Archive of SID

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۳، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۱۷۶-۱۶۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 13, Apr.-May. 2019, p. 165-176

ارزیابی بیلان و بهره‌وری آب برنج تحت مدیریت‌های آبیاری و تراکم کاشت با استفاده از مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000

حسن ابراهیمی‌راد[۱]، حسین بابازاده[۲]، ابراهیم امیری[۳*]، حسین صدقی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۲۴

چکیده

هدف از این مطالعه ارزیابی مدل‌های ORYZA2000 و Ceres-Rice برای تعیین اختلاف بین عملکرد بالقوه قابل حصول و عملکرد واقعی کشاورزان و بررسی دلایل آن در مدیریت‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف کشت برنج می‌باشد. این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه کوشال- لاهیجان واقع در شمال ایران در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل غرقاب =I_1، اشباع =I_2، آبیاری با دور ۸ روز تا گلدهی =I_3، آبیاری با دور ۸ روز بعد از گلدهی =I_4، آبیاری با دور ۸ روز در کل دوره رشد =I_5 و تراکم شامل ۱۵×۱۵=D_1، ۲۰×۲۰=D_2 و ۲۵×۲۵=D_3 سانتی‌متر بودند. ارزیابی عملکرد و بیوماس شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده با استفاده از ضریب همبستگی سازگاری و میانگین مربعات خطای مطلق و نرمال شده (RMSE) بود. مدل ORYZA2000 عملکرد دانه را در مقایسه با مدل Ceres-Rice با دقت بیش‌تری برآورد کرد (RMSE = ۵۳۳ و RMSEn٪ =۱۴). مقادیر برآورده شده و پیش‌بینی شده تیمار I_3D_2 در مراحل واسنجی و ارزیابی همبستگی خوبی داشت. به‌طور متوسط اجزای بهره‌وری آب مبتنی بر آبیاری، تبخیر و تعرق و مجموع تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی (WP_I، WP_{I+R}، WP_{ET}، WP_T و WP_{ETQ})، به ترتیب ۱/۰۹، ۰/۹۰، ۱/۰۰، ۱/۵۹، ۰/۷۹، کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی: برنج، بهره‌وری آب، تراکم کاشت، مدیریت آبیاری، مدل گیاهی

مقدمه

گیاه برنج با سطح زیرکشت حدود ۵۵۰ هزار هکتار از نظر اهمیت دومین غله مهم خوراکی بعد از گندم در ایران می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود نیاز کشور به برنج در آینده نزدیک معادل ۴ میلیون تن خواهد بود (Wailes and Chavez., 2012). ضرورت آب برای برنج بیش‌تر از نباتات دیگر است و مقدار آن برگرفته از رقم برنج، مرحله رشد، طول مرحله رشد، تراکم بوته و حتی روش کشت و شرایط آب و هوایی است. ایران منطقه‌ای با بارندگی سالانه ۲۴۰ میلیمتر و با ۰/۵۷ میلیون هکتار سطح زیر کشت است (Amiri et al., 2011). تولید داده‌های جدید از طریق روش‌های تحقیقاتی زراعتی، نقش موثری در اتخاذ تصمیمات منطقه‌ای برای دست‌یابی به کشاورزی پایدار خواهد داشت، اما زمان‌بر بودن و بالا بودن هزینه‌های میدانی از یک سو و عدم امکان بررسی سناریوهای موجود از سوی دیگر موجب شده است که تصمیم‌گیری‌های کارآمد بر اساس این پژوهش‌ها با چالش مواجه گردد. در این راستا مدل‌های اگروهیدرلوژی می‌توانند، به‌عنوان ابزار مناسبی برای شناخت فرآیندهای بیوفیزیکی حاکم بر سیستم خاک- گیاه- اتمسفر مورد استفاده قرار گرفته و زمینه تدوین و تبیین الگوی بهینه مصرف آب را فراهم نمایند؛ بنابراین استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی راه‌کاری است که امکان بررسی بیلان آبی، شبیه سازی فرآیند رشد و مطالعه سناریوهای مختلف مدیریتی را فراهم می نماید (Bannayan and Hoogenboom., 2009). به‌منظور برآورد تعادل آب - خاک میزان نفوذ، رواناب، زهکشی و تبخیر و تعرق را محاسبه می‌کنند. اما هر یک از مدل‌ها نقاط ضعف و قوتی دارند که ریشه در برخی روابط جزیی مدل دارد. به منظور یافتن علت تفاوت‌ها و میزان ضعف و قوت مدل‌های ORYZA2000 و Ceres-Rice محققین ضمن شبیه‌سازی پاسخ برنج به مدیریت‌های مختلف آبیاری و نیتروژن مدل‌های مذکور را واسنجی نموده‌اند Amiri et al., (2011). بهره‌وری آب کشاورزی به طور مستقیم بر تولید محصول

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی
۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی
۳- استاد گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان
۴- استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آب
(* - نویسنده مسئول: Email: eamiri57@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر می‌گذارد؛ بنابراین، روش‌های مختلف مدیریت آب برای تولیدکنندگان برنج برای به حداقل رساندن استفاده از آب و حفظ عملکرد بهینه، توسعه یافته است (Pascul., 2016). دواتگر و همکاران گزارش دادند که تنش خشکی شدید در اواسط دوره پنجه‌زنی موجب تاخیر در گلدهی و باعث کاهش قابل ملاحظه عملکرد محصول توسط تعداد زیادی از دانه‌های پر نشده می‌شود. هرگونه تنش رطوبتی باعث افزایش مقاومت روزنه‌ای شده و کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد. در چنین مواقعی تلفات آب در اثر تعرق بیش‌تر از فتوسنتز کاهش یافته که نتیجه آن بالا رفتن کارآیی مصرف آب خواهد بود (Davatgar et al., 2009).

تاری و همکاران (Tari et al., 2017) از مدل ORYZA2000 و سینگ و همکاران (Singh et al., 2016) از مدل Ceres-Rice برای تعیین اختلاف بین عملکرد بالقوه قابل حصول و عملکرد واقعی کشاورزان و بررسی دلایل آن استفاده کردند. مدل Ceres-Rice در تحقیقات زیادی هم‌چون مدیریت‌های کودی و آبی، مدیریت تاریخ کشت، تناوب زراعی، تاثیر آب و هوا و تغییر اقلیم استفاده شده است (Hoogenboom et al., 2015). به‌منظور تعیین اثر تراکم کاشت بر بهره‌وری آب محصول برنج هاشمی آزمایشی در قالب طرح کرت‌های خرد شده با سه فاصله بوته (۲۰ ×۲۰، ۱۵ × ۱۵ و۱۰ × ۲۰) سانتی‌متر و چهار رژیم مختلف آبیاری (غرقاب دایم به عنوان شاهد و ۱۰۰ ٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ تبخیر از تشت) انجام شد که بهترین عملکرد بر اساس نتایج مدل ORYZA2000 در آبیاری ۷۵ درصد تبخیر از تشت و مدیریت تراکم کاشت (۲۰ ×۲۰) سانتی‌متر گزارش گردید (Amiri et al., 2011) . بابائیان و همکاران پژوهشی در موسسه تحقیقات برنج رشت واقع در شمال ایران انجام دادند و با استفاده از نتایج مدل ORYZA2000 به این نتیجه رسیدند که تغییر روش آبیاری غرقاب، منجر به کاهش تلفات آب می‌شود؛ آن‌ها در تحقیق خود مقدار WP_{ET} را برای برنج‌های علی‌کاظمی، درفک و هیبرید به طور متوسط متوسط ۰/۹۱ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب تبخیر و تعرق محاسبه کردند (Babaeian et al., 2015). عباسی و سپاس‌خواه بر روی ارقام برنج در ایران در شرایط آبیاری غرقاب و آبیاری نوبتی مقدار بهره‌وری آب مبتنی بر آب آبیاری (WP_I) در محدوده ۰/۰۹-۰/۵۲ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آبیاری گزارش کردند (Abbasi and Sepaskhah., 2011).

تحقیق حاضر برای کالیبراسیون و واسنجی مدل‌های ORYZA2000و Ceres-Rice و ارزیابی اجزای بیلان و بهره‌وری در مدیریت‌های مختلف آبیاری و تراکم‌های مختلف، با داده‌های تجربی برای برنامه‌های کاربردی بیش‌تر بدون استفاده از آزمایش‌های بیش‌تر انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بر روی برنج رقم هاشمی طی فصل‌های زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۳ در منطقه کوشال- لاهیجان واقع در شمال ایران انجام شد. ارتفاع محل از سطح دریا ۳- متر می‌باشد و در "۱۴ '۳ °۳۷ عرض شمال "۱۴ '۱ °۵۰ طول شرقی قرار دارد. تیمارهای آبیاری در پنج سطح غرقاب =I_1، اشباع =I_2، آبیاری با دور ۸ روز تا گلدهی =I_3، آبیاری با دور ۸ روز بعد از گلدهی =I_4، آبیاری با دور ۸ روز در کل دوره رشد =I_5 و تراکم در سه سطح ۱۵×۱۵=D_1، ۲۰×۲۰= D_2 و ۲۵×۲۵=D_3 سانتی‌متر بودند. هر کرت آزمایشی به طول ۹/۲ متر و عرض ۳ متر در نظر گرفته شد. پس از انتقال نشاها به زمین اصلی، کرت‌ها به مدت ۱۰ روز تمام غرقاب دایم نگه داشته شدند تا نشاها استقرار یابند. پس از آن، مدیریت آبیاری در کرت‌ها بر مبنای برنامه اعمال شد.

تیمار I_1 به صورت غرقاب و تیمار I_2 به صورت اشباع بودند. تیمار I_3 تا قبل از گلدهی بصورت ۸ روز یک‌بار و بعد از آن بصورت غرقاب آبیاری شد. تیمار I_4 تا قبل از گلدهی بصورت دو تا سه روز در میان آبیاری و بعد از آن بصورت ۸ روز یک‌بار آبیاری شد. تیمار I_5 کاملا بصورت ۸ روز یک‌بار آبیاری شد. قابل ذکر است که مدیریت آبیاری با تناوب ۸ روز (امیری و رضایی، ۱۳۹۱) بر اساس دوره تناوب متناسب با رشد گیاه برنج، با بهره‌مندی از مدیریت بهینه آب در شرایط تنش خشکی و در راستای مقابله با خسارت ناشی از تنش آبی بر عملکرد برنج هاشمی اجرا گردید.

خاک محل آزمایش برای کشت برنج مناسب و بافت آن لوم‌رسی شنی بود. اطلاعات خاک‌شناسی مزرعه با برداشت نمونه از خاک و تجزیه فیزیکی و شیمیایی آن به‌دست آمد (جدول۱). جدول۲ اطلاعات زراعی محل انجام طرح را نشان می‌دهد. هم‌چنین برای اجرای مدل‌ها از اطلاعات هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ایستگاه لاهیجان) استفاده گردید (شکل۱ و ۲).

۲۰ روز اول بصورت غرقاب آبیاری شد. کود اوره، پتاس و فسفات هر کدام به میزان۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه استفاده شد. کود اوره به مقدار ۶۰ کیلوگرم به‌صورت سرک یک ماه بعد از مرحله پایه مصرف شد. بذرپاشی در محیط خزانه در اوایل اردیبهشت ماه و نشاکاری تیمارها در اوایل خردادماه انجام گرفت. پس از رسیدگی و برداشت خوشه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه در داخل آون برای خشک شدن قرار داده شدند.

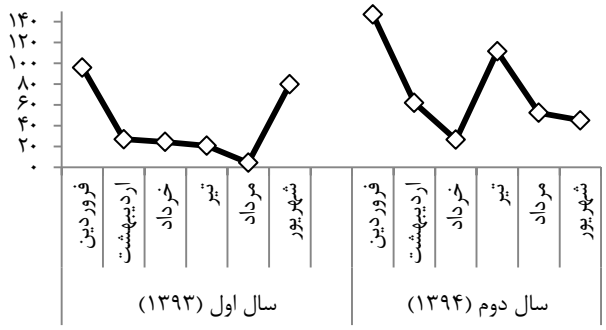
توصیف مدل Ceres-Rice

Ceres-Rice مدلی برای رشد گیاه برنج است. مدل شامل پارامترهای زیادی می‌باشد که فرآیندهای مربوط به گیاه زراعی و

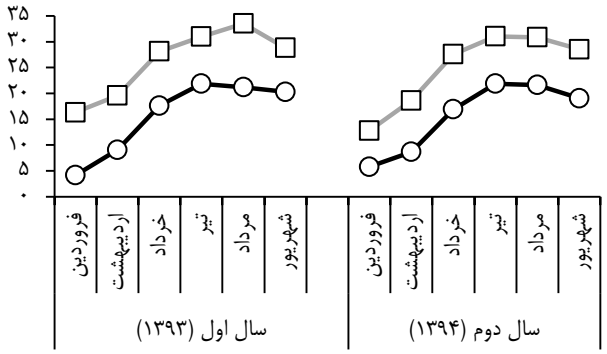
www.SID.ir

Archive of SID

خاک را توصیف و مشخص می‌کنند که شماری از آن‌ها باید توسط آزمایشات مزرعه‌ای تخمین و اندازه‌گیری شوند. مدل Ceres-Rice می‌تواند به طور گسترده برای تعیین این‌که چگونه شرایط محیطی، تصمیمات مدیریتی و ژنتیک گیاه با یکدیگر برهمکنش داشته و چگونه رشد و نمو گیاه برنج را تحت‌تاثیر قرار می‌دهند مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱- بارش ماهانه در دوره‌های رشد برنج در فصل‌های رشد



شکل ۲ - حداقل و حداکثر دمای هوا (°C) ماهانه

جدول ۱- مشخصات فیزیکی، شیمیایی و پارامترهای ون‌گنوختن لایه‌های خاک محل آزمایشگاه قبل از کاشت محصول برنج

ویژگی‌های خاک	عمق(cm)				
	۵۰-۴۰	۴۰-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۱۰	۱۰-۰
بافت					
شن (%)	۱۱	۹	۱۷	۱۴	۱۸
سیلت (%)	۴۲	۴۴	۳۹	۳۹	۳۹
رس (%)	۴۷	۴۷	۴۴	۴۷	۴۷
چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۴۱	۱/۴۲	۱/۴	۱/۴	۱/۴۵
رطوبت اشباع	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹۲	۰/۳۹۲
رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی (0.01 MPa)	۰/۲۰۹	۰/۲۰۹	۰/۲۰۹	۰/۲۰۴	۰/۲۰۴
رطوبت در نقطه پژمردگی (1.5 MPa)	۰/۳۴۵	۰/۳۴۵	۰/۳۴۵	۰/۳۴	۰/۳۴
هدایت هیدرو لیکی اشباع ($cm\ day^{-1}$)	۱۱/۷۹	۰/۴۰	۳۰/۷۹	۵۷/۵۴	۵۷/۵۴
PH	۷/۰۸	۷/۲۶	۷/۲۳	۷/۱۵	۷/۰۵
ظرفیت تبادل کاتیونی ($meq\ 100\ g^{-1}$)	۳۱	۳۱	۳۲	۳۳	۳۳
کربن آلی (%)	۲/۷۶	۲/۲۵	۲/۵۴	۲/۷۲	۲/۳۰
نیتروژن کل (%)	۰/۰۷۴	۰/۰۷۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۹
فسفر قابل جذب (ppm)	۳/۲	۵/۲	۷/۳	۱۰/۱	۸/۷
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۱۶۱	۱۸۵	۱۷۶	۱۹۵	۲۲۵
α (cm^{-1})	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱
N	۱/۲۸۷	۱/۲۸۶	۱/۲۸۷	۱/۲۹۲	۱/۲۸۹
Λ	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵

جدول ۲- اطلاعات زراعی در دو سال مختلف اجرای آزمایش

سال زراعی	تاریخ شخم زمین	تاریخ کرت‌بندی	تاریخ کودپاشی	تاریخ نشاکاری	تاریخ گل‌دهی	تاریخ کود سرک	تاریخ برداشت	کل طول دوره رشد- روز
۱۳۹۳	۹۳/۳/۶	۹۳/۳/۹	۹۳/۳/۱۴	۹۳/۳/۱۲	۹۳/۵/۱۴	۹۳/۴/۱۵	۹۳/۶/۱۴	۹۵
۱۳۹۴	۹۴/۳/۶	۹۳/۳/۱۰	۹۴/۳/۱۴	۹۴/۳/۱۳	۹۴/۵/۱۵	۹۴/۴/۱۵	۹۳/۶/۱۹	۹۹

www.SID.ir

Archive of SID

این مدل اصول مربوط به تعادل کربن، نیتروژن و آب را برای شبیه‌سازی فرآیندهای روزانه مورد استفاده قرار می‌دهد. سپس، عملکرد نهایی برنج برای دوره رشد شبیه‌سازی شده در تاریخ برداشت محاسبه می‌گردد. مدل نمو ریشه، رشد، پیری برگ و ساقه، تجمع بیوماس و تقسیم آن بین ریشه و اندام‌هوایی، شاخص سطح برگ، و رشد ریشه، ساقه، برگ و دانه را شبیه‌سازی می‌کند. مدل دمای خاک، دسترسی آب در خاک، انتقال نیترات و تغییرات کربن و نیتروژن خاک را به خوبی محاسبه می‌کند. پتانسیل گیاه برای تولید ماده خشک تابعی از تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده به‌وسیله پوشش سبز می‌باشد (Hoogenboom et al., 2003).

توصیف مدل ORYZA2000

مدل ORYZA2000، رشد و نمو گیاه برنج را در شرایط عملکرد پتانسیل و محدودیت آبی شبیه‌سازی می‌کند. مدل توانایی برآورد عوامل آب‌شناختی (تبخیر، تعرق و تلفات عمقی) را در شرایط مزرعه دارد. از این مدل جهت بررسی مقدار روزانه جذب CO_2 توسط کانوپی، بر اساس میزان تابش روزانه، دما و شاخص سطح برگ استفاده می‌شود. میزان جذب روزانه بر اساس ترکیب مقدار جذب CO_2 توسط برگ طی روز و در تمامی لایه‌های برگ در کانوپی محاسبه می‌گردد که بر اساس میزان جذب، کربوهیدرات تولید شده در میان ریشه‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها، خوشه تقسیم می‌شود. تاثیر خشکی بر گیاه شامل: لوله شدن برگ، عقیم شدن سنبلک‌ها، کاهش توسعه برگ، تغییر الگوی تخصیص ماده خشک، افزایش عمق ریشه، تاخیر توسعه دوره رویشی، افزایش پیری برگ و کاهش میزان فتوسنتز در مدل محاسبه می‌شود. در مدل دوره رشد و نمو برنج بر اساس زمان-گرما به چهار مرحله فنولوژیک تقسیم می‌شود: ۱- دوره رشد رویشی پایه ۲- دوره رشد حساس به نور، ۳- دوره تشکیل خوشه ۴- دوره پرشدن دانه (Bouman et al., 2001).

معیارهای ارزیابی نتایج مدل

مدل‌های ORYZA2000 و Ceres-Rice با استفاده از مجموعه داده‌های آزمایشات سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ واسنجی و اعتبارسنجی شد. با توجه به این‌که هیچ کدام از پارامترهای مدل بر اساس این دو سال آزمایش کالیبره نشده است، ارزیابی عملکرد مدل می‌تواند به عنوان اعتبار واقعی مورد توجه قرار گیرد (Akponikpe et al., 2010). ترکیبی از اقدامات گرافیکی و آماری می‌تواند نشان دهد که چگونه در یک مدل شبیه‌سازی انجام می‌شود (Bouman and Van Lar., 2006). اقدامات به شرح زیر محاسبه شده است: در رابطه ۱ و ۲، S_i و O_i به ترتیب مقادیر معادلات عملکرد نسبی و مشاهده شده هستند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^n (S_i - O_i)^2}{n}} \quad (۱)$$

$$RMSE_n = 100 \left({\sum_1^n (S_i - O_i)^2}/{n} \right)^{0.5} \Big/ \bar{O} \quad (۲)$$

یک مدل اطلاعات تجربی را کاملا درست شبیه‌سازی می‌کند وقتی که α نزدیک به ۱، β نزدیک به ۰، R2 نزدیک به ۱، RMSEa شبیه به SD مقدار اندازه‌گیری شده و RMSEn مشابه ضریب تغییر (CV) مقادیر اندازه‌گیری شده باشد.

بیلان و بهره‌وری آب

در این تحقیق معادله بیلان آب در طول فصل زراعی به صورت رابطه ۳ در نظر گرفته شد.

$$I + R = E + T + D \pm \Delta W \quad (۳)$$

که اجزای آن شامل I: آبیاری، R: بارندگی، E: تبخیر واقعی، T: تعرق واقعی، Q: نشت و نفوذ عمقی و ΔW: تغییرات آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه، می‌باشد؛ لازم به ذکر است که E، T، Q و ΔW از خروجی‌های مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000 بوده و برای محاسبه اجزای بهره‌وری آب در روابط ۴ تا ۸ استفاده شد (Singh et al., 2006).

$$WP_T = \frac{Y_g}{T} \quad (۴)$$

$$WP_{ET} = \frac{Y_g}{E + T} \quad (۵)$$

$$WP_I = \frac{Y_g}{I} \quad (۶)$$

$$WP_{I+R} = \frac{Y_g}{I + R} \quad (۷)$$

$$WP_{ETQ} = \frac{Y_g}{E + T + Q} \quad (۸)$$

در روابط فوق WP_I ، WP_{I+R}، WP_{ET}، WP_T و WP_{ETQ} اجزای بهره‌وری آب، Y_g: مقدار عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، T: مقدار تعرق واقعی (مترمکعب)، E: مقدار تبخیر (مترمکعب)، Q: مقدار نفوذ عمقی(مترمکعب)، و I: مقدار آبیاری (مترمکعب) می‌باشد.

نتایج و بحث

ارزیابی مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000

ضرایب ژنتیکی به دست آمده برنج هاشمی از کالیبراسیون مدل-های Ceres-Rice و ORYZA2000 به ترتیب در جداول ۳ و ۴ آمده است.

قابلیت استفاده از مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000 در سال‌های مختلف برای شبیه‌سازی عملکرد و بیوماس در شکل ۳ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ضرایب ژنتیکی مدل Ceres-Rice مشاهده شده برای رقم طارم هاشمی

پارامترها	توصیف	ضریب
P1	مدت زمان (به ترتیب به عنوان روز رشد درجه (در GDD °C) در بالاتر از دمای پایه ۹ درجه سانتی‌گراد از ظهور نهال است که طی آن گیاه برنج به تغییرات دوره فوتونی پاسخ نمی‌دهد.	۳۲۰
P20	دوره نوردهی بحرانی یا طولانی‌ترین طول روز (در ساعت) که در آن توسعه با حداکثر سرعت رخ می‌دهد.	۵/۰
P2R	محدوده‌ای توسعه مرحله‌ای منجر به تاخیر در شروع خوشه‌دهی (به عنوان در GDD °C بیان می‌شود) برای افزایش هر ساعت در فتوپریود بالاتر از P20.	۱۳/۵
P5	دوره زمانی (در GDD °C) از ابتدای بسته شدن دانه (۳ تا ۴ روز پس از گلدهی) تا بلوغ فیزیولوژیکی با دمای پایه ۹°C.	۲۴۰/۰
G1	به عنوان تخمینی از تعداد شمعدانی در هر گرم وزن خالص اصلی (کم‌تر تیغه‌های سر و غلاف به علاوه سنبله‌ها) در زمان گل‌دهی تخمینی محاسبه شد.	۵۵/۲
G2	وزن تک‌دانه (گرم) در شرایط ایده‌آل رشد، به عنوان مثال، نور، آب و مواد مغذی بدون محدودیت و عدم وجود آفات و بیماری‌ها.	۰/۰۲۰
G3	ضریب تیلرینگ (ارزش اسکالر) نسبت به رقم IR64 در شرایط ایده‌آل	۱/۰۰
G4	رطوبت درجه حرارت. معمولا ۱،۰ برای گونه‌های رشد شده در محیط‌های عادی	۱/۰۰

جدول ٤- ضرایب ژنتیکی مدل ORYZA2000 مشاهده شده برای رقم طارم هاشمی

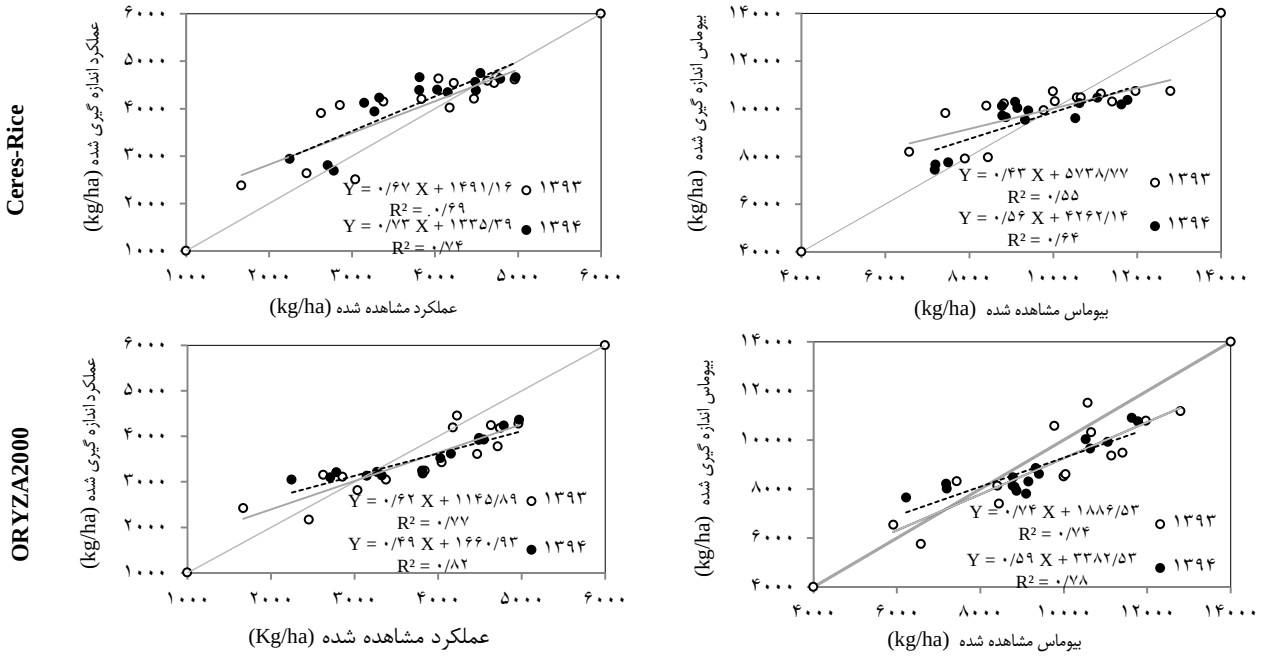
توصیف	ارزش	واحد
دمای پایه زیر که توسعه محصول پیشرفت نمی‌کند	**۸**	**◦C**
نرخ رشد در مرحله ی ابتدایی رشد	۰/۰۰۰۵۸۹	$(\circ C day)^{-1}$
نرخ رشد در فاز حساس فتوپریود	۰/۰۰۰۶۷۸	$(\circ C day)^{-1}$
نرخ توسعه در توسعه خوشه	۰/۰۰۱۲۵۶	$(\circ C day)^{-1}$
نرخ رشد در مرحله تولید مثل	۰/۰۰۱۹۹۰	$(\circ C day)^{-1}$
حداکثر نرخ رشد نسبی سطح برگ	۰/۰۰۷۰	$(\circ C day)^{-1}$
حداکثر وزن دانه فردی	۰/۰۰۰۲۴۸	kg grain
حداقل سرعت رشد نسبی سطح برگ	۰/۰۰۴۰	$(\circ C day)^{-1}$
کسر ذخایر ساقه	۰/۴۴۴	—
سطح برگ مخصوص	[DVS, SLA]: ۰/۰۰, ۰/۰۰۴۵; ۰/۱۶, ۰/۰۰۴۵; ۰/۵۰, ۰/۰۰۳۳; ۰/۶۵, ۰/۰۰۲۸; ۱/۰۰, ۰/۰۰۲۴; ۱/۳۷, ۰/۰۰۲۳; ۲/۵۰, ۰/۰۰۲۳	ha leaf kg
نسبت ماده خشک کل به اندام‌هوایی	[DVS, FSH]: ۰/۰, ۰/۰۰; ۰/۵۰, ۰/۲۶۵; ۰/۷۵, ۰/۹۶۰; ۱/۰۰, ۰/۹۳۱; ۱/۲۰, ۱/۰۰; ۲/۵۰, ۱/۰۰	—
نسبت ماده خشک اندام‌هوایی به برگ	[DVS, FLV]: ۰/۰, ۰/۶۰; ۰/۵۰, ۰/۶۰; ۰/۷۵, ۰/۳۰; ۱/۰۰, ۰/۰۰; ۱/۲۰, ۰/۰۰; ۲/۵۰, ۰/۰۰	—
نسبت ماده خشک اندام‌هوایی به ساقه	[DVS, FST]: ۰/۰۰, ۰/۴۰; ۰/۵۰, ۰/۴۰; ۰/۷۵, ۰/۷۰; ۱/۰۰, ۰/۴۰; ۱/۲۰, ۰/۰۰; ۲/۵۰, ۰/۰۰	—
نسبت ماده خشک اندام‌هوایی به خوشه	[DVS, FSO]: ۰/۰۰, ۰/۰۰; ۰/۵۰, ۰/۰۰; ۰/۷۵, ۰/۰۰; ۱/۰۰, ۰/۶۰; ۱/۲۰, ۱/۰۰; ۲/۵۰, ۱/۰۰	—
سرعت پیر شدن برگ‌ها	[DVS, DRLVT]: ۰/۰, ۰/۰; ۰/۶, ۰/۰۰۵; ۱/۰, ۰/۰۱۵; ۱/۶, ۰/۰۲۵; ۲/۱, ۰/۰۵۰; ۲/۵, ۰/۰۵۰	—

جدول ۵ نتایج ارزیابی مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000 را با آماره‌های سنجش خطا به تفکیک مراحل کالیبراسیون و اعتبارسنجی نشان می‌دهد. در هر دو مدل شبیه‌سازی عملکرد، وزن کاه و کلش، بیوماس و شاخص برداشت بسیارخوب است و مقادیر خطای مطلق و نرمال شده در مرحله اعتبارسنجی کاهش یافت. مدل Ceres-Rice با RMSEa مشابه با انحراف‌معیار و RMSEn مشابه ضریب تغییرات داده‌های اندازه‌گیری شده، پیش‌بینی و باز تولید داده‌های آزمایشی خوبی را داشت. در مدل ORYZA2000 برای زیست توده، شیب نزدیک‌تر به ۱ و β کوچک‌تر بود، که نشان‌گر برآورد کلی ارزش‌های شبیه شده می‌باشد. نتایج نشان داد که در مدل ORYZA2000 عملکرد دانه پیش‌بینی شده با نتایج مشاهده شده (RMSEa = ۵۳۳ و RMSEn = ۱۴/۲) بیش‌تر موافق بود. هم‌چنین در مدل ORYZA2000، وزن کاه و کلش (R^2 =۰/۷۱)، بیوماس (R^2 =۰/۷۶) و شاخص برداشت (R^2 ۰/۶۶ =) به‌خوبی شبیه‌سازی شد. درهر دو مدل، مقدار خطا در مرحله اعتبارسنجی کاهش یافت که دلیلی بر قبول نتایج مدل می‌باشد .هم‌چنین در این مدل‌ها آزمون تی P(t) بیش‌تر از ۰/۰۵ است که می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری بین داده‌های شبیه‌سازی

www.SID.ir

Archive of SID

شده و اندازه‌گیری شده نیست. میانگین مربعات خطا از انحراف معیار مقادیر واقعی می‌بایست کم‌تر باشد. امیری و همکاران در تحقیقی به‌منظور بررسی اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری و نیتروژن نشان دادند که مدل ORYZA2000 از دقت کم‌تری در برآورد عملکرد (RMSEn =۲۳٪) در مقایسه با مدل Ceres-Rice (RMSEn ۱۶ =٪) برخوردار است؛ هم‌چنین این محققین گزارش کردند که مدل ORYZA2000 از دقت کم‌تری در برآورد بیوماس (RMSEn ۲۱ =٪) در مقایسه با مدل Ceres-Rice (RMSEn =۱۹٪) برخوردار است (Amiri et al., 2011)



شکل ۳- قابلیت استفاده از مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000 برای شبیه‌سازی عملکرد و بیوماس برنج در مدیریت‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف

بیلان آب

مقادیر بیلان آب در مدیریت‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف در جدول ۶ نشان داده شده است. در این مطالعه از نتایج مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000 برای بررسی بهره‌وری آب و اجزای بیلان آب در گزینه‌های مدیریتی تراکم و آبیاری استفاده گردید. نتایج مدل Ceres-Rice نشان داد که مقدار تبخیر (E) ۳۶- ۴۵ درصد مقدار تبخیر و تعرق (ET) می‌باشد؛ در حالی‌که نتایج مدل ORYZA2000 نشان داد که مقدار تبخیر (E) ۲۴- ۴۰ درصد مقدار تبخیر و تعرق (ET) می‌باشد. بررسی مقدار تعرق توسط مدل Ceres-Rice در مدیریت‌های آبیاری و فاصله کاشت نشان داد که مقدار تعرق در محدوده ۱۷۸- ۲۱۷ میلی‌متر متغیر است؛ در حالی‌که بررسی مقدار تعرق توسط مدل ORYZA2000 در مدیریت‌های آبیاری و فاصله کاشت نشان داد که مقدار تعرق در محدوده ۲۵۳- ۳۸۶ میلی‌متر متغیر است. بررسی مقدار نفوذ عمقی (ETQ) توسط مدل Ceres-Rice در مدیریت‌های آبیاری و فاصله کاشت نشان داد که مقدار نفوذ عمقی (ETQ) در محدوده ۲۹۴- ۵۶۷ میلی‌متر متغیر است؛ در حالی‌که بررسی مقدار نفوذ عمقی (ETQ) توسط مدل ORYZA2000 در مدیریت‌های آبیاری و فاصله کاشت نشان داد که مقدار نفوذ عمقی (ETQ) در محدوده ۴۱۸- ۷۵۶ میلی‌متر متغیر است؛ نتایج مقدار نفوذ عمقی در دوره مورد مطالعه نشان داد که حداقل مقدار تلفات آب از طریق نفوذ عمقی (ETQ) در I_5 مشاهده شد. آبیاری با دور ۸ روز تا گلدهی تنها با ۴٪ کاهش عملکرد (Y) نسبت به روش معمول غرقاب باعث کم‌تر شدن مصرف آب و صرفه-جویی معادل ۱۶٪ در میزان آب آبیاری + بارش شد. نتایج مذکور با بررسی‌های (امیری و رضایی، ۱۳۹۱) همسو می‌باشد.

بهره‌وری آب

مقادیر بهره‌وری آب در مدیریت‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است. در نتیجه، WP_T برای گیاه برنج، متغیر قابل سنجش می‌باشد که به شرایط اکوهیدرولوژیکی بستگی دارد. نتایج مدل Ceres-Rice نشان می‌دهد که مقدار WP_T در محدوده ۲/۴۰-۱/۲۶ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب تعرق متغیر می‌باشد؛ در حالی‌که نتایج مدل ORYZA2000 نشان می‌دهد که مقدار WP_T در محدوده ۱/۴۳-۰/۸۱ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب تعرق متغیر می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج ارزیابی شبیه‌سازی عملکرد و بیوماس توسط مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000 برای شرایط کالیبراسیون و اعتبارسنجی

پارامترها	سال	Ceres-Rice				ORYZA2000			
		HI	B	SW	Y	HI	B	SW	Y
RMSE	کالیبراسیون سال ۹۳	۰/۰۴۱	۱۱۸۸	۸۵۵	۵۹۵	۰/۰۳۰	۱۱۷۱	۶۹۸	۵۵۰
RMSEn		۱۰/۹۸	۱۲/۲۱	۱۴/۵۵	۱۵/۹۹	۷/۷۱	۱۲/۲۰	۱۱/۸۸	۱۴/۷۸
CV_s		۱۱/۶۵	۱۰/۲۵	۳/۸۴	۲۰/۱۹	۳/۰۸	۱۸/۹۵	۱۸/۲۱	۲۰/۴۳
T test		۰/۱۵	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۳۶	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۲
MEANm		۰/۳۷۸	۹۷۳۰	۵۸۷۶	۳۷۲۲	۰/۳۸۳	۹۵۹۸	۵۸۷۶	۳۷۲۲
MEANs		۰/۳۹۷	۹۸۹۲	۵۹۱۹	۳۹۷۳	۰/۳۸۶	۸۹۵۹	۵۴۸۹	۳۴۷۰
Sd_m		۰/۰۵۳	۱۷۶۷	۱۰۳۱	۹۹۷	۰/۰۳۹	۱۹۷۶	۱۰۳۱	۹۹۷
Sd_s		۰/۰۴۶	۱۰۱۴	۲۲۷	۸۰۲	۰/۰۱۲	۱۶۹۷	۹۹۹	۷۰۹
α		۰/۶۲۰	۰/۴۳۰	۰/۱۶۰	۰/۱۶۰	۰/۲۴۰	۰/۷۴۰	۰/۸۰۰	۰/۶۲۰
ß		۰/۱۶۰	۵۷۳۸	۴۹۹۷	۱۴۹۱	۰/۲۹۰	۱۸۸۶	۷۹۱	۱۱۴۵
R^2		۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۷۷
RMSE	اعتبارسنجی سال ۹۴	۰/۰۳۸	۸۷۵	۶۲۳	۵۱۹	۰/۰۲۲	۹۲۱	۴۶۹	۵۱۶
RMSEn		۹/۶۶	۹/۳۱	۱۱/۲۶	۱۳/۷۶	۵,۴۹	۹/۸۹	۸/۴۷	۱۳/۶۹
CVs		۸/۱۵	۱۰/۸۴	۷/۲۱	۱۷/۱۹	۲/۷۳	۱۲/۲۲	۱۲/۱۳	۱۲/۷۹
T test		۰/۰۲	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۱۵
MEANm		۰/۳۹۸	۹۳۹۶	۵۵۳۸	۳۷۷۳	۰/۴۰۲	۹۳۱۱	۵۵۳۸	۳۷۷۳
MEANs		۰/۴۲۷	۹۵۱۵	۵۴۲۱	۴۰۹۴	۰/۳۹۶	۸۸۷۰	۵۳۵۶	۳۵۱۴
Sd_m		۰/۰۳۹	۱۴۸۲	۸۶۳	۸۲۸	۰/۰۳۰	۱۶۲۸	۸۶۳	۸۲۸
Sd_s		۰/۰۳۵	۱۰۳۲	۳۹۱	۷۰۴	۰/۰۱۱	۱۰۸۴	۶۵۰	۴۴۹
α		۰/۶۷۰	۰/۳۳۰	۰/۳۳۰	۰/۷۳۰	۰/۵۹۰	۰/۵۹۰	۰/۶۵۰	۰/۴۹۰
ß		۰/۱۶۰	۴۲۶۲	۳۵۷۶	۱۳۳۵	۰/۲۸۰	۳۳۸۲	۱۷۶۱	۱۶۶۰
R^2		۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۵۴	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۸۲

Y:عملکرد؛ SW: وزن کاه و کلش؛ B: بیوماس؛ HI: شاخص برداشت؛ N: تعداد تیمارها؛ X_m: میانگین مقادیر مشاهده شده؛Sd_s : انحراف معیار مقادیر شبیه‌سازی شده ؛ Sd_m: انحراف معیار داده‌های مشاهده شده؛ α: شیب خط برازش داده شده بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده؛ß: عرض از مبدا خط برازش داده شده بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده؛R^2: ضریب تبیین؛$RMSE_n$: ریشه میانگین مربعات خطا نرمال شده؛ RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا؛ CV_s: ضریب تغییرات مقادیر مشاهده شده؛ T test: آزمون آماری T.

بر اساس نتایج مدل Ceres-Rice بطور متوسط مقدار WP_{ET}، ۴۱ درصد کم‌تر از WP_T می‌باشد؛ در حالی‌که بر اساس نتایج مدل ORYZA2000 بطور متوسط مقدار WP_{ET}، ۲۹ درصد کم‌تر از WP_T می‌باشد. در واقع کاهش فاصله کاشت منجر به افزایش رشد برگ، افزایش جذب نور و کاهش انتقال نور به سطح آب و خاک می‌شود که منجر به کاهش مقدار تبخیر می‌گردد. در همین راستا امیری و رضایی (۱۳۹۱) آزمایشی در ارزیابی بیلان و بهره‌وری آب برنج در شرایط آبیاری تناوبی و کود نیتروژن انجام دادند و گزارش کردند که متوسط اجزای بهره‌وری آب مبتنی بر آبیاری، تبخیر و تعرق، تعرق و نفوذ عمقی به طور متوسط به ترتیب ۱/۰۱، ۰/۸۹، ۱/۴۱ و ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

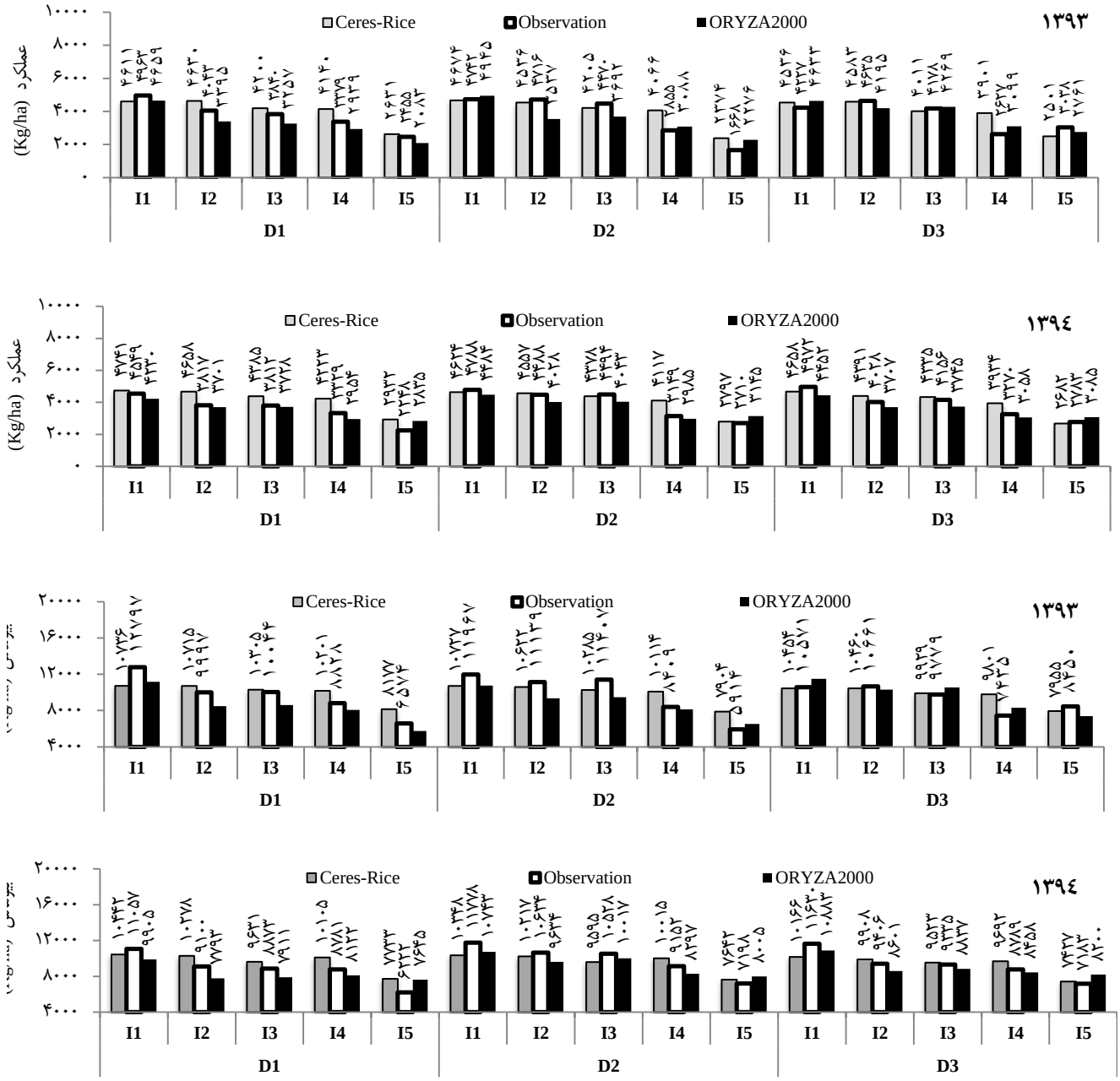
نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000 از دقت قابل‌قبولی (خطای کم‌تر از ۱۵ درصد) برای شبیه‌سازی عملکرد گیاه برنج در شرایط مدیریت‌های آبیاری و فاصله کاشت برنج برخوردار می‌باشند. نتایج نشان داد که در مدل ORYZA2000 عملکرد دانه پیش‌بینی شده با نتایج مشاهده شده (RMSEa = ۵۳۳ و RMSEn = ۱۴/۲۳) موافق بود. وزن کاه و کلش (RMSEa = ۷۳۹ و RMSEn = ۱۲/۹۱) ، بیوماس (RMSEa = ۱۰۳۲ و RMSEn = ۱۰/۷۶) و شاخص برداشت (RMSEa = ۰/۰۴ و RMSEn = ۱۰/۳۲) نیز به‌خوبی شبیه‌سازی شد. بر اساس مدل‌های شبیه‌سازی ORYZA2000 و Ceres-Rice، آبیاری با دور ۸ روز تا گلدهی =I_3 و فاصله کشت ۲۵× ۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

D_2=سانتی‌متر، تنها با ۹٪ کاهش عملکرد نسبت به روش معمول غرقاب باعث صرفه‌جویی معادل ۲۷٪ در میزان آب مصرفی شد. به طور متوسط بر اساس نتایج این مدل‌ها اجزای بهره‌وری آب تیمار I_3D_2 مبتنی بر آبیاری، تبخیر و تعرق و مجموع تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی (WP_I، WP_{I+R}، WP_{ET}، WP_T و WP_{ETQ}) به ترتیب ۱/۱۷، ۰/۹۷، ۱/۰۶، ۱/۶۲، ۰/۸۸، کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید.



شکل ٤- ارزیابی شبیه‌سازی عملکرد و بیوماس برنج در مدیریت‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف توسط مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- ارزیابی بیلان آب در مدیریت‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف توسط مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000

مدل‌ها	تیمارها		۱۳۹٤					۱۳۹۳				
			ETQ	T	ET	I+R	I	ETQ	T	ET	WP_{I+R}	WP_I
Ceres-Rice		$I_۱$	۵۶۰	۱۹۷	۳۵۳	۶۱۶	۵۰۲	۵۳۴	۲۰۰	۳۵۶	۵۳۶	۵۰۲
		$I_۲$	۴۱۷	۱۹۹	۳۴۳	۴۶۸	۳۵۴	۳۹۱	۱۹۹	۳۵۶	۳۸۸	۳۵۴
	$D_۱$	$I_۳$	۴۰۶	۱۹۸	۳۲۹	۴۵۸	۳۴۴	۳۸۴	۲۱۳	۳۵۰	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۴$	۴۴۵	۲۰۰	۳۳۵	۴۵۸	۳۴۴	۴۱۶	۱۹۹	۳۳۳	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۵$	۳۲۰	۱۸۴	۲۸۶	۳۳۵	۲۲۱	۲۹۵	۱۸۹	۲۹۳	۲۵۵	۲۲۱
		$I_۱$	۵۶۰	۲۰۰	۳۵۱	۶۱۶	۵۰۲	۵۴۹	۲۰۹	۳۶۶	۵۳۶	۵۰۲
		$I_۲$	۴۱۷	۲۰۱	۳۴۴	۴۶۸	۳۵۴	۳۹۱	۲۰۱	۳۵۴	۳۸۸	۳۵۴
	$D_۲$	$I_۳$	۴۱۰	۲۰۰	۳۳۰	۴۵۸	۳۴۴	۳۹۰	۲۱۷	۳۵۵	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۴$	۴۴۴	۲۰۰	۳۳۴	۴۵۸	۳۴۴	۴۲۲	۲۰۲	۳۳۷	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۵$	۳۲۰	۱۸۲	۲۸۶	۳۳۵	۲۲۱	۲۹۴	۱۸۹	۲۹۳	۲۵۵	۲۲۱
		$I_۱$	۵۶۷	۱۹۵	۳۵۲	۶۱۶	۵۰۲	۵۴۹	۲۰۳	۳۶۳	۵۳۶	۵۰۲
		$I_۲$	۴۱۷	۱۹۴	۳۴۱	۴۶۸	۳۵۴	۴۰۳	۲۰۲	۳۶۳	۳۸۸	۳۵۴
	$D_۳$	$I_۳$	۴۰۹	۱۹۹	۳۲۸	۴۵۸	۳۴۴	۳۹۰	۲۱۱	۳۵۱	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۴$	۴۴۶	۱۹۴	۳۳۲	۴۵۸	۳۴۴	۴۲۲	۱۹۶	۳۳۴	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۵$	۳۱۹	۱۷۸	۲۸۳	۳۳۵	۲۲۱	۲۹۴	۱۸۷	۲۹۳	۲۵۵	۲۲۱
ORYZA2000		$I_۱$	۷۵۳	۳۳۶	۴۹۰	۶۱۶	۵۰۲	۶۶۸	۳۸۶	۵۳۲	۵۳۶	۵۰۲
		$I_۲$	۶۰۷	۳۰۷	۴۶۸	۴۶۸	۳۵۴	۵۴۲	۳۱۸	۴۷۳	۳۸۸	۳۵۴
	$D_۱$	$I_۳$	۵۹۷	۳۱۱	۴۲۹	۴۵۸	۳۴۴	۵۱۰	۳۲۱	۴۴۰	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۴$	۶۲۰	۳۰۳	۴۱۹	۴۵۸	۳۴۴	۵۴۶	۳۱۹	۴۲۹	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۵$	۴۷۸	۲۵۹	۳۵۲	۳۳۵	۲۲۱	۴۲۱	۲۶۸	۳۵۲	۲۵۵	۲۲۱
		$I_۱$	۷۵۶	۳۳۳	۴۸۵	۶۱۶	۵۰۲	۶۷۳	۳۸۶	۵۳۱	۵۳۶	۵۰۲
		$I_۲$	۶۱۱	۳۰۷	۴۶۵	۴۶۸	۳۵۴	۵۴۰	۳۱۶	۴۷۱	۳۸۸	۳۵۴
	$D_۲$	$I_۳$	۵۹۸	۳۱۵	۴۳۰	۴۵۸	۳۴۴	۵۱۵	۳۲۵	۴۴۵	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۴$	۶۲۲	۲۹۱	۴۰۹	۴۵۸	۳۴۴	۵۴۹	۳۱۱	۴۲۲	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۵$	۴۹۸	۲۷۹	۳۶۶	۳۳۵	۲۲۱	۴۱۹	۲۶۳	۳۴۹	۲۵۵	۲۲۱
		$I_۱$	۷۵۴	۳۰۴	۴۶۶	۶۱۶	۵۰۲	۶۶۶	۳۴۴	۵۰۲	۵۳۶	۵۰۲
		$I_۲$	۶۰۵	۲۶۲	۴۳۶	۴۶۸	۳۵۴	۵۴۵	۳۱۳	۴۷۳	۳۸۸	۳۵۴
	$D_۳$	$I_۳$	۵۹۵	۲۶۴	۳۹۱	۴۵۸	۳۴۴	۵۱۶	۳۲۲	۴۴۳	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۴$	۶۲۰	۲۶۹	۳۹۴	۴۵۸	۳۴۴	۵۴۴	۲۸۳	۴۰۳	۳۷۸	۳۴۴
		$I_۵$	۴۹۲	۲۵۳	۳۴۳	۳۳۵	۲۲۱	۴۱۸	۲۵۸	۳۴۸	۲۵۵	۲۲۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- ارزیابی مقادیر بهره‌وری آب در مدیریت‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف توسط مدل‌های Ceres-Rice و ORYZA2000

مدل‌ها	تیمارها		۱۳۹۴					۱۳۹۳				
			ETQ	WP_{ETQ}	WP_T	WP_{ET}	WP_{I+R}	ETQ	WP_{ETQ}	WP_T	WP_{ET}	WP_{I+R}
Ceres-Rice		I_1	۰/۸۵	۲/۴۰	۱/۳۴	۰/۷۷	۰/۹۴	۰/۸۶	۲/۳۰	۱/۳۰	۰/۸۶	۰/۹۲
		I_2	۱/۱۲	۲/۳۵	۱/۳۶	۱/۰۰	۱/۳۲	۱/۱۸	۲/۳۳	۱/۳۰	۱/۱۹	۱/۳۱
	D_1	I_3	۱/۰۸	۲/۲۲	۱/۳۳	۱/۹۶	۱/۲۷	۱/۰۹	۱/۹۷	۱/۲۰	۱/۱۱	۱/۲۲
		I_4	۰/۹۵	۲/۱۱	۱/۲۶	۰/۹۲	۱/۲۳	۰/۹۹	۲/۰۸	۱/۲۴	۱/۰۹	۱/۲۰
		I_5	۰/۹۲	۱/۵۹	۱/۰۳	۰/۸۷	۱/۳۳	۰/۸۹	۱/۳۹	۰/۹۰	۱/۰۳	۱/۱۹
		I_1	۰/۸۳	۲/۳۲	۱/۳۲	۰/۷۵	۰/۹۲	۰/۸۵	۲/۲۳	۱/۲۸	۰/۸۷	۰/۹۳
		I_2	۱/۰۹	۲/۲۷	۱/۳۲	۰/۹۷	۱/۲۹	۱/۱۶	۲/۲۶	۱/۲۸	۱/۱۷	۱/۲۸
	D_2	I_3	۱/۰۷	۲/۱۹	۱/۳۲	۰/۹۶	۱/۲۷	۱/۰۸	۱/۹۳	۱/۱۹	۱/۱۱	۱/۲۲
		I_4	۰/۹۳	۲/۰۶	۱/۲۳	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۹۶	۲/۰۱	۱/۲۱	۱/۰۸	۱/۱۸
		I_5	۰/۸۷	۱/۵۳	۰/۹۸	۰/۸۳	۱/۲۶	۰/۸۱	۱/۲۶	۰/۸۱	۰/۹۳	۱/۰۷
		I_1	۰/۸۷	۲/۳۹	۱/۳۲	۰/۷۶	۰/۹۳	۰/۸۳	۲/۲۴	۱/۲۵	۰/۸۵	۰/۹۰
		I_2	۱/۰۵	۲/۲۷	۱/۲۹	۰/۹۴	۱/۲۴	۱/۱۴	۲/۲۷	۱/۲۶	۱/۱۸	۱/۳۰
	D_3	I_3	۱/۰۶	۲/۱۸	۱/۳۲	۰/۹۵	۱/۲۶	۱/۰۳	۱/۹۰	۱/۱۴	۱/۰۶	۱/۱۷
		I_4	۰/۸۸	۲/۰۲	۱/۱۹	۰/۸۶	۱/۱۴	۰/۹۳	۱/۹۹	۱/۱۷	۱/۰۳	۱/۱۳
		I_5	۰/۸۴	۱/۵۰	۰/۹۵	۰/۸۰	۱/۲۱	۰/۸۵	۱/۳۴	۰/۸۶	۰/۹۸	۱/۱۳
ORYZA2000		I_1	۰/۵۲	۱/۱۷	۰/۸۰	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۶۴	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۵
		I_2	۰/۵۲	۱/۰۳	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۹۰	۰/۶۳	۱/۰۸	۰/۷۲	۰/۸۸	۰/۹۷
	D_1	I_3	۰/۵۴	۱/۰۴	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۹۴	۰/۶۴	۱/۰۱	۰/۷۴	۰/۸۶	۰/۹۴
		I_4	۰/۵۱	۱/۰۴	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۹۱	۰/۵۶	۰/۹۶	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۸۸
		I_5	۰/۶۴	۱۷.۱	۸۶.۰	۹۱.۰	۳۷.۱	۵۱.۰	۸۱.۰	۶۱.۰	۸۵.۰	۹۸.۰
		I_1	۰/۵۶	۱/۲۷	۰/۸۷	۰/۶۹	۰/۸۴	۰/۶۲	۱/۰۸	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۸۳
		I_2	۰/۶۴	۱/۲۸	۰/۸۴	۰/۸۴	۱/۱۱	۰/۷۰	۱/۱۹	۰/۸۰	۰/۹۷	۱/۰۷
	D_2	I_3	۰/۶۶	۱/۲۶	۰/۹۲	۰/۸۶	۱/۱۵	۰/۷۰	۱/۱۱	۰/۸۱	۰/۹۵	۱/۰۵
		I_4	۰/۵۰	۱/۰۷	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۹۱	۰/۵۷	۱/۰۰	۰/۷۴	۰/۸۲	۰/۹۰
		I_5	۰/۶۲	۱/۱۱	۰/۸۵	۰/۹۲	۱/۴۰	۰/۵۸	۰/۹۲	۰/۶۹	۰/۹۵	۱/۰۹
		I_1	۰/۵۸	۰/۴۳	۰/۹۴	۰/۷۱	۰/۸۷	۰/۶۷	۱/۲۹	۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۸۹
		I_2	۰/۵۸	۱/۳۴	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۹۹	۰/۷۸	۱/۳۵	۰/۹۰	۱/۰۹	۱/۲۰
	D_3	I_3	۰/۶۱	۱/۳۷	۰/۹۲	۰/۷۹	۱/۰۵	۰/۸۱	۱/۳۰	۰/۹۵	۱/۱۱	۱/۲۲
		I_4	۰/۵۲	۱/۱۹	۰/۸۱	۰/۷۰	۰/۹۳	۰/۵۸	۱/۱۱	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۹۲
		I_5	۰/۶۵	۱/۲۶	۰/۹۳	۰/۹۵	۱/۴۵	۰/۶۷	۱/۰۹	۰/۸۱	۱/۱۰	۱/۲۷

منابع

امیری،ا.، رضایی،م. ۱۳۹۱. ارزیابی بیلان و بهره‌وری آب برنج در شرایط آبیاری تناوبی و کود نیتروژن. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۶ ۴: ۳۰۶-۳۱۵.

Abbasi,M.R and Sepaskhah,A.R. 2011. Response of different rice cultivars (Oryza sativa L.) to water-saving irrigation in greenhouse conditions. International journal of plant production. 5.1: 37-47.

Akponikpe,P.B., Gerard,B., Michels,K and Bielders,C. 2010. Use of the APSIM model in longterm simulation to support decision making regarding nitrogen management for pearl millet in the Sahel. European journal of agronomy. 32.2: 144-154.

Amiri,E., Razavipour,T., Farid,A and Bannayan,M. 2011. Effects of crop density and irrigation management on water productivity of Rice production in northern Iran: Field and modeling approach, communications in soil science and plant analysis. 42.17: 2085-2099.

Amiri,E., Rezaei,M., Rezaei,E.E and Bannayan,M. 2014. Evaluation of Ceres-Rice, Aquacrop and

www.SID.ir

Archive of SID

system for agrotechnology transfer version 4.0. volume 1: overview. University of Hawaii, Honolulu. HI, 2.

Hoogenboom,G., Jones,J.W., Wilkens,P.W., Porter,C.H., Boote,K.J., Hunt,L.A., Singh,U., Lizaso,J.I., White,J.W., Uryasev,O., Ogoshi,R., Koo,J., Shelia,V and Tsuji,G.Y. 2015. Decision support system for agro technology transfer (DSSAT) version 4.6 (www.DSSAT.net). DSSAT foundation, prosser, Washington.

Singh,R., Van Dam,J.C and Feddes,R.A. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa district, India, Agriculture water management. 82: 253-278.

Singh,P.K., Singh,K.K., Rathore,L.S., Baxla,A.K., Bhan,S.C., Gupta,A and Mall,R.K. 2016. Rice (Oryza sativa L.) yield gap using the CERES-rice model of climate variability for different agroclimatic zones of india. Current Science. 110.3: 405.

Tari,D.B., Amiri,E and Daneshian,J. 2017. Simulating the impact of nitrogen management on Rice yield and nitrogen uptake in irrigated lowland by oryza2000 model. Communications in soil science and plant analysis, 48.2: 201-213.

Wailes,E.J and Chavez,E.C. 2012. International Rice baseline with deterministic and stochastic projections, 2012-2021 (no. 123203). University of Arkansas, department of agricultural economics and agribusiness.

Oryza2000 models in simulation of rice yield response to different irrigation and nitrogen management strategies, Journal of Plant Nutrition. 37: 1749-1769.

Babaeian,M., Moussavi Nik,M., Amiri,E., Heidari,M., Kheirkhah,M. 2015. Water productivity of Rice production in northern Iran under water deficit condition: field and modeling approach. Trends in Life Sciences. An international peer-reviewed journal. 4.1: 380-388.

Bannayan,M and Hoogenboom,G. 2009. Using pattern recognition for estimating cultivar coefficients of a crop simulation model, Field crops research. 111. 3: 290-302.

Bouman,B.A.M and Tuong,T.P. 2001. Field water management to save water anincrease its productivity in irrigated lowland rice. Agriculture water management. 49.1: 11-30.

Bouman,B.A.M and Van Laar,H.H. 2006. Description and evaluation of the rice growth model ORYZA2000 under nitrogen-limited conditions, Agricultural systems. 87: 249-273.

Davatgar,N., Neishabouri,M.R., Sepaskhah,A.R and Soltani,A. 2009. Physiological and morphological responses of rice (Oryza sativa L.) to varying water stress management strategies. International journal of plant production. 3: 19-32.

Hoogenboom,G., Jones,J.W., Porter,C.H., Wilkens,P.W., Boote,K.J., Batchelor,W.D., Hunt,L.A and Tsuji,G.Y. 2003. Decision support

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 13, Apr.-May. 2019, p. 165-176

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۳، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۱۷۶-۱۶۵

Evaluation of Water Balance and Water Productivity in Rice under Water-Management and Different Plant Density Using Ceres-Rice and ORYZA2000 Models

H. Ebrahimi Rad[1], H. Babazadeh[2], E. Amiri[3*], H. Sedghi[4]
Recived: Aug.01, 2018 Accepted: Oct.16, 2018

Abstract

The objective of this study was the evaluation of the Ceres-Rice and ORYZA2000 models under different water-managements and planting densities of Rice, in order to determine difference between potential and actual yield and invest its reasons. An experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications in Kooshal-Lahijan located in north of Iran during cropping seasons of 2014 and 2015. There were irrigation treatments in this research including: I_1 = Full irrigation, I_2 = Saturation, I_3 = Irrigation with 8 days alternative before anthesis, I_4 = Irrigation with 8 days alternative after anthesis, I_5= Irrigation with 8 days alternative whole growth season) and there were density including, D_1=15×15, D_2=20×20, D_3=25×25cm. Evaluation simulated and measured yield and biomass by adjusted coefficient of correlation and by absolute and normalized root mean square errors (RMSE). ORYZA2000 model was more accurate in simulation of grain yield (RMSE= 533 and RMSEn= 14%). Observed and predicted of I_3D_2 showed good agreement in both calibration and evaluation steps. The average amount of water-based components of irrigation, evapotranspiration, transpiration and total evapotranspiration and deep penetration (WPI, WP_{I+R}, WP_{ET}, WP_T and WP_{ETQ}) simulated by the ORYZA2000 and Ceres-Rice models, were 1.09, 0.90, 1.00, 1.59 and 0.79 kg/m^3 respectively.

Keywords: Crop Model, Irrigation Management, Planting Density, Rice, Water productivity

1 - Ph. D. Student Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Professor Department of Water Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, lahijan, Iran
4- Professor Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: eamiri57@yahoo.com)

www.SID.ir