می‌باشد. مقدار ریشه میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده در حالت مطلوب یا حالتی که مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه-گیری شده مساوی باشد، برابر با صفر می‌باشد. چنانچه مقدار نتیجه آزمون t بیشتر از ۰/۰۵ باشد، بدان مفهوم است که مقادیر شبیه‌سازی پارامتر در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری با مقدار اندازه‌گیری شده ندارد.

اکثر خصوصیات گیاهی برای ارقام برنج شبیه به یکدیگر بوده و می‌توان از آنها برای کلیه واریته‌ها استفاده نمود، برخی پارامترها به

1- Root Mean Square Error
2- Root Mean Square Error-Normalised

Archive of SID

www.SID.ir

صورتی خاص، برای واریته و محیط تحت بررسی، واسنجی می شود، که عبارتند از: سرعت نمو مراحل فنولوژیکی، ضرایب توزیع ماده خشک، سرعت رشد نسبی سطح برگ، سطح ویژه برگ، سرعت مرگ برگ و کسر ذخیره ساقه. در شرایط مدیریت آبیاری، پارامترهای هیدورلیکی معادله ون گنوختن لایه های خاک مورد نیاز است، که با کمک مدل RETC (پارامترهای α، n وλ) (۱۴) و اندازه‌گیری واقعی (رطوبت در نقاط اشباع (θ_{SAT})، ظرفیت مزرعه ای (θ_{FC})، نقطه پژمردگی دایم (θ_{PWP})، هدایت هیدرولیکی اشباع (K_{SAT}) و مقدار نشت و نفوذ عمقی) محاسبه می شوند (۱). در شرایط مدیریت کود نیتروژن، مقدار نیتروژن موجود در خاک مورد نیاز مدل می‌باشد که با تقسیم مقدار نیتروژن جذب شده در تیمار شاهد به طول دوره رویش محاسبه می شود (۶). به منظور واسنجی پارامترهای گیاهی مدل، از داده های اندازه‌گیری شده مدیریت آبیاری (غرقاب و تناوب ۵ روز) و کود نیتروژن (صفر، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در سال ۱۳۸۶ استفاده گردید. به منظور اعتبارسنجی مدل، داده های اندازه-گیری شده در سال ۱۳۸۶ که مدیریت آبیاری با تناوب ۸ روز و مدیریت کود نیتروژن (مقادیر صفر، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، می‌باشد، استفاده گردید، همچنین داده های انتهای فصل زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ که شامل ماده خشک کل و عملکرد می‌باشد نیز برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد.

داده ها و اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل:

الف) داده‌های هواشناسی: داده‌های روزانه مربوط به حداقل و حداکثر دما، مقدار بارندگی، ساعت آفتابی، رطوبت نسبی (جدول ۱).

ب) اطلاعات خاکشناسی: تعداد و عمق لایه‌های خاک، ظرفیت مزرعه ای، نقطه پژمردگی، عمق توسعه ریشه، هدایت هیدرولیکی اشباع (جدول ۲).

ج) اطلاعات مدیریتی: مقدار آبیاری و تاریخ آبیاری، مقدار مصرف کود نیتروژن، تاریخ مصرف، تاریخ خزانه گیری و نشا، تعداد نشا در هر کپه، تعداد کپه در هر متر مربع.

نتایج و بحث

واسنجی مدل ORYZA2000

در جدول ۲ پارامترهای فیزیکی و هیدورلیکی لایه‌های مختلف خاک ارائه شده است، همانطور در این جدول مشاهده می شود، لایه سوم (۳۰-۲۰ سانتی متر) هدایت هیدورلیکی بسیار کمی نسبت به لایه های دیگر خاک دارد، این لایه سخت، کفه شخم می‌باشد که تعیین کننده عمق گلخرابی بوده و تاثیر بسزایی در جلوگیری از نفوذ عمقی آب دارد، مقدار نفوذ عمقی ۱/۸ میلی متردر روز اندازه‌گیری شد، بلدر و همکاران (۳) مقدار نشت و نفوذ عمقی در شالیزار را در محدوده ۱۵/۱-۱/۶ میلی متردر روز اعلام کردند. با توجه به مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده در تیمار کودی شاهد در مدیریت آبیاری غرقاب، مقدار نیتروژن موجود در خاک ۰/۹ کیلوگرم در هکتار در روز محاسبه گردید، بومن و فان لار (۶) مقدار نیتروژن خاک در فیلیپین را ۰/۸ کیلوگرم در هکتار در روز بدست آورند.

خطای استاندارد و ضریب تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در طول سه سال آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است. ارزیابی نتایج شبیه‌سازی مدل، در شرایط واسنجی در جدول ۴ خلاصه شده است، مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده و ضریب تبیین ماده خشک برگ، ساقه، خوشه و ماده خشک کل در شرایط واسنجی مدل نشان از شبیه‌سازی مطلوب این پارامترها در طول فصل زراعی بوسیله مدل دارد. مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ماده خشک اندام های گیاهی در محدوده ۳۴-۱۸ درصد محاسبه شد. بومن و فان لار (۶) در تحقیقی مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ماده خشک برگ، ساقه، خوشه و کل در مقادیر کود نیتروژن، درشرایط واسنجی مدل را ۳۴، ۲۳، ۱۹ و ۱۳درصد محاسبه کردند، ژیو و همکاران (۱۸) در شرایط تاثیر متقابل مدیریت آبیاری و کود نیتروژن، درشرایط واسنجی مدل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ماده خشک برگ، ساقه، خوشه وکل را ۳۴، ۲۹، ۵۹ و۲۸ درصد بدست آورد. امیری (۱) درشرایط واسنجی مدل، در مدیریت‌های آبیاری، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ماده خشک برگ، ساقه، خوشه و کل را ۱۴، ۲۳، ۱۰ و ۱۴ درصد تخمین زد.

جدول ۲ - خصوصیات فیزیکی و پارامترهای ون گنوختن لایه های خاک مزرعه آزمایش

عمق (cm)	شن (٪)	لوم (٪)	رس (٪)	چگالی ظاهری (gcm^{-1})	θ_{PWP} (-)	θ_{FC} (-)	K_{SAT} (cm/day)	θ_{SAT} (-)	α (cm^{-1})	n	λ
۰-۱۰	۱۴	۳۹	۴۷	۱/۱	۰/۲۷	۰/۴	۵۷/۵۴	۰/۶۵	۰/۰۳	۱/۲۳	۰/۵
۱۰-۲۰	۱۷	۳۹	۴۴	۱/۲	۰/۳	۰/۴	۳۰/۸	۰/۶۲	۰/۰۳	۱/۲	۰/۵
۲۰-۳۰	۹	۴۴	۴۷	۱/۳۲	۰/۳	۰/۴۱	۰/۴	۰/۶۲	۰/۰۶	۲/۹۹	۰/۵
۳۰-۴۰	۱۱	۴۲	۴۷	۱/۳۱	۰/۳	۰/۴۲	۱۱/۴	۰/۶	۰/۲۳	۱/۱۷	۰/۵

Archive of SID

www.SID.ir

ریشه میانگین مربعات خطای شاخص سطح برگ ۰/۴۳ و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده شاخص سطح برگ ۳۸ درصد محاسبه گردید. جینگ و همکاران (۱۰)، ژیو و همکاران (۱۸)، امیری (۱) و بومن و فان لار (۶) درشرایط واسنجی مدل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده شاخص سطح برگ را به ترتیب ۲۸، ۳۷ ، ۲۷ و ۶۰ درصد بدست آوردند. مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده مقدار نیتروژن در برگ، ساقه، خوشه و کل اندام‌هوایی نیز نشان از دقت قابل قبول مدل در شبیه‌سازی این پارامترها می دهد. جینگ و همکاران (۱۰) درشرایط واسنجی مدل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده مقدارنیتروژن در برگ، خوشه و کل اندام هوایی را به ترتیب ۳۳، ۳۰ و ۲۸ درصد بدست آوردند. در شکل های ۱، ۲ و ۳ می توان تغییرات پارامترهای گیاهی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در طول دوره رویش سال ۱۳۸۶ را مشاهده نمود.

در شرایط واسنجی، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده عملکرد ۱۱ درصد بدست آمد، ژیو و همکاران (۱۸)، جینگ و همکاران (۱۰) و بومن و فان لار (۶)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده مقدار عملکرد را برای شرایط واسنجی ۱۲۴، ۱۱ و ۱۳ درصد بدست آوردند. با توجه به آزمون t مشخص گردید که مقادیر شبیه‌سازی کلیه پارامترهای گیاهی در شرایط مدیریت آبیاری و کود نیتروژن در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی داری با مقادیر اندازه‌گیری شده ندارد، نزدیک بودن مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده پارامترهای گیاهی به مقادیر خطای استاندارد و ضریب تغییرات پارامترهای گیاهی اندازه-گیری شده نشان از مناسب بودن مدل در شبیه‌سازی آنها دارد.

جدول ۳- خطای استاندارد (SE) و ضریب تغییرات (CV) پارامترهای اندازه‌گیری شده در طول سه سال آزمایش

پارامترگیاهی	تعداد اندازه گیری	S.E.	CV
ماده خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	۶۰	۲۱۵	۳۳
ماده خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	۶۰	۴۵۰	۲۲
ماده خشک خوشه (کیلوگرم در هکتار)	۲۴	۴۴۶	۱۵
ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	۸۴	۱۲۱۰	۲۱
شاخص سطح برگ (-)	۶۰	۰/۴۲	۳۷
نیتروژن برگ (کیلوگرم در هکتار)	۶۰	۷	۴۱
نیتروژن ساقه (کیلوگرم در هکتار)	۶۰	۶	۴۲
نیتروژن خوشه (کیلوگرم در هکتار)	۲۴	۳/۱	۷
نیتروژن کل (کیلوگرم در هکتار)	۶۰	۱۸	۳۶
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۳۶	۳۶۷	۸

جدول ٤ - ارزیابی نتایج شبیه‌سازی پارامترهای گیاهی مدل ORYZA2000 در شرایط واسنجی

پارامترگیاهی	تعداد اندازه گیری	X_{obs}(SD)	X_{sim}(SD)	R^2	α	β	P(t)	RMSE	$RMSE_n$(%)
ماده خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	۴۰	۷۵۸(۴۷۵)	۶۴۷(۴۰۵)	۰/۸۶	۱/۰۸	۷۹	۰/۳۲	۲۲۵	۳۴
ماده خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	۴۰	۲۳۰۷(۱۶۲۵)	۲۰۹۹(۱۵۹۳)	۰/۹۶	۱	۲۰۶	۰/۴۶	۳۸۰	۱۸
ماده خشک خوشه (کیلوگرم در هکتار)	۱۶	۲۸۲۹(۱۰۹۷)	۲۸۵۸(۱۵۹۴)	۰/۹۲	۰/۶۶	۹۳۴	۰/۴۹	۵۹۴	۲۰
ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	۴۰	۴۶۴۹(۳۵۳۸)	۴۰۷۰(۳۴۴۳)	۰/۹۶	۱/۰۱	۵۳۷	۰/۴۶	۸۶۵	۲۱
شاخص سطح برگ (-)	۴۰	۱/۳۱(۰/۹۱)	۱/۱۲(۰/۸۲)	۰/۸۱	۱/۰۱	۰/۱۸	۰/۴۹	۰/۴۳	۳۸
نیتروژن برگ (کیلوگرم در هکتار)	۴۰	۲۰(۱۲)	۱۷(۱۱)	۰/۸	۰/۹۵	۳/۳	۰/۴۵	۵/۹	۳۳
نیتروژن ساقه (کیلوگرم در هکتار)	۴۰	۱۷(۱۰)	۱۴(۹)	۰/۷۹	۰/۹۵	۳/۶	۰/۲۱	۵/۴	۳۶
نیتروژن خوشه (کیلوگرم در هکتار)	۱۶	۴۸(۱۸)	۴۹(۳۴)	۰/۷۹	۰/۴۶	۲۵	۰/۴۸	۱۴	۲۹
نیتروژن کل (کیلوگرم در هکتار)	۴۰	۵۹(۳۵)	۵۲(۳۵)	۰/۸۷	۰/۹۲	۱۱	۰/۳۶	۱۴	۲۸
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۸	۳۹۸۳(۵۴۰)	۴۰۴۵(۵۴۰)	۰/۶۷	۰/۵۳	۱۸۰۹	۰/۷۳	۴۶۴	۱۱

X_{obs}: میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، X_{sim}: میانگین مقادیر شبیه سازی شده و SD: انحراف از معیار، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا، $RMSE_n$: ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده

Archive of SID

www.SID.ir

اعتبارسنجی مدل ORYZA2000

ارزیابی نتایج شبیه‌سازی مدل، در شرایط اعتبارسنجی در جدول ۵ خلاصه شده است، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ماده خشک اندام های گیاهی در محدوده ۲۸-۵ درصد محاسبه گردید، همچنین ضریب تبیین ماده خشک اندام‌های گیاهی در محدوده ۰/۹۶-۰/۶۰ درصد محاسبه شد. مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده و ضریب تبیین ماده خشک برگ، ساقه، خوشه و ماده خشک کل در شرایط اعتبارسنجی مدل نشان از شبیه‌سازی مناسب این پارامترها در طول فصل زراعی دارد. بومن و فان لار (۶) در تحقیقی مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ماده خشک برگ، ساقه، خوشه و کل در مدیریت کود نیتروژن، درشرایط اعتبارسنجی مدل را ۳۱، ۳۹، ۱۴ و ۲۵درصد محاسبه نمودند، همچنین ژیو و همکاران (۱۸) در شرایط تاثیر متقابل مدیریت آبیاری و کود نیتروژن، درشرایط اعتبارسنجی مدل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده برگ، ساقه، خوشه و کل را ۲۹، ۲۵، ۳۲ و ۲۱ درصد بدست آوردند. ریشه میانگین مربعات خطای شاخص سطح برگ ۰/۲۷ و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده شاخص سطح برگ ۲۳ درصد محاسبه گردید. جینگ و همکاران (۱۰)، ژیو و همکاران (۱۸)، امیری (۱) و بومن و فان لار (۶) درشرایط اعتبارسنجی مدل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده شاخص سطح برگ را به ترتیب ۳۲، ۳۲، ۶۴ و ۴۴ درصد بدست آوردند. ریشه میانگین مربعات خطای مقدار نیتروژن برگ، ساقه، خوشه و کل اندام‌هوایی به ترتیب ۷/۹، ۶، ۱۰ و ۱۷ و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده مقدار نیتروژن در برگ، ساقه، خوشه و کل اندام هوایی در محدوده ۵۱-۳۷ درصد محاسبه گردید. همچنین نتایج نشان داد که مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال مقدار نیتروژن اندام های گیاهی بیشتر از مقدار خطای استاندارد و ضریب تغییرات مقدار اندازه‌گیری شده آنها می‌باشد که نشان دهنده شبیه‌سازی بیشتر مقدار نیتروژن اندام های گیاهی توسط مدل می‌باشد. جینگ و همکاران (۱۰) در شرایط اعتبارسنجی مدل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده مقدار نیتروژن در برگ، خوشه و کل اندام هوایی را به ترتیب ۲۷، ۲۰ و ۲۸ درصد بدست آوردند. همچنین فنگ و همکاران (۸) ریشه میانگین مربعات خطای نرمال نیتروژن کل اندام هوایی دو واریته درچین تحت شرایط مدیریت آبیاری را ۲۷ و ۴۸ درصد محاسبه کردند.

در شرایط اعتبارسنجی مدل، به منظور شبیه‌سازی مقدار عملکرد دانه، مقدار ضرایب α و β به ترتیب ۰/۷۶ و ۶۵۲، متوسط مقدار ریشه میانگین مربعات خطای ۳۳۴ کیلوگرم در هکتار وریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ۷ درصد محاسبه گردید، که نشان دهنده دقت قابل قبول مدل ORYZA2000 در شبیه‌سازی عملکرد دانه می‌باشد، محققان مختلف نشان دادند که مدل ORYZA2000 مقدار عملکرد دانه را با دقت مناسبی شبیه‌سازی می کند که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد: ژیو و همکاران (۱۸)، فنگ و همکاران (۸)، بولینگ و همکاران (۴)، بلدر و همکاران (۳) و بومن و فان لار (۶)، که ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده مقدار عملکرد را برای شرایط اعتبارسنجی مدل به ترتیب ۱۹، ۱۱، ۱۶، ۱۳ و ۱۱ درصد محاسبه نمودند. نتایج آزمون t نشان می دهد که مقادیر شبیه‌سازی کلیه پارامترهای گیاهی در شرایط اعتبارسنجی مدل در شرایط مدیریت آبیاری و کود نیتروژن (به جز ماده خشک کل در سال ۱۳۸۴) در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری با مقادیر اندازه-گیری شده ندارد.

مدل در مقادیر کود نیتروژن پایین (صفر و ۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در شرایط مدیریت آبیاری مختلف مقدار شاخص سطح برگ را بیشتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی می کند (شکل ۱)، زیرا در شرایط واقعی مقدار کود پایین منجر به کاهش سطح ویژه برگ و کاهش شاخص سطح برگ می شود، در حالی که مدل توانایی ایجاد این کاهش را ندارد. اما در مقادیر کود بالاتر (۶۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تغییر سطح ویژه برگ بخوبی بوسیله مدل انجام می گردد که منجر به شبیه‌سازی مناسب شاخص سطح برگ می گردد، به وضوح می توان تغییر روند شبیه‌سازی از حالت نمایی به حالت خطی را در مقادیر کود صفر مشاهده نمود (شکل ۱، I_2N_1). بومن و فان لار (۶) نیز به نتیجه مشابهی در مورد شبیه سازی شاخص سطح برگ در مقادیر کود نیتروژن پایین رسیدند.

همانطوریکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود، مقدار ماده خشک برگ و ماده خشک کل در مقادیر کود پایین (صفر و ۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) توسط مدل بیشتر از مقدار اندازه‌گیری آن شبیه‌سازی شده است، که می توان علت آن را در شبیه‌سازی بیشتر شاخص سطح برگ در مقادیر کود کم دانست، هنگامی که مدل سطح برگ را بیشتر از اندازه‌گیری، شبیه‌سازی می کند منجر به بیشتر شدن مقدار شبیه-سازی ماده خشک کل می گردد. همین روند در مدیریت آبیاری با تناوب ۵ و ۸ روز قابل مشاهده می‌باشد. اما با افزایش مقدار کود نیتروژن، روند ماده خشک کل و ماده خشک برگ در طول دوره رشد بخوبی شبیه‌سازی می گردد.

با توجه به شکل ۳، مشاهده می‌شود که مدل مقدار نیتروژن کل و برگ را در طول فصل زراعی را بیشتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی می کند. می توان علت آن را در شبیه‌سازی بیشتر شاخص سطح برگ و ماده خشک کل دانست، مشاهده می‌شود با افزایش مقدار کود نیتروژن و تغییر مدیریت آبیاری باز هم مدل، نیتروژن کل را بخوبی شبیه سازی نمی کند، زیرا در شرایط مدیریت غیر غرقاب در تاثیر متقابل با مقادیر کود نیتروژن، مقدار تفکیک ماده خشک بین اجزای

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهی، سطح ویژه برگ، جذب نیتروژن از خاک و مقدار بازیافت نیتروژن در اجزای گیاهی در طول فصل زراعی، متغیر می باشد، در حالی که پارامترهای فوق در مدل در طول فصل ثابت در نظر گرفته شده و مدل توانایی آنکه در شرایط تاثیر متقابل بتواند تغییرات ناشی از عوامل مدیریت‌های آبیاری و نیتروژن را ایجاد کند را ندارد.

همچنین به علت ساده بودن زیر مدل مربوط به جذب نیتروژن، مقدار نیتروژن در برگ و کل اندام هوایی بیشتر از مقدار واقعی شبیه-سازی شده است. جینگ و همکاران (۱۰) در تحقیقی دریافتند که مدل مقدار نیتروژن در برگ و کل اندام هوایی را در اوسط دوره رشد نیز بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده، شبیه‌سازی می کند.

مقایسه عملکرد دانه و ماده خشک کل زمان برداشت اندازه‌گیری شده نسبت به شبیه‌سازی شده در طول دوره سه ساله نسبت به خط ۱:۱در شکل ۴ ملاحظه می شود، که نشان از مناسب بودن مدل در شبیه‌سازی آنها دارد.

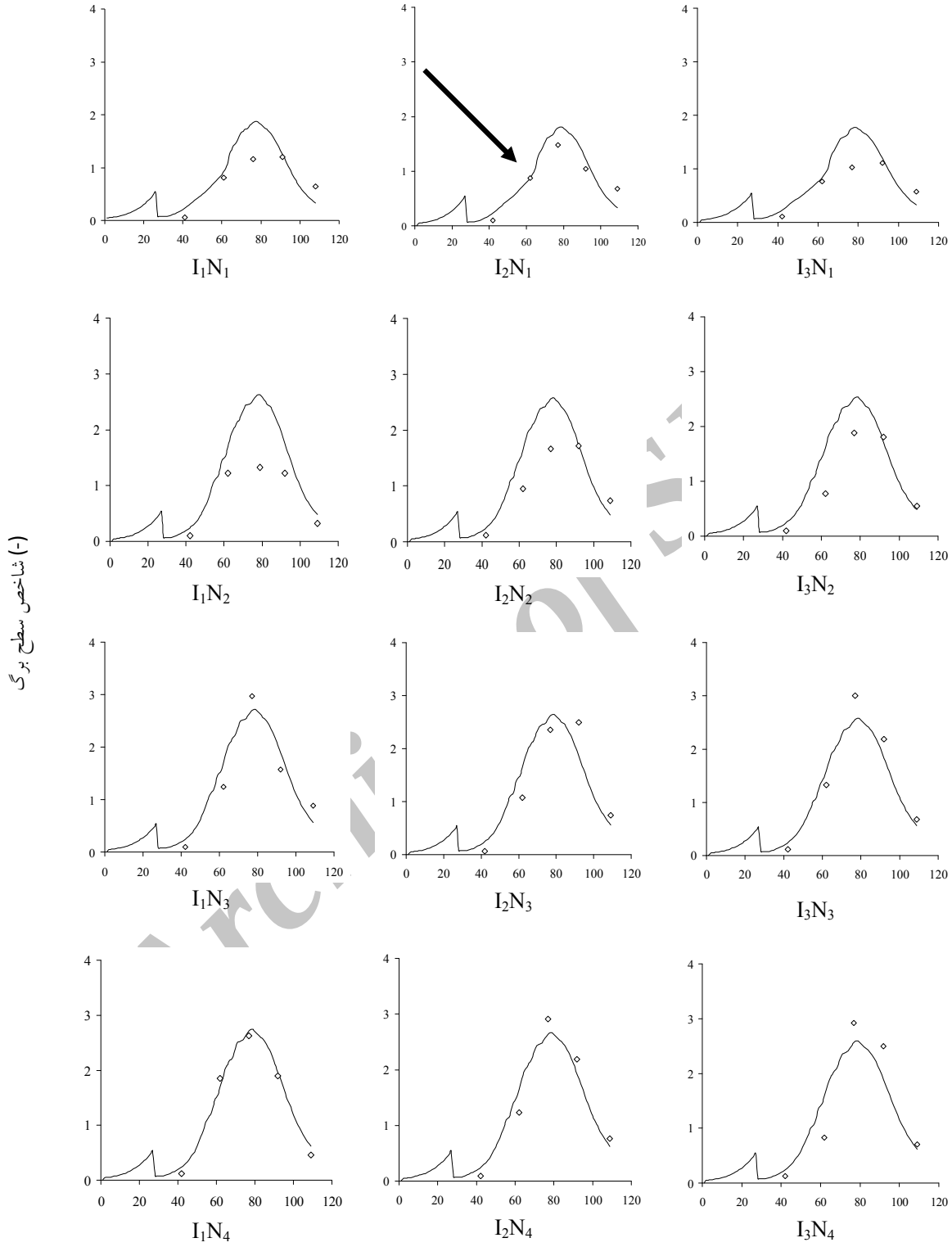
جدول ۵- ارزیابی نتایج شبیه‌سازی پارامترهای گیاهی مدل ORYZA2000 در شرایط اعتبارسنجی

سال	پارامترگیاهی	تعداد اندازه گیری	X_{obs}(SD)	X_{sim}(SD)	R^2	α	β	P(t)	RMSE	$RMSE_n$(%)
۱۳۸۶	ماده خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	۲۰	۶۳۱(۴۱۹)	۷۳۶(۴۶۲)	۰/۹	۱/۰۵	۱۰۱	۰/۱۶	۱۰۴	۱۶
	ماده خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	۲۰	۱۸۱۶(۱۳۶۷)	۲۲۵۰(۱۶۰۷)	۰/۹۶	۱/۱۵	۱۵۴	۰/۱۶	۳۶۴	۲۰
	ماده خشک خوشه (کیلوگرم در هکتار)	۸	۲۷۶۶(۱۹۷۴)	۲۶۸۷(۱۰۸۴)	۰/۹۵	۰/۵۳	۱۲۰۳	۰/۴۶	۷۸۳	۲۸
	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	۲۰	۳۷۰۱(۳۱۷۱)	۴۵۰۹(۳۴۶۰)	۰/۹۴	۱/۰۶	۵۸۲	۰/۲۱	۷۵۹	۲۰
	شاخص سطح برگ (-)	۲۰	۱/۱۵(۰/۹۲)	۱/۲۲(۰/۸۳)	۰/۸	۰/۸	۰/۲۹	۰/۳۸	۰/۲۷	۲۳
	نیتروژن برگ (کیلوگرم در هکتار)	۲۰	۱۶(۱۱)	۲۱(۱۵)	۰/۷۹	۱/۲۵	۰/۶۵	۰/۱۲	۷/۹	۴۷
	نیتروژن ساقه (کیلوگرم در هکتار)	۲۰	۱۳(۹)	۱۸(۹)	۰/۷۱	۰/۸۶	۷	۰/۱۵	۶	۴۵
	نیتروژن خوشه (کیلوگرم در هکتار)	۸	۴۲(۳۲)	۵۲(۱۵)	۰/۷۳	۰/۷۷	۹/۵	۰/۶۶	۱۰	۵۱
	نیتروژن کل (کیلوگرم در هکتار)	۲۰	۴۷(۳۱)	۶۴(۳۶)	۰/۷۵	۱/۰۱	۱۶/۲	۰/۰۵۴	۱۷	۳۷
	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۴	۴۰۹۷(۷۰۳)	۴۱۷۲(۶۷۶)	۰/۹۶	۱/۰۷	-۲۱۳	۰/۴	۱۵۵	۳
۱۳۸۵	بیوماس کل(کیلوگرم در هکتار)	۱۲	۴۴۶۷(۶۸۲)	۴۳۹۵(۷۰۶)	۰/۹۳	۰/۹۰	۴۶۷	۰/۶۶	۵۰۳	۵
	عملکرد(کیلوگرم در هکتار)	۱۲	۹۵۶۵(۱۷۱۸)	۹۶۳۲(۱۳۹۴)	۰/۸۸	۱/۱۸	-۱۸۹۲	۰/۳	۲۳۷	۵
۱۳۸۴	بیوماس کل(کیلوگرم در هکتار)	۱۲	۴۴۶۷(۶۸۲)	۴۳۹۵(۷۰۶)	۰/۷۶	۰/۴۸	۱۸۱۹	۰/۰۰	۲۳۰۰	۲۸
	عملکرد(کیلوگرم در هکتار)	۱۲	۸۰۵۲(۱۷۱۸)	۱۰۱۰۶(۱۸۶۵)	۰/۶	۰/۴۸	۳۱۱۹	۰/۱۷	۴۴۳	۱۱

X_{obs}: میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، X_{sim}: میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده و SD: انحراف از معیار

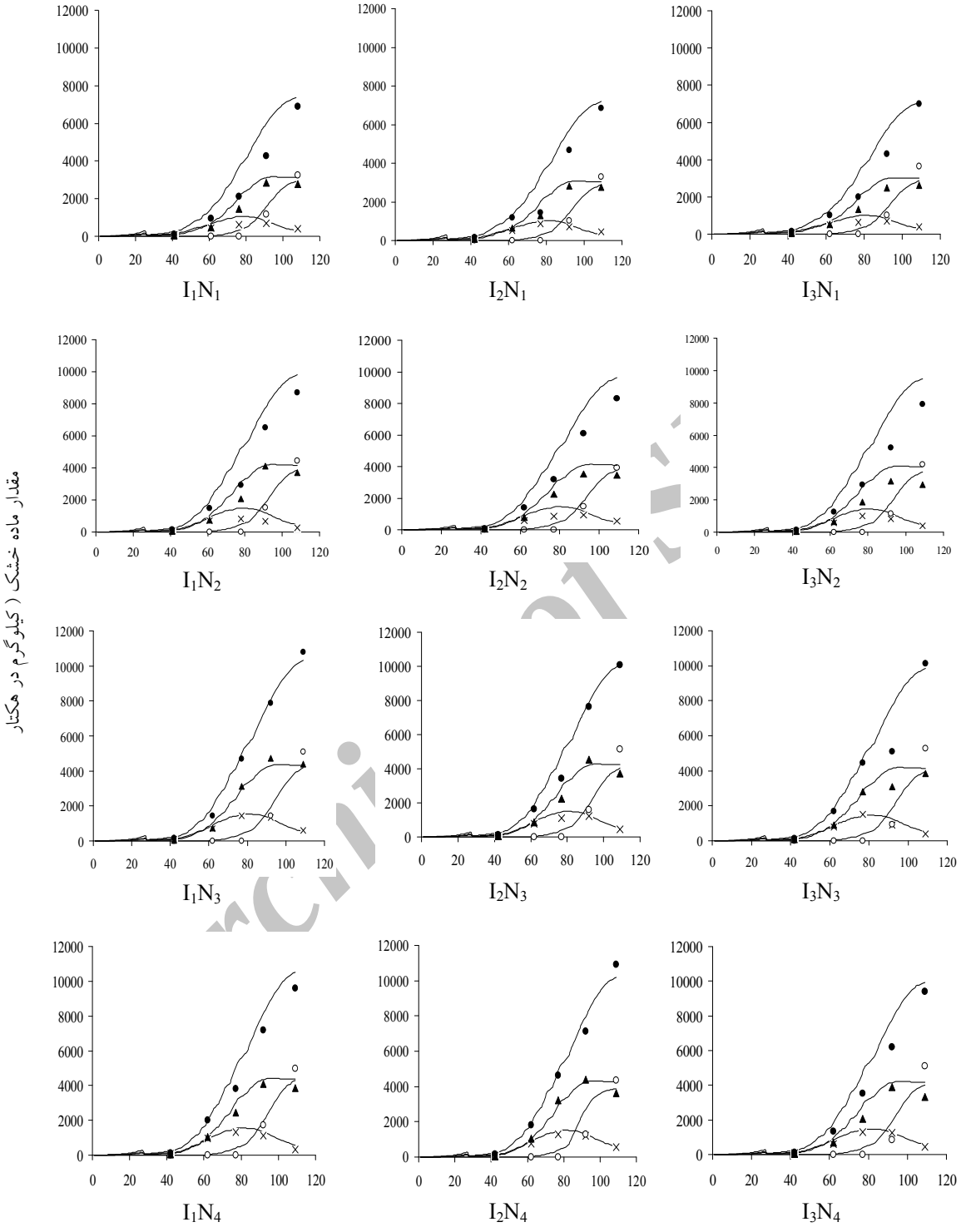
Archive of SID

www.SID.ir



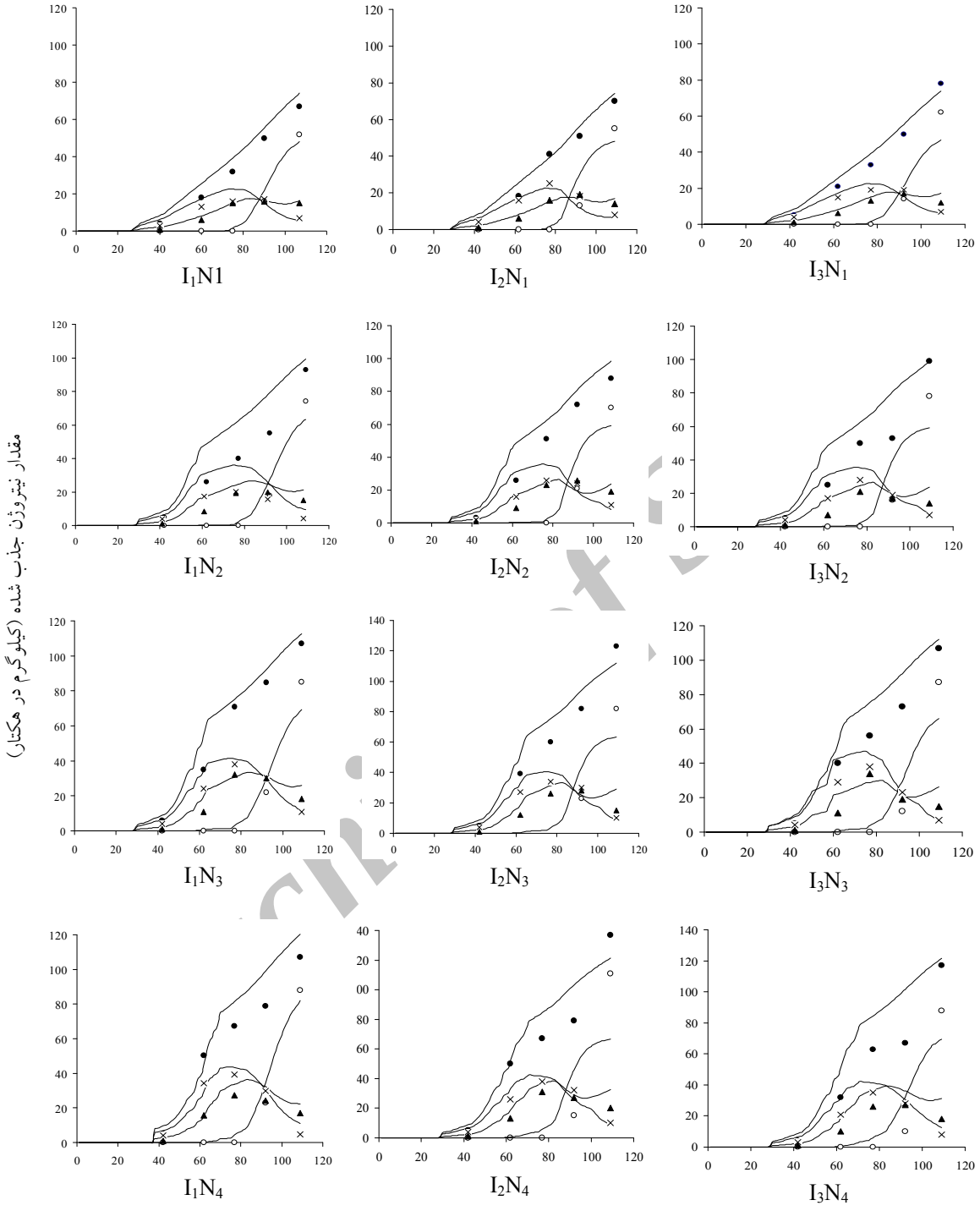
شکل ۱- مقادیرشبیه‌سازی (خطوط) و اندازه‌گیری شاخص سطح برگ (◊) در مدیریت آبیاری و نیتروژن

www.SID.ir



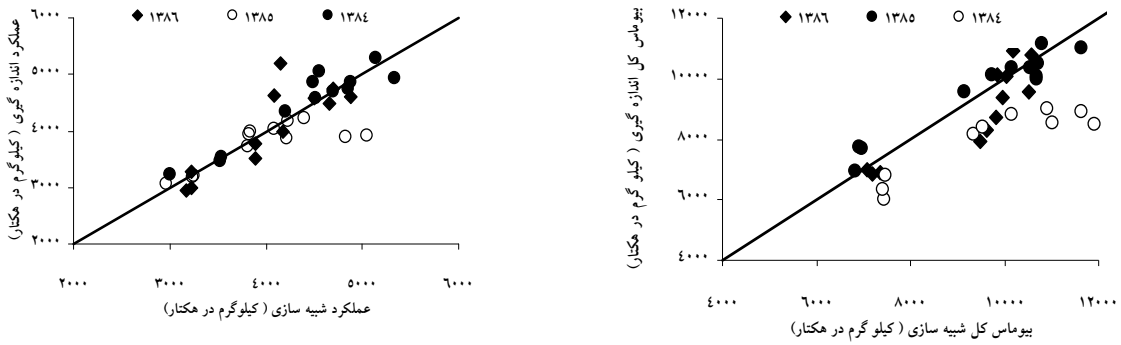
شکل ۲- مقادیر شبیه‌سازی (خطوط) و اندازه‌گیری ماده خشک کل (●)، پانیکول (○)، برگ (×) و ساقه (▲) در مدیریت آبیاری و نیتروژن

www.SID.ir



شکل ۳ – مقادیر شبیه‌سازی (خطوط) و اندازه‌گیری نیتروژن کل(●)، پانیکول(○)، برگ (×) و ساقه (▲) در مدیریت آبیاری و نیتروژن

www.SID.ir



شکل ٤- مقایسه مقدار شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده زمان برداشت ماده خشک کل (شکل سمت راست) و عملکرد دانه (شکل سمت چپ) در مدیریت های مختلف آبیاری و کود نیتروژن در طول سه سال آزمایش

نتیجه گیری

بطور کلی با توجه به مقادیر ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده پارامترهای مورد ارزیابی مدل ORYZA2000، در شرایط مدیریت آبیاری و کود نیتروژن، می توان نتیجه گرفت که مدل در شبیه‌سازی مقادیر ماده خشک، نیتروژن در اندام های گیاه برنج و شاخص سطح برگ مناسب می‌باشد، نتایج تحقیق نشان داد که مقدار عملکرد دانه شبیه‌سازی در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی داری با مقادیر اندازه‌گیری شده در شرایط واسنجی و اعتبارسنجی ندارد، همچنین کمتر بودن مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده عملکرد دانه نسبت به مقادیرخطای استاندارد و ضریب تغییرات عملکرد دانه اندازه‌گیری شده، نشان می دهد که مدل توانایی شبیه-سازی مقدار عملکرد دانه برنج را با دقت مناسبی دارد، که می‌توان از این مدل در برنامه ریزی آبیاری و کود نیتروژن برنج استفاده نمود. اما مدل در مقادیر نیتروژن کم، مقدار شاخص سطح برگ را بیشتر از اندازه‌گیری شبیه‌سازی می کند. همچنین به منظور رسیدن به نتایج بهتری از مدل در شبیه سازی نیتروژن در طول فصل زراعی در اندام های گیاهی، مدل در زیر بخش شبیه‌سازی نیتروژن نیاز به توسعه دارد.

منابع

1- Amiri E. 2008. Evaluation of the rice growth model ORYZA2000 under water management. Asian Journal of Plant Sciences. 7 (3): 291-297.
2- Arora V.K. 2006. Application of a rice growth and water balance model in an irrigated semi-arid subtropical environment. Agriculture Water Management. (83): 51–57.
3- Belder P., Bouman B.A.M., and Spiertz J.H.J. 2007. Exploring option for water savings in lowland rice using a modeling approach. Agriculture System. (92): 91–114.
4- Boling A.A., Bouman B.A.M., Tuong T.P., Murty M.V.R., and Jatmiko S.Y. 2007. Modelling the effect of groundwater depth on yield increasing interventions in rainfed lowland rice in Central Java. Indonesia Agriculture Systems. (92): 115–139.
5- Bouman B.A.M., Kropff M.J., Tuong T.P., Wopereis M.C.S., Ten Berge H.F.M. and Van Laar H.H. 2001. ORYZA2000: modeling lowland rice. International Rice Research Institute, Los Banos.
6- Bouman B.A.M., and Van Laar H.H. 2006. Description and evaluation of the rice growth model ORYZA2000 under nitrogen-limited conditions. Agric Syst. (87): 249–273.
7- Drenth H., Ten Berge F.F.M., and Riethoven J.J.M. 1994. ORYZA simulation modules for potential and nitrogen limited rice production. SARP Research Proceedings. Wageningen (Netherlands): IRRI/AB-DLO. 223 p.
8- Feng L.P., Bouman B.A.M., T.P., Tuong R.J., Cabangon Y.L., Li Lu G.A., and Feng Y.H. 2007. Exploring options to grow rice under water short conditions in northern China using a modeling approach. I: Field experiments and model evaluation. Agriculture Water Management. (88): 1–13.
9- Horie T., Nakagawa H., Centano H.G.S., and Kropff M.J. 1995. The rice crop simulation model SIMRIW and its testing. In: Matthews, R.B., Kropff, M.J., Bachelet, D., Van Laar, H.H. (Eds.), Modelling the Impact of

Archive of SID

www.SID.ir

Climate Change on Rice Production in Asia. CAB International, Wallingford, UK, pp. 51–66.
10- Jing Q., Bouman B.A.M., Hengsdijk H., Van Keulen H., and Cao W. 2007. Exploring options to combine high yields with high nitrogen use efficiencies in irrigated rice in China. European Journal Agronomy. (26): 166–177.
11- Kropff M.J., Van Laar H.H., and Matthews R.B. 1994. ORYZA1: an ecophysiological model for irrigated rice production. SARP Research Proceedings. Wageningen (Netherlands): IRRI/AB-DLO. 110 p.
12- McMennamy J.A., and Toole J.C.O. 1983. RICEMOD: a physiologically based rice growth and yield model. IRRI Research Paper Series 87. Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute, 33 pp.
13- Penning De Vries F.W.T. and Van Laar H.H. 1982. Simulation of growth processes and the model BACROS. In Penning de Vries, F.W.T. and H.H. van Laar (Eds.) Simulation of plant growth and crop production. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen, The Netherlands. pp. 114-135.
14- Van Genuchten M.T., Leij F.J., and Yates S.R. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions for unsaturated soils. U.S. Salinity Laboratory, Riverside, California.
15- Van Kraalingen D.W.G. 1995. The FSE system for crop simulation: version 2.1. Quantitative Approaches in Systems Analysis Report 1. C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology and AB-DLO, Wageningen, The Netherlands, p. 58.
16- Wopereis M.C.S., 1993. Quantifying the impact of soil and climate variability on rainfed rice production. PhD thesis. Wageningen (Netherlands): Wageningen Agricultural University. 188 p.
17- Wopereis M.C.S., Bouman B.A.M., Tuong T.P., Ten Berge H.F.M., and Kropff M.J. 1996. ORYZA_W: rice growth model for irrigated and rainfed environments. SARP Research Proceedings. Wageningen (Netherlands): IRRI/AB-DLO.159 p.
18- Xue C., Yang X., Bouman B.A.M., Deng W., Zhang Q., Yan W., Zhang T., Rouzi A. and Wang H. 2008. Optimizing yield, water requirements, and water productivity of aerobic rice for the North China Plain. Irrigation Science. 26 (6), 459-474.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 757-769

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۷۶۹-۷۵۷

Evaluation of the Rice Growth Model ORYZA2000 under Nitrogen and Water Limited Conditions (Calibration and Validation)

E. Amiri[1*]- M. Rezaei[2]- M. Bannayan Awal[3]
Received:10-2-2010
Accepted:14-6-2011

Abstract

To evaluated ORYZA2000 model in Iran, this study was carried out during 2004 till 2007 at Rice Research Institute of Iran, Rasht. The experiment was conducted as split plot in complete randomized block design and three replicates. Three irrigation levels were the main plots and four levels of N application were allocated sup-plots model. Simulated and measured values leaf area index (LAI) and biomass of leaves, panicles, total aboveground biomass and crop N dynamics, was evaluated by adjusted coefficient of correlation; t-test of means; and absolute and normalized root mean square errors (RMSE). Results show that, with normalized root mean square errors ($RMSE_n$) of 5–51%, ORYZA2000 satisfactorily simulated crop biomass and N uptake that strongly varied between irrigation and nitrogen fertilizer. Yield was simulated with an RMSE of 155–464 kg ha^{-1} and a normalized RMSE of 3–11%. Simulated LAI generally exceeded measured at low rates of nitrogen application. Results show that, ORYZA2000 could be used successfully to support N and irrigation management under the limited conditions.

Keywords: Rice, Model, Evaluation, Nitrogen, Irrigation

Archive of SID

1- Assistant Professor of Agricultural Department, Islamic Azad University, Lahijan Branch
(*- Corresponding Author Email: eamiri57@yahoo.com)
2- Rice Research Institute of Iran, Rasht
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

www.SID.ir