شبیه سازی رشد و نمو برنج تحت شرایط محدودیت آبیاری

ابراهیم امیری

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

eamiri57@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی مدل ORYZA2000، تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی واقع در موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۶ مدیریت آبیاری به عنوان تیمار، در سه تکرار طی سال زراعی ۸۴ بر روی رقم هاشمی اجرا گردید. مدیریت‌ها شامل غرقاب دایم، آبیاری پس از ۱، ۳ و ۵ روز محو شدن آب از سطح زمین و آبیاری با دورهای ۵ و ۸ روز بود. ارزیابی مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده زیست توده کل، زیست توده خوشه، بیوماس برگ، بیوماس ساقه و شاخص سطح برگ، با استفاده از پارامترهای ضریب تبیین، جذر میانگین مجذور خطا، جذر میانگین مجذور خطای نرمال شده، کارآیی مدل و ضریب جرم باقیمانده انجام گردید. به طور متوسط مقادیر جذر میانگین مجذور خطای مدل زیست توده کل بین ۵۳۲-۸۷۱ کیلوگرم بر هکتار، زیست توده خوشه بین ۲۳۴-۴۷۳ کیلوگرم بر هکتار، زیست توده برگ بین ۸۲-۲۴۶ کیلوگرم بر هکتار، زیست توده ساقه بین ۴۵۶-۲۸۰ کیلوگرم بر هکتار و شاخص سطح برگ بین ۰/۲۳-۰/۵۲ بدست آمد، همچنین جذر میانگین مجذور خطای نرمال شده زیست توده کل بین ۱۴-۲۴ درصد، زیست توده خوشه بین ۱۰-۲۴ درصد، زیست توده برگ بین ۱۴-۵۵ درصد، زیست توده ساقه بین ۱۶-۲۷ درصد و شاخص سطح برگ بین ۲۷-۷۰ درصد تعیین گردید. مدل مقدار شاخص سطح برگ را در این مطالعه بیشتر از مقداراندازه‌گیری شده آن شبیه سازی نمود.

کلمات کلیدی: برنج، مدل ORYZA2000، شبیه‌سازی، ارزیابی، زیست توده.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان به عنوان ابزارهای مفیدی در تحقیقات کشاورزی می‌باشند، که توانایی پیش‌بینی میزان محصول را دارند. شبیه‌سازی رشد برنج بیش از ۳۰ سال پیش آغاز شده است، در سال ۱۹۸۳ موسسه بین المللی تحقیقات برنج، مدل RICEMOD را برای محیط‌های بارانی و عملکرد در شرایط پتانسیل ارائه داد (۱۶)، بر اساس دیدگاه‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی نسبتاً ساده مدل، توجه چندانی را به خود جلب ننمود. هورای مدل ساده‌تری را تحت شرایط تولید پتانسیل با عنوان SIMRIW برای برنج ارائه داد، SIMRIW که جهت پیش‌بینی میزان محصول که در مزارع ژاپن بکاربرده شد (۱۲). فوکایی نیز مدل ساده ی را برای برنج خصوصاً برای انواع واریته‌ها در تایلند ارائه داد (۹). در اواسط دهه ۹۰ مرکز تحقیقاتی دانشگاه واگنینگن و موسسه بین المللی تحقیقات برنج مدل ORYZA را در مورد رشد برنج در زمین‌های پست استوایی ارائه دادند. اولین مدل از این مجموعه، مدل ORYZA1 مربوط به تولید پتانسیل بود (۱۳)، دومین مدل ORYZA-N برای رشد محدود به نیتروژن (۹) و سپس ORYZA-W برای تولید تحت شرایط کمبود آب (۲۰) معرفی شد. آخرین مدلی که ایجاد گردید مدلORYZA2000 می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده گردید. مدل ORYZA2000، رشد و نمو گیاه برنج را در شرایط عملکرد پتانسیل، محدودیت آبی و محدودیت نیتروژن، شبیه‌سازی می کند، در تمامی این شرایط تولید محصول در برابر بیماری‌ها، آفات و حشرات محافظت شده است و هیچ کاهش عملکردی روی نخواهد داد (۷). جهت شبیه سازی کلیه شرایط تولید، چندین شاخص با هم در ORYZA2000 جمع شده‌اند، جهت برقراری ارتباط آسان بین شاخص‌ها، کلیه شاخص‌ها در محیط شبیه‌سازی شده فرترن (FSE) برنامه‌ریزی شده‌اند (۱۹). سیستم FSE، اختصاصاً جهت برنامه‌ریزی مدل‌هایی طراحی شده است که به صورت دینامیکی، روند رشد اکولوژیک زراعی را شبیه‌سازی می‌نماید، شبیه‌سازی در کوتاه‌ترین گام زمانی آغاز می‌شود که معمولاً روزانه است. مدل ORYZA، به صورتی گسترده، در آزمایشات مزرعه‌ای برای واریته‌هایی با عملکرد بالا در مناطق حاره‌ای و استوایی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است، در شرایط تولید پتانسیل توسط کروپف و ماتیو (۱۳و۱۴) و در شرایط محدودیت آبی توسط بولینگ (۵)، وپریس(۲۱) و وپریس و همکاران (۲۰) مورد ارزیابی قرار گرفت.

بلدر (۳) و بلدر و همکاران (۲) از ORYZA 2000 برای شبیه‌سازی زیست توده کل، شاخص سطح برگ در چین و فیلیپین در شرایط آبیاری غرقاب و آبیاری متناوب برای واریته‌های اراضی با آبیاری غرقاب و دیم استفاده نمود و ضریب تغییرات زیست توده کل برای چین و فیلیپین به ترتیب ۱۴ و ۱۹ درصد و ضریب تغییرات شاخص سطح برگ را ۱۸ و ۲۴ درصد گزارش کرد. بولینگ و همکاران (۴) توانستند برای برنج نشایی و کشت مستقیم در شرایط زمین مرتفع (آپلند) ORYZA2000 را واسنجی کنند. بر اساس اطلاعات ۸ فصل زراعی ضریب تبیین (R^2) برای عملکرد نهایی و زیست توده به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۸۹، جذر میانگین مجذور خطای زیست توده ۲۵ درصد محاسبه گردید. بنایان (۱) مدل ORYZA2000 را برای بررسی تأثیر متقابل

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش CO_2 هوا و کود نیتروژن در شمال ژاپن مورد استفاده قرار داد و نتیجه گرفت که مدل ORYZA2000 شاخص سطح برگ را بیشتر از مقدار اندازه‌گیری، شبیه‌سازی می‌کند، ولی مقدار بیوماس کل بالای سطح زمین را با کمی تخمین بیشتر، شبیه‌سازی می‌کند. بومن و فان لار (۶) مدل ORYZA2000 برای شرایط کمبود ازت برای اطلاعات مربوط به پنج مزرعه برنج آبیاری شده در موسسه بین المللی تحقیقات برنج مورد ارزیابی قرار دادند. جذر میانگین مجذور خطا برای زیست توده کل در محدوده ۶۲۰-۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

هدف از این مقاله ارزیابی مدل ORYZA2000 است که شامل واسنجی پارامترهای گیاهی و اعتباریابی مدل برای شبیه‌سازی اجزای مختلف گیاهی (زیست توده کل، خوشه، برگ، ساقه و شاخص سطح برگ) برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مدل ORYZA2000

جهت بررسی مقدار تولید مواد خشک اندام‌های گیاهی و میزان رشد فیزیولوژیک از یک طرح محاسبه روزانه تبعیت می‌کند، با تکمیل این مقادیر در طی گذشت زمان، مرحله رشد و تولید مواد خشک در طی فصل شبیه‌سازی می‌شود. میزان روزانه جذب CO_2 توسط کانوپی، بر اساس میزان تابش روزانه، دما و شاخص سطح برگ محاسبه می گردد. میزان جذب روزانه بر اساس ترکیب مقدار جذب CO_2 توسط برگ در طی روز و در تمامی لایه‌های برگ در کانوپی محاسبه می‌گردد. جهت دست یابی به میزان رشد خالص روزانه بر حسب کیلوگرم کربوهیدرات در هر هکتار در هر روز باید مقدار کل جذب را از میزان جذب ناخالص کم نمود، کربوهیدرات‌های تولید شده در میان ریشه‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها، خوشه تقسیم می‌شود. تبدیل کربوهیدرات‌ها به مواد خشک بر اساس معادلات ارائه شده توسط پینینگ و فان لار (۱۶) می‌باشد. در مراحل اولیه رشد، برگ‌ها روی یکدیگر سایه نمی‌اندازند و رشد سطح برگ توسط مقدار جذب موجود محدود نمی‌شود. در این مرحله معادله رشد سطح برگ، به صورت نمایی رشد می‌کند. وقتی شاخص سطح برگ بزرگتر از ۱ متر مربع سطح برگ در هر متر مربع سطح زمین می‌باشد، رشد سطح برگ توسط مقدار کربوهیدرات‌های موجود برای رشد برگ محدود می‌شود، در این شرایط معادله رشد سطح برگ به صورت خطی می‌باشد، افزایش سطح برگ بر اساس افزایش وزن برگ محاسبه می‌شود که تابعی از مرحله رشد است. تبدیل از حالت رشد نمایی به خطی با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده میزان رشد سطح برگ امکان پذیر است (۷).

ساختار عمومی مدل شبیه سازی برای رشد و توسعه برنج در شکل (۱) در شرایط پتانسیل نشان داده شده است. تنش خشکی روی رشد و توسعه برنج تأثیر می‌گذارد (۲۱و۲۰). گیاه تحت تأثیر خشکی با پدیده‌های مواجه می‌شود که شامل: لول شدن برگ، عقیم شدن سنبلک، کاهش توسعه برگ، تغییر تقسیم‌بندی جذب، افزایش عمق ریشه، تأخیر توسعه دوره رویشی، افزایش پیری برگ و کاهش میزان فتوسنتز می‌باشد. مدل تأثیرات خشکی در رشد محصول را محاسبه می‌کند، برای هر یک از این فرآیندها، فاکتور استرس خشکی محاسبه می‌شود. تمام

Archive of SID

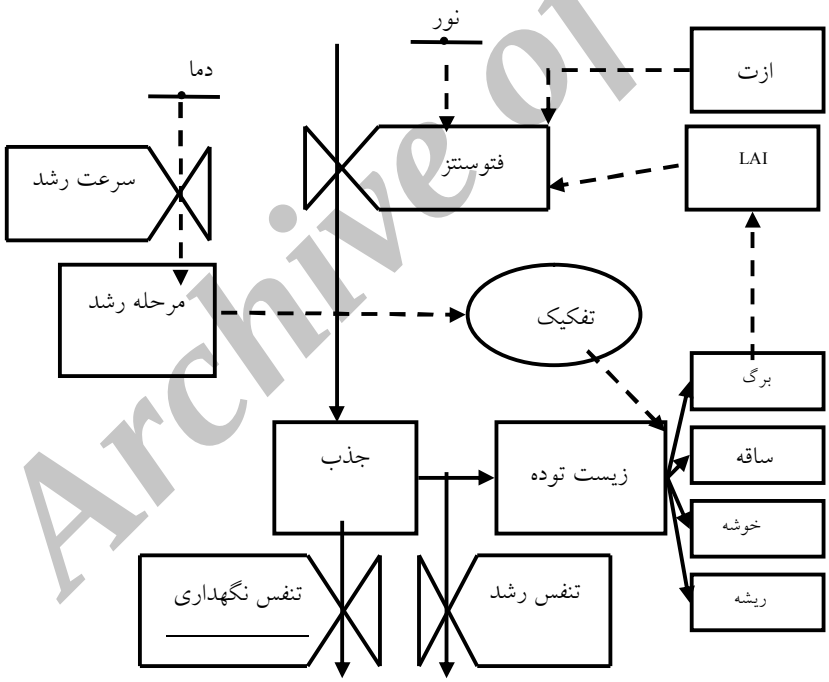
www.SID.ir

عوامل خشکی تابعی از مکش آب- خاک در اطراف ریشه تعریف می‌شوند.

تمام عوامل تنش خشکی حساب شده از ۰ تا ۱ متغیرند، عدد ۱ یعنی رشد گیاه متأثر تنش نبوده و عدد ۰ یعنی اینکه تنش به مرحله سکون رسیده.

دوره زندگی برنج در مدل ORYZA2000 به چهار مرحله فنولوژیکی تقسیم می‌شود:

۱. دوره رویشی پایه: از جوانه زنی (DVS=۰) تا شروع مرحله حساس به نور (DVS=۰/۴)، (سرعت توسعه این مرحله DVRJ).
۲. دوره حساس به نور: از پایان دوره رویشی پایه تا ظهور خوشه (DVS =۰/۶۵)، (سرعت توسعه این مرحله DVRI).
۳. دوره شکل گیری خوشه: از ظهور خوشه تا گلدهی (DVS=۱)، (سرعت توسعه این مرحله DVRP).
۴. دوره پرشدن دانه: از گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی (DVS=۲)، (سرعت توسعه این مرحله DVRR).



شکل ۱: ساختار مدل ORYZA2000

مشخصات محل آزمایش

محل اجرای آزمایش درمزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشوردر مختصات جغرافیایی ''۱۹ ′۱۲ °۳۷ عرض شمالی و ''۲۸ ′۳۸ °۴۹ طول شرقی، در ارتفاع ۷ متری پایین تر از سطح دریا واقع در رشت قرار دارد. طبق اعلام اداره هواشناسی استان گیلان (ایستگاه سینوپتیک رشت جنب مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع است) بر اساس میانگین ۱۰ ساله، بارندگی سالیانه رشت ۱۴۴۱ میلی‌متر و متوسط دمای هوای آن ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مدیریت‌های آبیاری

برای واسنجی و اعتبار یابی مدل ORYZA2000 در سال زراعی ۱۳۸۴ مدیریت‌های آبیاری در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج در رشت انجام شد، که مدیریت‌های آبیاری به صورت زیر می‌باشند:

۱. آبیاری غرقاب دایم
۲. آبیاری پس از ۱ روز محو شدن آب از سطح زمین
۳. آبیاری پس از ۳ روز محو شدن آب از سطح زمین
۴. آبیاری پس از ۵ روز محو شدن آب از سطح زمین
۵. آبیاری با دور ۵ روزه
۶. آبیاری با دور ۸ روزه

آزمایش‌ها در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۵ متر اجرا شد. بذرپاشی در خزانه در اواخر فروردین انجام شد و نشاها پس از ۴-۳ برگی شدن در اوایل خرداد به زمین اصلی منتقل شدند. تعداد نشاء در هرکپه ۴-۳ عدد و فاصله نشاء از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر بود. پس از انتقال نشاها به زمین اصلی به مدت ۱۰ روز تمام کرت‌ها برای استقرار نشاءها به صورت غرقاب دائم نگهداشته شد، پس ازآن تیمارهای آب در کرت‌ها بر مبنای برنامه تنظیم شده اعمال گردید. مقدار آب مورد نیاز برای هرکرت توسط سیستم لوله‌کشی مجهز به شیر فلکه‌های کنترل تأمین و توسط کنتور اندازه‌گیری شد.

اندازه گیری‌های گیاهی

برای اندازه‌گیری زیست توده در اجزای مختلف برنج (برگ، ساقه و خوشه) در طول فصل زراعی در مدیریت‌های آبیاری در هر نوبت اندازه‌گیری، تعداد ۸-۱۲ کپه از هر مدیریت کف برگردید، ابتدا مقدار سطح برگ سبز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح (Area meter) مدل L13100 ساخت شرکت Li-cor اندازه‌گیری گردید، سپس اجزای مختلف گیاه در داخل گرمخانه به مدت ۲ روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از توزین نمونه‌ها میزان زیست توده در اجزای مختلف برنج ثبت گردید.

معیارهای ارزیابی نتایج مدل‌ها

از آنجا که هیچ معیار خاصی صحت شبیه‌سازی مدل‌ها را نشان نمی‌دهد از ترکیب مقادیر آماری و گرافیکی استفاده شد، که معمولاً در ارزیابی مدل‌ها استفاده می‌شود. به صورت گرافیکی مقایسه مقدار شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده زیست توده کل، برگ، ساقه، پانیکول و شاخص سطح برگ برای هر مدیریت آبیاری با تعیین ضریب تبیین (R^2) انجام گردید (۱۰و۱۲)، جهت ارزیابی آماری نتایج شبیه‌سازی زیست توده کل، برگ، ساقه، پانیکول و شاخص سطح برگ از پارامترهای آماری زیر استفاده شد:

$$RMSE = (\sum_{I=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / n)^{0.5} \quad (۱)$$

$$RMSE\ Normalised = 100(\sum_{I=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / n)^{0.5} / \overline{O} \quad (۲)$$

$$EF = (\sum_{i=1}^{n} (O_i - \overline{O})^2 - \sum_{i=1}^{n} (P_i - O_i)^2) / \sum_{i=1}^{n} (O_i - \overline{O})^2 \quad (۳)$$

$$CRM = (\sum_{i=1}^{n} O_i - \sum_{i=1}^{n} P_i) / \sum_{i=1}^{n} O_i \quad (۴)$$

که در این روابط:

P_i = مقدار شبیه سازی مدل اجزای گیاهی

O_i = مقدار اندازه گیری واقعی اجزای گیاهی

n = تعداد اندازه گیری واقعی اجزای گیاهی

Archive of SID

www.SID.ir

$\overline{O}$ = میانگین مقادیر اندازه گیری اجزای گیاهی

RMSE (Root Mean Square Error)= ریشه میانگین مربعات خطا

Root Mean Square Error-Normalised) RMSE-N)= ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده

EF (modeling EFficiency)= کارایی مدل

CRM (Coefficient of Residual Mass)= ضریب جرم باقیمانده

مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده در شرایط اپتیمم یا حالتی که مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده مساوی باشد برابر با صفر و مقدار کارایی مدل در این شرایط برابر با یک می‌باشد. مقدار ضریب جرم باقیمانده منفی به این معنی است که مدل مقادیر شبیه‌سازی را از مقادیر اندازه‌گیری شده بیشتر تخمین زده و مقدار مثبت آن یعنی مدل مقادیر شبیه‌سازی را کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده تخمین زده.

اندازه‌گیری میزان نفوذ پذیری

یکی از پارامترهای ورودی مدل مقدار نفوذپذیری آب در شالیزار می‌باشد، میزان نفوذپذیری در شالیزار به علت ایجاد لایه با نفوذپذیری بسیار کم در عمق ۲۰-۳۰ سانتی‌متر خاک، طی فرایند شخم در طول سال‌های متمادی، با استفاده از روش استوانه نفوذ امکان‌پذیر نمی‌باشد بنابراین از روش اندازه‌گیری سریع (Quick method) استفاده شد.

واسنجی مدل

تمامی مقادیر پارامترها مدل ORYZA2000 در فایل‌های اطلاعاتی که به همراه مدل ارائه شده وجود دارد که قادر به تغییر می‌باشند. پارامترهای گیاهی در مدل ORYZA2000 از آزمایشات صورت گرفته از گلخانه‌ها و مزارع مختلف و توسط محققان به دست آمده است و حدود ۱۰ درصد از پارامترهای گیاهی برای هر واریته می‌باشد و سایر پارامترها در تمامی واریته‌های برنج یکسان می‌باشند (۷)، به عبارت دیگر اکثر پارامترهای گیاهی برای برنج شبیه به یکدیگر بوده و می‌توان برای کلیه واریته‌ها استفاده شود، برخی پارامترها به صورتی خاص، برای واریته و محیط تحت بررسی تنظیم شده‌اند، این پارامترها عبارتند از: سرعت توسعه فنولوژیکی، فاکتورهای تفکیک ماده خشک، سرعت رشد نسبی سطح برگ، سطح ویژه برگ، سرعت مرگ برگ و کسر ذخیره ساقه. برای واسنجی پارامترهای گیاهی ORYZA2000 از دو برنامه DRATES و PARAM استفاده شد که DRATES برای واسنجی سرعت توسعه فنولوژیکی و برنامه PARAM به منظور واسنجی سایر پارامترها فوق که مختص به واریته است بکار برده شد. واسنجی پارامترهای گیاهی ORYZA2000 نیاز به یک مجموعه داده‌های اندازه‌گیری شده از مقادیر زیست توده (برگ، ساقه و پانیکول)، شاخص سطح برگ و تاریخ‌های بذر افشانی و جوانه‌زنی و انتقال به زمین اصلی، گلدهی و برداشت دارد.

نتایج و بحث

برای واسنجی پارامترهای گیاهی مدل از داده های اندازه‌گیری شده تحت شرایط تولید پتانسیل (آبیاری در شرایط غرقاب) استفاده گردید. ابتدا برنامه DRATES اجرا گردید که نتیجه آن محاسبه مقادیر

Archive of SID

www.SID.ir

سرعت توسعه فنولوژیکی می‌باشد. سرعت توسعه فنولوژیکی در چهار فاز رویشی پایه (DVRJ)، حساسیت به نور (DVRI)، شکل‌گیری پانیکول (DVRP) و فاز پر شدن دانه (DVRR) می‌باشد:

DVRJ =۰/۰۰۱۰۰۲ (درجه سانتیگراد- روز)$^{-1}$

DVRI = ۰/۰۰۷۵۸

DVRP = ۰/۰۰۷۹۵

DVRR = ۰/۰۰۲۲۰۱

سپس برنامه PARAM اجرا می‌گردد که سایر پارامترهای مورد نظر برای واسنجی پارامترهای گیاهی محاسبه می گردد:

حداکثر سرعت رشد نسبی سطح برگ (RGRLMX) و کسر ذخیره ساقه (FSTR)

RGRLMX = ۰/۰۰۵۶۹ (درجه سانتیگراد- روز)$^{-1}$

FSTR = ۰/ ۲۳۲(-)

سرعت مرگ برگ در طول دوره رویش (DRLVT,(day)$^{-1}$)

DVS	DRLVT (day)$^{-1}$
۰/۰۰	۰/۰۰۰
۱/۰۰	۰/۰۰۰
۱/۳۱	۰/۰۳۵
۱/۶۴	۰/۰۶۷
۲/۰۰	۰/۰۷۹

سطح ویژه برگ در طول دوره رویش (SLA, ha/kg)

DVS	SLA(ha/kg)
۰/۰۰	۰/۰۰۳۲
۰/۶۴	۰/۰۰۲۶
۰/۸۴	۰/۰۰۲۱
۱/۸۲	۰/۰۰۱۱
۲/۰۰	۰/۰۰۰۷

فاکتور تفکیک زیست توده بین برگ ((-)FLV، ساقه ((-)FST و خوشه ((-)FSO در طول دوره رویش:

DVS	FLV(-)	FST(-)	FSO(-)
۰/۰۰	۰/۳۶۸	۰/۶۳۲	۰/۰۰۰
۰/۵۱	۰/۳۶۸	۰/۶۳۲	۰/۰۰۰
۰/۶۱	۰/۵۹۵	۰/۴۰۵	۰/۰۰۰
۱/۰۰	۰/۱۰۳	۰/۶۵۶	۰/۲۴۱
۱/۳۱	۰/۰۰۹	۰/۴۹۱	۰/۵۰۰
۱/۶۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
۲/۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰

در جدول (۱) می‌توان پارامترهای آماری که برای ارزیابی نتایج مدل ORYZA2000 بدست آمده را ملاحظه کرد. مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده، کارایی مدل و ضریب تبیین زیست توده برگ، ساقه، خوشه و کل در شرایط واسنجی مدل نشان از شبیه‌سازی مطلوب این پارامترها در طول فصل زراعی بوسیله مدل دارد. ریشه میانگین مربعات خطای زیست توده کل در شرایط واسنجی ۵۸۰ کیلوگرم بر هکتار و در اعتباریابی بین ۵۳۲-۸۷۱ کیلوگرم بر هکتار، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده زیست توده کل در واسنجی و اعتباریابی در محدوده ۱۴-۲۴ درصد و کارایی مدل بین ۹۳-۰/۹۸ محاسبه گردید. بومن و فان لار (۶) در تحقیقی مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده زیست توده برگ، ساقه، خوشه و کل در مقادیر کود نیتروژن، در شرایط واسنجی مدل را ۳۴، ۲۳، ۱۹ و ۱۳درصد محاسبه نمودند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: مقایسه نتایج شبیه سازی- اندازه گیری اجزای گیاهی در مدیریت های آبیاری

پارامتر		مدیریت آبیاری					
		واسنجی	اعتباریابی				
		غرقاب	محو شدن ۱ روز	محو شدن ۳ روز	محو شدن ۵ روز	دور ۵ روز	دور ۸ روز
RMSE	زیست توده برگ ($kgha^{-1}$)	۸۳	۸۲	۹۰	۱۴۱	۲۱۷	۲۴۶
	زیست توده خوشه ($kgha^{-1}$)	۲۳۴	۳۹۲	۳۶۹	۴۰۷	۳۹۶	۴۷۳
	زیست توده ساقه ($kg\ ha^{-1}$)	۴۵۳	۴۰۶	۴۳۸	۴۵۶	۲۹۱	۲۸۰
	زیست توده کل ($kg\ ha^{-1}$)	۵۸۰	۶۲۰	۷۶۱	۸۷۱	۵۵۵	۵۳۲
	LAI (-)	۰/۲۳	۰/۳۵	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۴۹
RMSE-N	زیست توده برگ ($kgha^{-1}$)	۱۴	۱۵	۱۸	۳۰	۴۳	۵۵
	زیست توده خوشه ($kgha^{-1}$)	۱۰	۲۱	۲۰	۲۴	۲۰	۲۴
	زیست توده ساقه ($kg\ ha^{-1}$)	۲۳	۲۲	۲۴	۲۷	۱۶	۱۷
	زیست توده کل ($kg\ ha^{-1}$)	۱۴	۱۶	۲۰	۲۴	۱۵	۱۴
	LAI (-)	۲۷	۴۷	۶۷	۶۹	۷۰	۷۰
R^2	زیست توده برگ ($kgha^{-1}$)	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۸۱
	زیست توده خوشه ($kgha^{-1}$)	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۴
	زیست توده ساقه ($kg\ ha^{-1}$)	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۸
	زیست توده کل ($kg\ ha^{-1}$)	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸
	LAI (-)	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۷	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۶۴
EF	زیست توده برگ ($kgha^{-1}$)	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۸	۰/۵۸	۰/۳۸
	زیست توده خوشه ($kgha^{-1}$)	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۲
	زیست توده ساقه ($kg\ ha^{-1}$)	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۹	۰/۹۶	۰/۹۶
	زیست توده کل ($kg\ ha^{-1}$)	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۸
	LAI (-)	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۰۴
CRM	زیست توده برگ ($kgha^{-1}$)	-۰/۰۰۷	-۰/۰۵	-۰/۰۹	-۰/۱۵	-۰/۲	-۰/۳
	زیست توده خوشه ($kgha^{-1}$)	-۰/۰۷۵	-۰/۰۱۴	-۰/۱۵	-۰/۱۷	-۰/۰۵۸	-۰/۰۸۲
	زیست توده ساقه ($kg\ ha^{-1}$)	-۰/۰۲	-۰/۰۷	-۰/۰۰۶	-۰/۰۷	-۰/۰۰۶	-۰/۱۱
	زیست توده کل ($kg\ ha^{-1}$)	-۰/۰۴۷	-۰/۰۹	-۰/۱۴	-۰/۱۷	-۰/۰۶۲	-۰/۰۵
	LAI (-)	۰/۰۲۱	-۰/۲	-۰/۳۰	-۰/۳۸	-۰/۳۲	-۰/۳۱

ریشه میانگین مربعات خطا زیست توده پانیکول در واسنجی در اعتباریابی در محدوده بین ۲۳۴-۴۷۳ کیلوگرم بر هکتار، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده زیست توده پانیکول در واسنجی و اعتباریابی بین ۱۰-۲۴ کارایی مدل۰/۹۲-۰/۹۶ محاسبه گردید. ریشه میانگین مربعات خطای زیست توده برگ در واسنجی ۸۳ کیلوگرم بر هکتار و در اعتباریابی بین ۸۲-۲۴۶ کیلوگرم بر هکتار، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده زیست توده برگ در واسنجی و اعتباریابی بین ۱۴-۵۵ درصد و کارایی مدل ۰/۳۸-۰/۹۴ محاسبه گردید. ریشه میانگین مربعات خطای زیست توده ساقه در شرایط واسنجی ۴۵۳ کیلوگرم بر هکتار و در

Archive of SID

www.SID.ir

اعتباریابی بین ۲۸۰-۴۵۶ کیلوگرم بر هکتار، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده زیست توده ساقه در واسنجی و اعتباریابی بین ۱۶-۲۴درصد و کارایی مدل بین ۰/۹-۰/۹۶ محاسبه گردید.

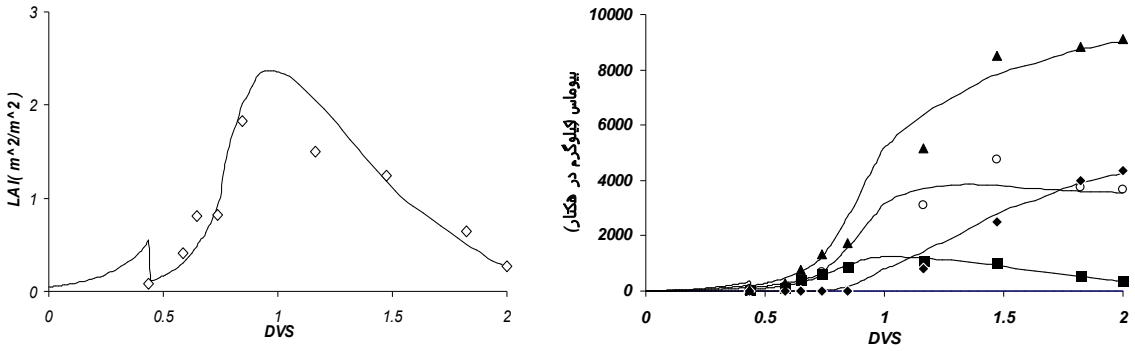
بومن و فان لار (۶) در تحقیقی مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده زیست توده برگ، ساقه، خوشه و کل در مدیریت کود نیتروژن، درشرایط اعتبارسنجی مدل را ۳۱، ۳۹، ۱۴ و ۲۵درصد محاسبه نمودند، همچنین ژیو و همکاران (۲۲) در شرایط تاثیر متقابل مدیریت آبیاری و کود نیتروژن، درشرایط اعتبارسنجی مدل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده زیست توده برگ، ساقه، خوشه و کل را ۲۹، ۲۵، ۳۲ و ۲۱ درصد بدست آوردند.

ریشه میانگین مربعات خطای شاخص سطح برگ در شرایط واسنجی ۰/۲۳ متر مربع برگ بر متر مربع زمین و در شرایط اعتباریابی ۰/۳۵-۰/۵۲ متر مربع برگ بر متر مربع زمین، خطای میانگین مجذور خطای نرمال شده شاخص سطح برگ در واسنجی و اعتباریابی ۷۰-۲۷ درصد و کارایی مدل بین ۰/۰۴- ۰/۸۵ بدست آمد، مقدار ضریب تبیین زیست توده کل در محدوده بین ۰/۴-۰/۹۸، زیست توده پانیکول بین ۰/۹۴-۰/۹۸، زیست توده برگ بین ۰/۸۱-۰/۹۵، زیست توده ساقه بین ۱۷-۲۷، شاخص سطح برگ بین ۰/۶۴-۰/۹۲ محاسبه گردید. مقدار ضریب تبیین برای زیست توده کل بین ۰/۹۴-۰/۹۸، زیست توده پانیکول بین ۰/۹۴-۰/۹۸، زیست توده برگ بین ۰/۸۱-۰/۹۵، زیست توده ساقه بین ۰/۹۲-۰/۹۸و شاخص سطح برگ بین ۰/۶۴-۰/۹۲ محاسبه گردید. نتایج تحقیق بولینگ و همکاران (۴)، بلدر و همکاران (۲) و بومن و فان لار (۶) مناسب بودن مدل ORYZA2000 را در شبیه سازی زیست توده کل و خوشه نشان می دهند، همچنین نتایج تحقیق بومن و فان لار (۶) شبیه سازی بیشتر شاخص سطح برگ را نشان داد.

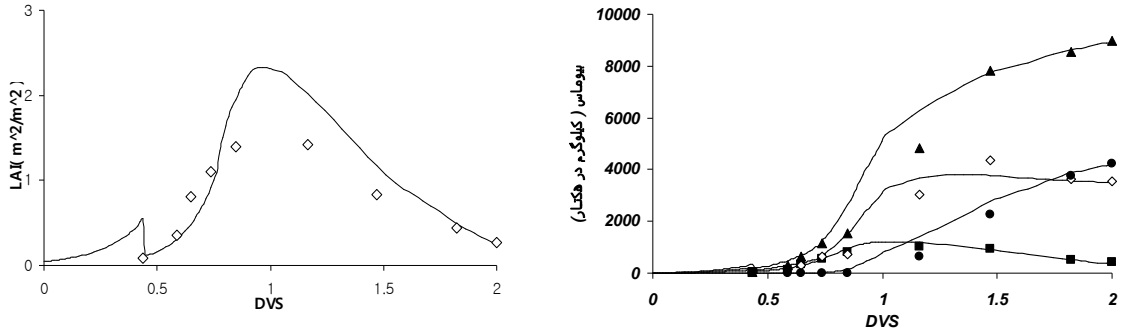
در شکل های۲ الی۷ می توان تغییرات شبیه‌سازی-اندازه‌گیری زیست توده کل، برگ، ساقه، پانیکول و شاخص سطح برگ را در مدیریت‌های آبیاری ملاحظه کرد، در شکل‌ها مقدار زیست توده کل، پانیکول، برگ، ساقه و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده به ترتیب با نمادهای ▲ ◆ ■ ○ ◊ نشان داده شده است. نتایج نشان از شبیه‌سازی بیشتر شاخص سطح برگ توسط مدل می دهد، علت آن را می‌توان استفاده از مقادیر ثابت سطح ویژه برگ، که پارامتر تعیین کننده برای شبیه‌سازی شاخص سطح برگ توسط مدل است، دانست. علی رغم تخمین بیش از حد شاخص سطح برگ، زیست توده کل نسبتاً خوب است، زیرا در شاخص سطح برگ بیشتر، اغلب میزان تابش محدود شده و افزایش شاخص سطح برگ به فتوسنتز کانوپی بیشتر منجر نشده است، شبیه سازی کمتر و بیشتر شاخص سطح برگ به ترتیب برای مدل‌های CERES (۱۸) و WOFOST (۱۷) برای برنج نیز گزارش شده است.

Archive of SID

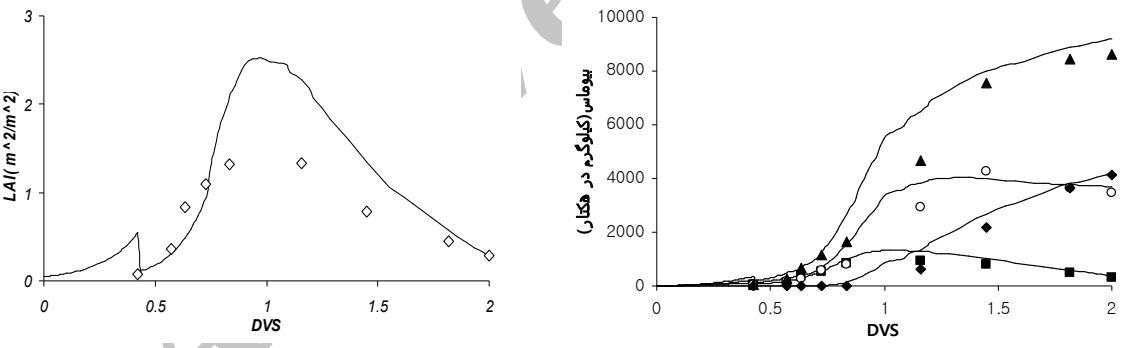
www.SID.ir



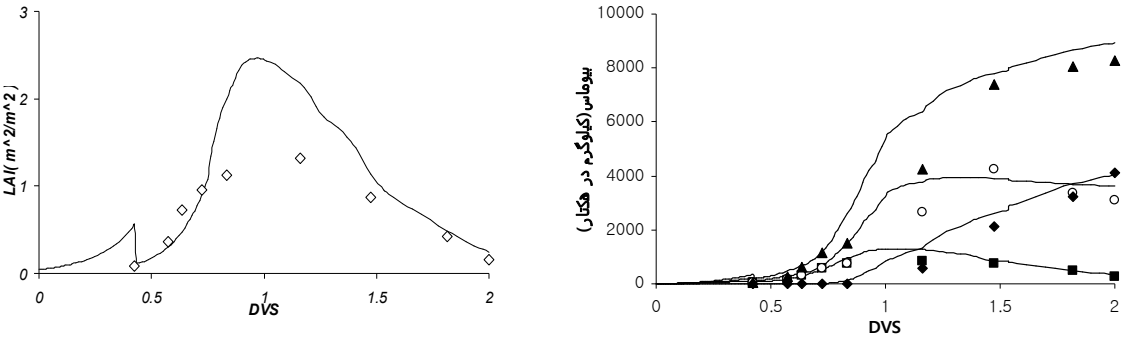
شکل۲: شبیه سازی واندازه گیری اجزای گیاهی تیمار آبیاری غرقاب



شکل۳: شبیه سازی و اندازه گیری اجزای گیاهی تیمار آبیاری محو شدن ۱ روز

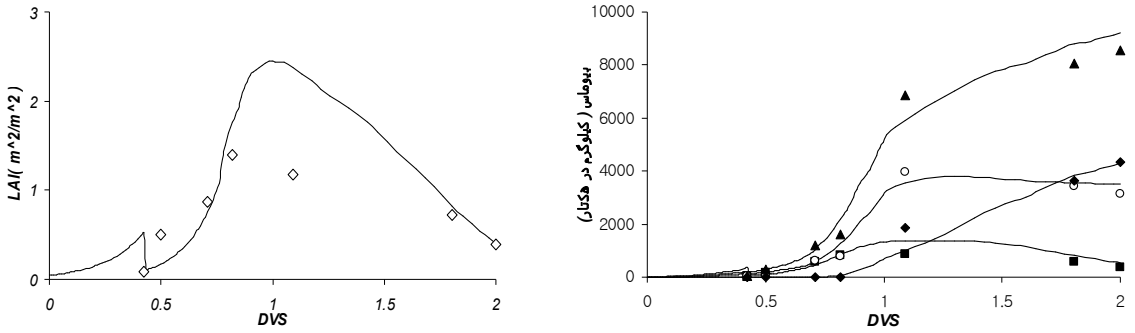


شکل۴: شبیه سازی و اندازه گیری اجزای گیاهی تیمار آبیاری محو شدن۳ روز

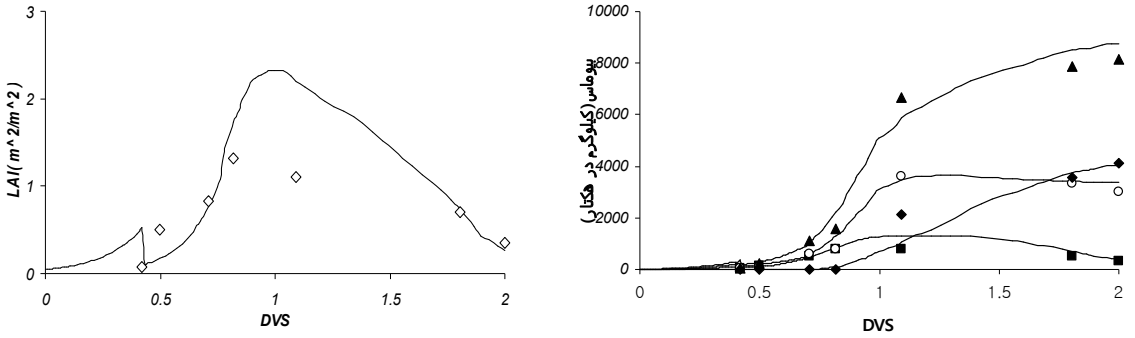


شکل۵: شبیه سازی و اندازه گیری اجزای گیاهی تیمار آبیاری محو شدن۵ روز

www.SID.ir



شکل۶: شبیه سازی و اندازه گیری اجزای گیاهی تیمار آبیاری با دور ۵ روز



شکل۷: شبیه سازی و اندازه گیری اجزای گیاهی تیمار آبیاری با دور ۸ روز

نتیجه‌گیری

در مدل‌های کشاورزی پدیده‌های واقعی، ساده‌سازی می‌شود بنابراین در استفاده از مدل‌ها به این نکته باید توجه شود که کیفیت نتایج مدل، کیفیت داده ورودی را نشان می‌دهد، در واقع یک مدل نتایج داده‌های ورودی را تشریح می‌کند. بنابراین انتخاب دقیق داده ورودی اهمیت دارد. همچون قانون کلی، نباید رشد محصول را بدون آزمایش شبیه‌سازی کرد. آزمایش برای واسنجی و اعتباریابی نتایج مدلسازی مورد نیاز است. دستیابی به پارامترهای نسبتاً ایده‌ال مانند ضریب تبیین ۱ ثابت نمی‌کند که مدل از لحاظ تئوریکی صحت دارد. ولی استفاده از بررسی گرافیکی و آماری داده‌ها مشاهده و شبیه‌سازی شده و اختلاف بین آن‌ها را می‌توان توصیه نمود، با استفاده از آزمایش‌های مزرعه‌ای تنها عدم صحت مدل‌ها مشخص می‌گردد، همچنین مقایسه‌های مکرر تایید بین شبیه‌سازی شده مدل و مقادیر واقعی، اعتمادی را نسبت به مناسب بودن مدل افزایش می‌دهد، بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته مدل ORYZA2000 در شبیه‌سازی زیست توده کل، خوشه، برگ وساقه از دقت مناسبی برخوردار است ولی شاخص سطح برگ را به خوبی شبیه‌سازی نمی‌کند.

سپاسگزاری

از ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان و معاونت محترم پژوهشی به دلیل حمایت-هایشان در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1. Bannayan, M.; Kobayashi, K.; Kim, H.; Lieffering, M.; Okada, M. and Miura, M., 2005. Modeling the interactive effects of atmospheric CO2 and N on rice growth and yield Field Crop Res. 93: 237–251.
2. Belder, P.; Bouman, B.A.M.; Spiertz, J.H.J. and Guoan, Lu., 2007. Exploring options for water savings in lowland rice using a modeling approach Agricultural Systems 92: 91–114.
3. Belder, P., 2005. Water saving in lowland rice productio: An experimental and modellong study. PhD thesis, Wageningen University.132 pp.
4. Boling, A.; Bouman, B.A.M.; Tuong, T.P.; Murty, M.V.R. and Jatmiko, S.Y. 2007. Increasing rainfed rice productivity in Central Java, Indonesia: a modeling approach using ORYZA2000. Agricultural Systems 92: 115–139.
5. Boling, A., Tuong, T.P.; Bouman, B.A.M. Murty, M.V.R. and Jatmiko, S.Y., 2000. Effect of climate, agrohydrology and management on rainfed rice production in Central Java, Indonesia: a modeling approach. In: Tuong TP, Kam SP, Wade L, Pandey S, Bouman BAM, Hardy B, editors. Characterizing and understanding rainfed environmnets. Proceedings of the International Workshop on Characterizing and Understanding Rainfed Environments, 5-9 December 1999, Bali, Indonesia. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. pp 57-74.
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. Bouman, B.A.M.; Krop, M.J.; Tuong, T.P.; Wopereis, M.C.S.; Ten Berge, H.F.M. and Van Laar, H.H., 2001. ORYZA2000: Modelling Lowland Rice. International Rice Research Institute, Wageningen University and Research Centre, Los Ban os, Philippines, Wageningen, Netherlands. 235 p.
8. 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.
9. Fukai, S.; Rajatasereekul, S.; Boonjung, H. and Skulkhu, E., 1995. Simulation modelling to quantify the effect of drought for rainfed lowland rice in Northeast Thailand. In: Fragile lives in fragile ecosystems.
10. Gauch, H.G.; Hwang, J.T.G. and Fick, G.W., 2003. Model evaluation by comparison of model-based predictions and measured values. Agronomy Journal 95, 1442–1446.
11. Horie, T.; Nakagawa, H.; Centano, H.G.S. and Krop , M.J., 1995. The rice crop simulation model SIMRIW and its testing. In: Matthews, R.B., Krop , M.J., Bachelet, D., Van Laar, H.H. (Eds.), Modelling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia. CAB International, Wallingford, UK, pp. 51–66.
12. Kobayashi, K. and Salam, M.U., 2000. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. Agronomy Journal 92, 345–352.
13. Kropff, M.J.; Van Laar, H.H. and Matthews, R.B., editors. 1994. ORYZA1: an ecophysiological model for irrigated rice production. SARP Research Proceedings. Wageningen (Netherlands): IRRI/AB-DLO. 110 p.
14. Matthews, R.B. and Hunt, L.A., 1994. A model describing the growth of cassava (Manihot esculenta L. Crantz). Field Crops Res. 36:69-84.
15. McMennamy, J.A. and Toole, J.C., 1983. RICEMOD: a physiologically based rice growth and yield model. IRRI Research Paper Series 87. Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute, 33 pp.
16. 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

Archive of SID

www.SID.ir

Monographs, Pudoc, Wageningen, The Netherlands. p. 114-135.
17. Roetter, R.; Hoanh, C.T. and Teng, P.S., 1998. A systems approach to analyzing land use options for sustainable rural development in South and Southeast Asia. IRRI Discussion Paper Series 28. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, p. 110.
18. Timsina, J. and Humphreys, E., 2003. Performance and application of CERES and WAGMAN Destiny models for rice-wheat cropping systems in Asia and Australia: a review. CSIRO Land and Water Technical Report 16/03. CSIRO Land and Water, Gri th, NSW 2680, Australia, p. 57.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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. Irrig Sci. 26 (6), 459-474.

Archive of SID

www.SID.ir