"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۳ پاییز ۱۳۹۰

شبیه سازی مراحل نمو فنولوژیک و طول دوره رشد سه رقم برنج در سنین مختلف گیاهچه با استفاده از مدل ORYZA2000

Simulation of phonological development and growth duration of three rice cultivars at different seedling ages using ORYZA2000 model

بهمن امیری لاریجانی[۱]، زین العابدین طهماسبی سروستانی[۲]، قربانعلی نعمت زاده[۳]، ابراهیم امیری[۴] و مسعود اصفهانی[۵]

چکیده

امیری لاریجانی، ب.، ز. طهماسبی سروستانی، ق.ع. نعمت زاده، ا. امیری و م. اصفهانی. ۱۳۹۰. شبیه سازی مراحل نمو فنولوژیک و طول دوره رشد سه رقم برنج در سنین مختلف گیاهچه با استفاده از مدل ORYZA2000. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۳ (۳): ۴۸۰-۴۶۶.**

استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی در پیش بینی صحیح مراحل فنولوژی گیاه برنج و تعیین سازگاری این گیاه با سیستم‌های اگرواکولوژیک، بسیار مهم است. هدف از این تحقیق، واسنجی و ارزیابی مدل ORYZA2000 تحت شرایط تولید بالقوه برای شبیه سازی و کمّی‌کردن مراحل نمو فنولوژیک و طول دوره رشد ارقام برنج در سنین مختلف گیاهچه برای بهبود مدیریت مزرعه و بهینه سازی مراحل فنولوژی برنج بوده است. به منظور واسنجی پارامترهای گیاهی و ارزیابی مدل ORYZA2000، آزمایشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی۱۳۸۷ و۱۳۸۸ در مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز انجام گرفت. این آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار انجام گرفت. کرت‌های اصلی شامل ۳ رقم برنج طارم، فجر و قائم۱ و کرت‌های فرعی شامل گیاهچه‌های ۱۷، ۲۴ و ۳۳ روزه بودند. داده‌های بدست آمده از سال اول آزمایش برای واسنجی و داده‌های سال دوم برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفتند. مدل ORYZA2000 با دامنه مقدار جذر میانگین مربعات خطای مطلق (RMSEa) بین۳ تا ٤ روز، از صحت بالایی در پیش بینی مراحل مختلف فنولوژی گیاه برخوردار بود. با توجه به توانایی مناسب مدل ORYZA2000 در شبیه سازی مراحل فنولوژی ارقام برنج، می‌توان از آن به عنوان ابزار مناسبی برای برنامه ریزی بهتر مدیریت مزرعه شالیزاری و نیز به عنوان یک سیستم تصمیم‌سازی پشتیبان برای آزمون سازگاری ارقام اصلاح شده برنج در مناطق مختلف اقلیمی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: برنج، سن گیاهچه، شبیه‌سازی، فنولوژی، مدل ORYZA2000.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۰

۱- دانشجوی دکترای زراعت دانشگاه تربیت مدرس و عضو گروه تکنولوژی زراعی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: tahmaseb@modares.ac.ir)
۳- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان
۵- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

مقدمه

گیاه برنج با سطح زیر کشت حدود ۶۰۰.۰۰۰ هکتار و مصرف سرانه ۳۸ تا ۴۲ کیلوگرم از نظر اهمیت بعد از گندم دومین غله مهم خوراکی کشور می باشد. نواحی ساحلی دریای خزر بویژه دو استان مازندران و گیلان بیش از ۷۰ درصد از سطح زیر کشت برنج را به خود اختصاص می‌دهند. فصل رشد مطلوب گیاه برنج در این نواحی به دلیل بارندگی‌های سنگین، کاهش مقطعی دمای هوا و پایین بودن تعداد ساعات آفتابی و شدت تابش، محدود می باشد (JICA, 1993).

فنولوژی و طول دوره رشد گیاه برنج از عوامل عمده تعیین کننده تناسب زراعی و اکولوژیک ارقام برنج در منطقه مورد کشت می‌باشد (Yin *et al*., 2005). پیش بینی صحیح مراحل فنولوژی گیاه زراعی برای بهینه سازی فعالیت‌های مدیریتی در مزرعه و سازگاری بهتر تقویم زراعی با سیستم‌های اگرواکولوژیک خاص، بسیار مهم می‌باشد (Khanal, 2005). فاصله زمانی کاشت تا گلدهی یکی از خصوصیات مهم برای پیش بینی عملکرد و دستیابی به عملکرد بالقوه گیاهان زراعی از جمله برنج در مناطق مختلف می‌باشد. متخصصان مدل سازی گیاهان زراعی اقدام به ارائه فرمول‌های کمّی اکوفیزیولوژی برای تشریح پاسخ‌های فتوترمال فنولوژی نموده‌اند تا بتوانند زمان گلدهی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی را در شرایط متفاوت محیطی و اقلیمی پیش بینی نمایند (Yin *et al*., 2005).

به نژادی، اصلاح و معرفی ارقام جدید برنج با اهداف مختلفی انجام می گیرد، در حالی که بررسی سازگاری ارقام اصلاح شده به مناطق و محیط‌های مختلف اقلیمی، اجرای آزمون‌های سازگاری را برای تعیین مناطق مناسب کشت ارقام جدید و مشخص کردن مناسب‌ترین فنولوژی محصول اجتناب ناپذیر می‌نماید. انطباق طول دوره رشد ارقام اصلاح شده جدید با مناطق تحت کشت، همواره یکی از مباحث مهم و تاثیر گذار در پذیرش ارقام جدید، دستیابی به عملکرد قابل قبول، افزایش بهره وری، کاهش ضایعات و تداوم کشت آنها می‌باشد. از این‌رو توسعه کشت ارقام متوسط رس و دیررس در مناطق شالیزاری شمال کشور، وابستگی زیادی به جدول تقویم زمانی کشت و کار، به ویژه تاریخ بذرپاشی در خزانه و سن گیاهچه، زمان نشاکاری و طول دوره رشد ارقام برنج دارد.

نشاکاری دارای اثر قابل توجهی بر رشد برنج می‌باشد. بطورکلی روش کشت نشایی باعث تاخیر نمو فنولوژیک در برنج می‌شود. تاخیر در گلدهی در اثر نشاکاری و تغییر پذیری آن بعنوان تابعی از سن گیاهچه در زمان نشاکاری، پدیده شوک نشاکاری نام دارد. میزان اثرگذاری شوک نشاکاری ممکن است بسته به خصوصیات گیاهچه و شرایط آب و هوایی قبل و بعد از نشاکاری متفاوت باشد (Kotera, 2004). ساقه و ریشه گیاهچه‌های مسن‌تر در اثر کندن از خزانه صدمه بیشتری می‌بینند و رسیدگی آنها به تاخیر می‌افتد (Singh and Singh, 1998; Ashraf *et al*., 1999). گزارش شده است که بوته‌های حاصل از گیاهچه‌های جوان‌تر (۱۰-۲۰ روزه) قادر هستند که چرخه زندگی خود را ۵ تا ۹ روز سریع‌تر طی کرده و زودتر از گیاهچه‌های بالغ (۳۰ روزه) برسند (Singh and Singh, 1998; Patel, 1999).

با توجه به اینکه تعداد زیادی از فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک با مرحله فنولوژی گیاه تغییر می‌کنند، کمّی‌کردن دقیق مراحل نمو فنولوژیک برای هر یک از مدل‌های شبیه سازی رشد ضروری است. امروزه استفاده از روش‌های مدل سازی و شبیه سازی مراحل رشد و نمو، به عنوان ابزاری کارآمد در مدیریت بهینه گیاهان زراعی در سراسر جهان شناخته شده‌اند (Bouman *et al*., 1996). اگر چه مدل‌های شبیه‌سازی مختلفی برای پیش بینی فنولوژی برنج توسعه یافته‌اند (Nakagawa and Horie, 1995; Huang *et al*., 1998)،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

تنها تعداد کمی از آنها مانند (Ritchie *et al*., 1987) CERES-Rice, (Kropff *et al*., 1994) ORYZA1, (Salam *et al*., 1994) RIBHAB، پدیده شوک نشاکاری را که از سن گیاهچه برآورد شده مورد توجه قرار داده و بر اساس درجه روز- رشد در طی دوره پرورش گیاهچه در خزانه بیان شده‌اند.

در اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی مرکز تحقیقاتی گروه اکولوژی دانشگاه واگنینگن هلند و موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج مدل ORYZA را که مربوط به رشد برنج در اراضی پست (Lowland) مناطق گرمسیری است، ارائه دادند. اولین مدل، ORYZA1 بود که برای تخمین رشد در شرایط تولید بالقوه (Kropff *et al*., 1994) معرفی شده بود. مدل ORYZA-N برای رشد گیاه در شرایط محدودیت نیتروژن و مدل ORYZA-W نیز برای تولید تحت شرایط کمبود آب معرفی شد. در سال ۲۰۰۱ با بهبود و تلفیق همه مدل‌های قبلی ORYZA، نسخه جدیدی از این مجموعه مدل‌ها بنام ORYZA2000 منتشر شد (Bouman *et al*., 2001).

مدل ORYZA2000

مدل ORYZA2000 یک مدل اکوفیزیولوژیک رشد می‌باشد که نمایه‌ای از رشد گیاه برنج اراضی پست را تحت شرایط متفاوت تولید ارائه می‌دهد. از مدلORYZA2000 برای بهینه کردن فنولوژی گیاه برنج از مرحله کاشت تا گلدهی و با هدف دستیابی به عملکرد بالقوه در محیط‌های مختلف، استفاده می‌شود. یکی از این مدل‌ها ORYZA1 می‌باشد. ORYZA1، شبیه سازی الگوی واقعی رشد گیاه برنج است که در آن با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه، مشخصات گیاهی و پارامترهای مدیریتی، رشد و نمو و مراحل فنولوژی گیاه برنج برآورد می‌شود. بومن و همکاران (Bouman *et al*., 2001) تعریف جامعی از این برنامه را ارائه نموده‌اند. مدل ORYZA2000، رشد و نمو و فنولوژی گیاه برنج غرقابی را در شرایط تولید بالقوه، محدودیت آبی، محدودیت نیتروژن و محدودیت هم زمان آب و نیتروژن شبیه سازی می‌کند. شبیه سازی در کوتاه‌ترین فاصله زمانی که معمولاً یک روز است، آغاز می‌شود. در شرایط بالقوه تولید ، سرعت رشد یک گیاه زراعی توسط نور، حرارت و خصوصیات گیاهی برای فرآیندهای فنولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک تعیین می‌شوند. در مدل ORYZA2000، محاسبه سرعت نمو فنولوژیک از الگوی محاسبه روزانه پیروی می‌کند. با استفاده از مجموع این مقادیر در طول زمان، مراحل نمو در سراسر فصل رشد شبیه سازی می‌شود (Bouman *et al*., 2001).

نمو فنولوژیک

مرحله نمو (DVS; Development Stage) هر گیاه نشان دهنده سن فیزیولوژیک آن گیاه می‌باشد که به وسیله تشکیل اندام‌های مختلف و ظهور آنها مشخص می‌شود. مهم‌ترین تغییر فنولوژیکی گیاه، عبور از مرحله رویشی به زایشی است که موجب تغییر در جابجایی ماده خشک در اندام‌های گیاه می‌شود. با توجه به اینکه تعداد زیادی از فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک با مرحله نمو گیاه تغییر می‌کنند، کمّی کردن نمو فنولوژیک در هر مدل شبیه سازی رشد گیاه ضروری است. مراحل کلیدی نمو گیاه برنج عبارتند از ظهور گیاهچه (کد = صفر)، آغازش خوشه اولیه (کد= ۰.۶۵)، گلدهی (کد= ۱)، و رسیدگی فیزیولوژیک (کد= ۲). اعداد داخل پرانتز کدهای عددی هستند که در مدل ORYZA2000 از آنها برای بیان مرحله نمو گیاه برنج استفاده می‌شود. درجه حرارت مهم‌ترین عامل تحریک کننده نمو فنولوژیک است. هر چند در ارقام حساس به طول روز، ساعات روشنایی القا کننده گلدهی می‌باشد. زمانی که تعداد روزهای سرد متوالی بیشتر از یک مقدار مشخص باشد، گیاه زراعی می‌میرد و مدل متوقف می‌شود.

مرحله نمو عبارت از مجموع سرعت نمو (DVR; Development Rate) در طول زمان است که بر اساس درجه روز (Cd^{-1}) بیان می‌شود. سرعت نمو عکس دوره

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

زمانی مورد نیاز برای تکمیل یک واحد نمو می‌باشد (Bouman *et al*., 2001). درجه حرارت‌های اصلی یا کاردینال برای برنج عبارتند از ۸، ۳۰ و ۴۲ درجه سانتیگراد (Gao *et al*., 1992). در مدل ORYZA1 درجه حرارت ساعتی (T_d) با استفاده از درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر و براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_d = (T_{min} + T_{max})/2 + (T_{max} - T_{min}) \cos(0.2618\,(h - 14))/2 \quad (۱)$$

که در آن h ساعت زمانی(از ۱ تا ۲۴) در روز می‌باشد. افزایش ساعتی در واحدهای حرارتی (HUH, $^{\circ}Cd\ h^{-1}$) بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_d < T_{base}\ ,\ T_d > T_{high} : HUH = 0 \quad (۲)$$

$$T_{base} < T_d < T_{opt} : HUH = (T_d - T_{base})/24$$

$$T_{opt} < T_d < T_{high} : HUH = [T_{opt} - (T_d - T_{opt}) \times (T_{opt} - T_{base})/(T_{high} - T_{opt})]/24$$

که در آن T_{base} درجه حرارت پایه، T_{opt} درجه حرارت بهینه و T_{high} درجه حرارت حداکثر برای نمو فنولوژیکی است. بنابراین افزایش روزانه در واحدهای حرارتی (HU or TT; $^{\circ}Cd\ d^{-1}$) بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$HU = \sum_{k=1}^{24}(HUH) \quad (۳)$$

در این مدل، سرعت نمو گیاه زراعی بر اساس مقادیر ثابت سرعت نمو در مراحل مختلف فنولوژی، افزایش روزانه در واحدهای حرارتی و طول روز محاسبه شده است. چرخه زندگی گیاه برنج به چهار مرحله مهم فنولوژیک تقسیم می‌شود: (۱) مرحله رشد رویشی پایه (BVP; Basic Vegetative Phase) که از خروج کولئوپتیل (DVS=0) تا شروع مرحله حساس به طول روز (DVS=0.4) بطول می‌انجامد. سرعت نمو این مرحله با کد DVRJ مشخص می‌شود و به معنی سرعت نمو مرحله نوجوانی(Juvenile) است. (۲) مرحله حساس به طول روز (PSP; Photo-Sensitive Phase) که از انتهای BVP تا آغازش خوشه (Panicle Initiation) ادامه می‌یابد. سرعت نمو این مرحله با کد DVRI مشخص می‌شود و به معنی سرعت نمو مرحله القای خوشه می‌باشد. (۳) مرحله تشکیل خوشه (PFP; Panicle Formation Phase) که از آغازش خوشه تا ۵۰ درصد گلدهی بطول می‌انجامد. سرعت نمو این مرحله با کد DVRP مشخص می‌شود. (۴) مرحله پر شدن دانه (GFP; Grain Filling Period) که از زمان تلقیح دانه تا رسیدن فیزیولوژیک ادامه می‌یابد و سرعت نمو این مرحله با کد DVRR مشخص می‌شود. برای هر رقم زراعی مقادیر سرعت نمو در هر یک از این چهار مرحله ثابت بوده و با عکس مجموع درجه حرارت مورد نیاز برای کامل کردن مرحله‌ای خاص در یک طول روز متناسب است. تفاوت بین ارقام زراعی در کل طول دوره رشد معمولا بعلت اختلاف در طول دوره رشد رویشی پایه بیش از سایر مراحل رشد می‌باشد.

در برنج نشایی، به علت پدیده "شوک نشاکاری" وضعیت پیچیده‌تر است و باعث تاخیر در نمو فنولوژیک می‌شود. زمانی که گیاه برنج نشاکاری می‌شود، رشد گیاه زراعی تنها زمانی از سر گرفته می‌شود که "شوک نشاکاری" برطرف شده باشد. کراف و همکاران (Kropff *et al*., 1994) یک رابطه خطی بین دوره شوک نشاکاری و درجه حرارت- روز تجمعی در خزانه را گزارش نمودند. نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داد که تاخیر در نمو فنولوژیک تابعی از سن گیاهچه در زمان نشاکاری است و به صورت درجه- روز بیان می‌شود. در مدل ORYZA1 تاخیر نمو بیان شده بر اساس درجه روز نشان می‌دهد که در این مدت بعد از نشاکاری هیچ نموی اتفاق نیافتاده است. شبیه سازی مدل در زمان ظهور گیاهچه آغاز می‌شود و سرعت و چگونگی نمو را محاسبه می‌کند. در زمان نشاکاری، شوک نشاکاری از طریق سن گیاهچه و بر اساس درجه روز تعیین و با استفاده از پارامتر SHCKD [درجه- روز تاخیر نمو در واحد سن گیاهچه ($^{\circ}Cd$)] بیان می‌شود. زمانی که گیاه زراعی بطور مستقیم کشت می‌شود، شوک نشاکاری وجود نداشته و روند رشد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

متوقف نمی‌شود.

در سال‌های اخیر تعداد قابل توجهی از تحقیقات بر پایه مدل ORYZA در کشورهای آسیائی انجام شده است. از جمله این تحقیقات می‌توان به استفاده از مدل ORYZA در فیلیپین (Bouman and Van Laar, 2006)، هند (Arora, 2006)، اندونزی (Boling *et al.*, 2007)، چین (Feng *et al.*, 2007) و ایران (Amiri and Rezaei, 2009) اشاره کرد. ویکارمپاپراهارن و کوسیتساکولچای (Wikarmpapraharn and Kositsakulchai., 2010)، مدل‌های ORYZA2000 و CERES-Rice را در شرایط رشد بالقوه در اراضی شالیزاری دشت‌های مرکزی تایلند مورد ارزیابی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که هر دو مدل برای شبیه سازی رشد و نمو برنج مناسب بودند و به ویژه مدل ORYZA2000 بعنوان یک ابزار تحقیقاتی برای تصمیمات مدیریتی در مقیاس مزرعه‌ای در دشت مرکزی تایلند مورد تایید قرار گرفت.

با توجه به اهمیت استفاده از مدل های شبیه سازی در تحقیقات کشاورزی، هدف از این پژوهش استفاده از مدل ORYZA2000 برای بهینه سازی فنولوژی گیاه برنج، بهبود برنامه های آزمون سازگاری ارقام و مدیریت بهتر مزرعه در مناطق برنجکاری کشور بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز، واقع در ۱۰ کیلومتری جاده آمل به محمودآباد با عرض جغرافیائی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیائی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۳/۷ متر از سطح دریا انجام گرفت. بافت خاک محل اجرای آزمایش لوم (۲۰ درصد رس، ۴۴ درصد سیلت و ۳۶ درصد شن) و pH آن ۷/۶ بود. این آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ اجرا شد. کرت‌های اصلی سه رقم برنج طارم محلی (بومی و زودرس)، فجر (اصلاح شده، پرمحصول، میان رس) و قائم۱ (اصلاح شده، زودرس) بودند. کرت‌های فرعی شامل سنین مختلف گیاهچه (گیاهچه‌های جوان ۱۷ روزه، میانسال ۲۴ روزه و بالغ ۳۳ روزه) بودند (جدول ۱)، که

جدول ۱- مشخصات تیمارهای آزمایشی

Table 1. Description and details of experimental treatments

رقم برنج Rice cultivar	سن گیاهچه (روز) Seedling age (days)	کد تیمار Treatment's code ۱۳۸۷ 2008	۱۳۸۸ 2009
قائم۱ Ghaem1	33	GS1-008	GS1-009
	24	GS2-008	GS2-009
	17	GS3-008	GS3-009
طارم Tarom	33	TS1-008	TS1-009
	24	TS2-008	TS2-009
	17	TS3-008	TS3-009
فجر Fajr	33	FS1-008	FS1-009
	24	FS2-008	FS2-009
	17	FS3-008	FS3-009

GS1,GS2,GS3: به ترتیب گیاهچه‌های ۱۷، ۲۴ و ۳۳ روزه رقم قائم؛ TS1,TS2,TS3: به ترتیب گیاهچه‌های ۱۷، ۲۴ و ۳۳ روزه رقم طارم؛ و FS1,FS2,FS3: به ترتیب گیاهچه‌های ۱۷، ۲۴ و ۳۳ روزه رقم فجر

GS1,GS1,GS3: 33, 24 and 17 days old seedlings of Ghaem cultivar
TS1, TS2, TS3: 33, 24 and 17 days old seedlings of Tarom cultivar
FS1, FS2, FS3: 33, 24 and 17 days old seedlings of Fajr cultivar

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

با سه تاریخ مختلف بذرپاشی در خزانه و نشاکاری همزمان بدست آمدند. برای هر تاریخ بذرپاشی، بذور جوانه دار شده در جعبه های پلاستیکی با ابعاد ۳×۳۰×۶۰ سانتیمتر به مقدار ۱۰۰ گرم در هر جعبه به فاصله زمانی ۸ تا ۹ روز بذرپاشی شده و گیاهچه ها در جعبه‌های نشا پرورش یافتند. گیاهچه‌ها با سنین مختلف در سال اول در تاریخ ۸۷/۳/۴ و در سال دوم در تاریخ ۸۸/۳/۱۳ در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر با فاصله ۳۰×۱۶ سانتیمتر و به تعداد یک گیاهچه در هرکپه نشاکاری شدند.

با توجه به اینکه آزمایش در شرایط تولید بالقوه اجرا گردید، از بروز هر گونه تنش عناصر غذائی و تنش خشکی اجتناب شده و در سراسر طول دوره رشد، مزرعه عاری از هر گونه آفت، بیماری و علف‌های هرز نگهداری شد. مقادیر کود مصرفی بر اساس توصیه‌های فنی برای هر یک از ارقام و با هدف تامین نیاز غذائی ارقام برنج در طول دوره فصل رشد به صورت پایه و سرک مصرف شدند. در هر دو سال آزمایش تاریخ‌های بذرپاشی، نشاکاری، آغازش خوشه اولیه، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک ثبت شدند. در تمامی طول دوره رشد از بذرپاشی در خزانه تا برداشت، اطلاعات هواشناسی روزانه شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر هوا، میزان تابش خورشیدی، سرعت باد، فشار بخار و میزان بارندگی از ایستگاه هواشناسی مرکز واقع در فاصله ۱۰۰ متری محل اجرای آزمایش اخذ و ثبت شدند. روند درجه حرارت حداکثر و حداقل، ریزش باران و تابش خورشیدی در سال‌های آزمایش در طی فصل رشد در شکل یک نشان داده شده است. در سال دوم آزمایش (۱۳۸۸) (شکل ۱؛ c,d) در زمان گلدهی و رسیدگی، میزان تابش خورشیدی پائین‌تر، بارندگی بیشتر و دمای هوا کمتر از سال اول آزمایش (۱۳۸۷) بود (شکل ۱؛ a,b).

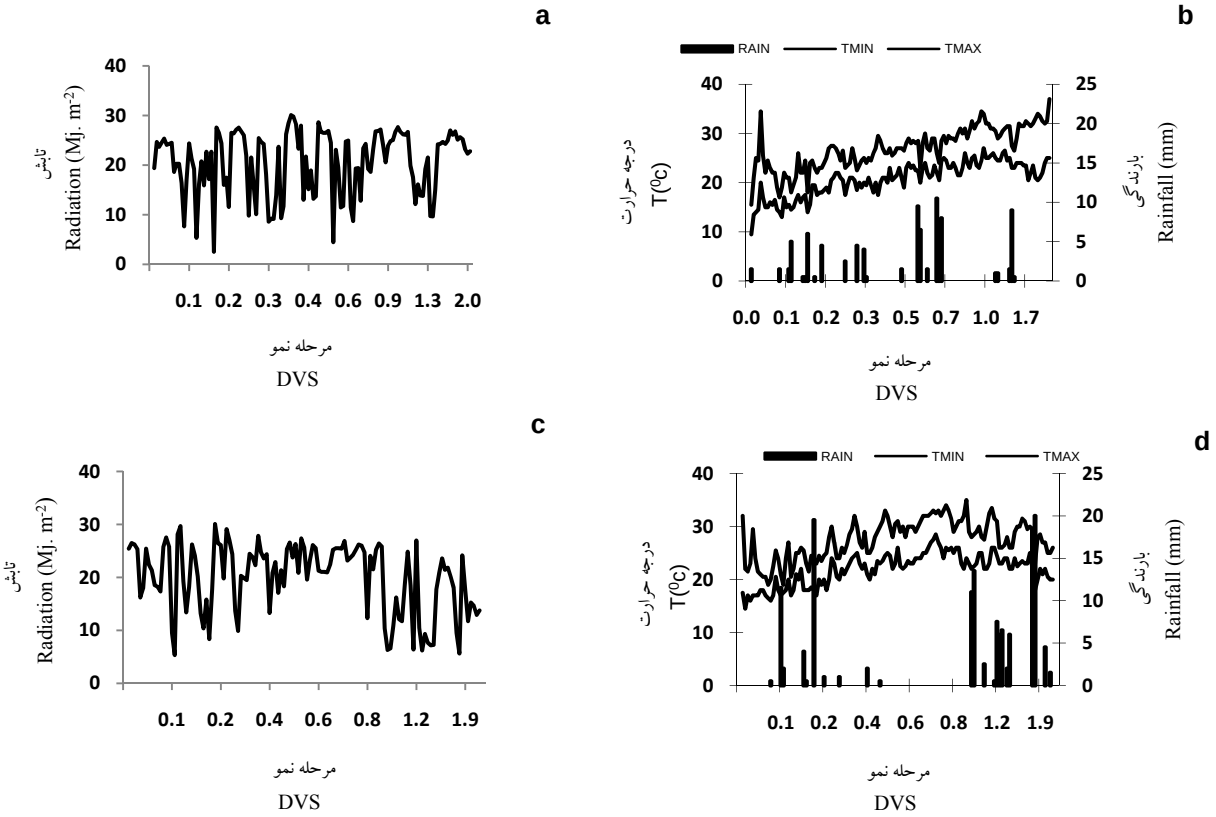
داده‌های ورودی و واسنجی مدل

واسنجی مدل با استفاده از روش بومن و ون لار (Bouman and van laar, 2006) و لی و همکاران (Li *et al*., 2009) انجام گرفت. از آنجایی که آزمایش حاضر در شرایط تولید بالقوه اجرا گردید، واسنجی مدل ORYZA2000 با استفاده از فایل داده‌های هواشناسی، فایل داده‌های آزمایشی و فایل داده‌های گیاهی انجام شد. تعداد نه مجموعه اجرایی مدل، در قالب نه تیمار آزمایشی متشکل از سه رقم برنج و سه سن مختلف گیاهچه در زمان نشاکاری، طراحی شدند. برای هر مجموعه اجرایی مدل از داده‌های بدست آمده از آزمایش مزرعه‌ای سال ۱۳۸۷ به عنوان مجموعه داده‌های مورد نیاز برای واسنجی مدل استفاده گردید. سرعت نمو گیاه زراعی (DVR) در مراحل مختلف فنولوژی، ضرایب تسهیم مواد فتوسنتزی، سطح ویژه برگ (SLA)، سرعت مرگ و میر برگ و کسر ذخایر ساقه از بهترین مشخصات و خصوصیات برای واسنجی شرایط محیطی و رقم می‌باشند که در این تحقیق محاسبه و مورد استفاده قرار گرفتند. سرعت نمو بر اساس افزایش روزانه در واحدهای حرارتی برای مراحل مختلف فنولوژی محاسبه شده است که عبارتند از: مرحله رشد رویشی پایه، مرحله حساس به طول روز، مرحله آغازش خوشه اولیه و مرحله پرشدن دانه. ماده خشک تولید شده بوسیله گیاه زراعی بین اندام‌های هوایی و ریشه ها بر پایه ضرایب تسهیم تعریف شده تقسیم می‌شوند که تابعی از مرحله نمو فنولوژیک می‌باشد. مواد فتوسنتزی موجود در اندام‌های هوایی بین بخش‌های مختلف گیاهی از جمله برگ‌ها، ساقه‌ها و اندام‌های ذخیره‌ای (خوشه و دانه) تقسیم می‌شود. سطح ویژه برگ یا ضخامت برگ عبارتست از نسبت سطح برگ‌ها در واحد وزن. سرعت رشد نسبی برگ عبارت است از افزایش روزانه کل سطح برگ در واحد سطح زمین (شاخص سطح برگ) و سرعت مرگ و میر برگ عبارت از کاهش ماده خشک برگ در اثر پیری می‌باشد. کسر ذخایر ساقه، عبارتست از مقدار مواد فتوسنتزی (نشاسته و قند) که در ساقه (ساقه و غلاف

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

برگ) تجمع می‌یابد و در طول مدت رسیدگی و پر شدن دانه به اندام‌های ذخیره‌ای (دانه ها) انتقال یا انتقال مجدد می‌یابد. این پارامترهای گیاهی از داده‌های آزمایشی تحت شرایط تولید پتانسیل در مزرعه بدست آمدند. سرعت‌های نمو با استفاده از تاریخ‌های ثبت شده در مراحل مختلف فنولوژی (ظهور گیاهچه، نشاکاری، آغازش خوشه اولیه، گلدهی و رسیدگی) و با استفاده از برنامه DRATES محاسبه شدند. سطح ویژه برگ با استفاده از سطح برگ سبز اندازه گیری شده و وزن خشک برگ محاسبه شد. ضرایب تسهیم ماده خشک، سرعت مرگ و میر برگ و کسر ذخایر ساقه با استفاده از برنامه PARAM محاسبه شدند. علاوه بر پارامتر سرعت نمو، پارامتر خاص دیگری که به منظور واسنجی مدل در این آزمایش استفاده گردید، شوک نشاکاری برای نمو فنولوژیکی بود. برای هر یک از نه مجموعه از مدل‌های اجرایی در این آزمایش، مقادیر شوک نشاکاری (تاخیر نمو در واحد سن گیاهچه بر پایه درجه- روز) بر اساس مجموعه داده‌های مزرعه‌ای سال ۱۳۸۷ برای هر نه تیمار محاسبه و مقادیر بدست آمده در فایل خصوصیات گیاهی وارد گردید. فایل‌های هواشناسی، عملیات زراعی و مدیریت مزرعه برای کلیه بودند (به جز سنین مختلف گیاهچه و خصوصیات گیاهی ارقام مورد استفاده که در آزمایش مورد آزمون قرار گرفتند). کلیه داده‌های نه تیمار آزمایشی، بطور هم زمان در شرایط تولید بالقوه برای واسنجی مدل استفاده شدند. برای گیاه برنج، شرایط



شکل۱- تغییرات درجه حرارت حداکثر و حداقل هوا، بارندگی و تابش خورشیدی محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۸۷ (a,b) و سال ۱۳۸۸ (c,d) در طول دوره رشد برنج

Fig. 1. Variation of daily maximum and minimum temperature, rainfall and solar radiation in 2008 (a,b) and 2009 (c,d) during rice growing seasons. (DVS: Development stage of rice plant)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

تولید بالقوه به معنای تامین مقدار کافی و مورد نیاز آب و نیتروژن و نیز عدم وارد شدن خسارت آفات و بیماری‌ها می‌باشد(Li *et al.*, 2009). پارامترهای گیاهی و مقادیر سرعت نمو محاسبه شده در سال اول که برای واسنجی مدل مورد استفاده قرار گرفتند، برای اعتبار سنجی مدل در سال دوم نیز استفاده شدند.

ارزیابی مدل

عملکرد مدل ORYZA2000 در این آزمایش به صورت جداگانه برای مجموعه داده‌های سال اول آزمایش (داده‌های واسنجی) و نیز سال دوم آزمایش (داده‌های اعتبارسنجی) مورد ارزیابی قرار گرفت. تکرار استفاده از یک مدل در شرایط مطلوب آزمایشی و مقایسه بین مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل و مقادیر اندازه گیری شده در مزرعه می‌تواند باعث افزایش سطح اطمینان در پایداری مدل برای هدفی خاص گردد. ترکیبی از نمایش گرافیکی و اندازه‌گیری‌های آماری برای ارزیابی کارایی مدل مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس روش‌های توسعه یافته توسط بومن و ون لار (Bouman and Van Laar, 2006)، در این آزمایش نیز اقدام به مقایسه گرافیکی مقادیر شبیه سازی شده و اندازه‌گیری شده گردید. از نمودار پراکنش داده‌های شبیه سازی شده و اندازه گیری شده و خطوط ۱:۱ نیز به منظور نشان دادن تناسب کلی مدل (کارایی کلی مدل) استفاده شد. برای متغیرهای مشابه، شیب خط(α)، عرض از مبدا (β) و ضریب تبیین (R^2) رگرسیون خطی بین مقادیر شبیه سازی شده (Y) و اندازه گیری شده (X) محاسبه گردید. به علاوه، آزمون مقایسه میانگین واریانس نامساوی (P (t)) و ریشه میانگین مربعات خطای مطلق ($RMSE_a$) (Root Mean Square Error$_{absolute}$) و نرمال شده ($RMSE_n$) (Root Mean Square Error$_{normalized}$) نیز بین مقادیر شبیه سازی شده و اندازه گیری شده، بر اساس روابط زیر محاسبه شد.

$$RMSE_a = (1/n\ \Sigma(Y_i - X_i)^2)^{0.5} \quad (۴)$$

$$RMSE_n = 100 \times RMSE_a / \Sigma X_i/n \quad (۵)$$

که در آن n تعداد مشاهدات است. یک مدل زمانی می‌تواند بهترین پیش بینی و بازتولید داده‌های آزمایشی را داشته باشد که α مساوی ۱، و β مساوی صفر، R^2 برابر ۱، P(t*) بزرگتر از ۰/۰۵ ، $RMSE_a$ مشابه با انحراف معیار و $RMSE_n$ برابر با ضریب تغییرات داده‌های اندازه گیری شده گردد. در روش دیگری که توسط رینالدی و همکاران (Rinaldi *et al.*, 2003) ارائه شد، چنانچه مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده کمتر از ۱۰، بین ۲۰-۱۰، بین ۳۰-۲۰ و بیشتر از ۳۰ گردد، به ترتیب نشان دهنده صحت عالی، خوب، متوسط و ضعیف در شبیه سازی است.

جدول ۲- سرعت‌های نمو فنولوژی محاسبه شده تیمارهای آزمایشی برای واسنجی و اعتبارسنجی مدلORYZA2000

Table 2. The computed phenological development rates of treatments for ORYZA2000 model calibration and validation

کد	سرعت نمو در مرحله جوانی	مرحله حساس به طول روز	مرحله نمو خوشه	مرحله پر شدن دانه
Code	DVRJ $(°Cd)^{-1}$	DVRI $(°Cd)^{-1}$	DVRP $(°Cd)^{-1}$	DVRR $(°Cd)^{-1}$
GS1-08	0.000761	0.000758	0.000868	0.002304
GS2-08	0.000857	0.000758	0.000747	0.002441
GS3-08	0.000869	0.000758	0.000796	0.002579
TS1-08	0.000837	0.000758	0.000811	0.002422
TS2-08	0.001128	0.000758	0.000747	0.002441
TS3-08	0.001259	0.000758	0.000733	0.002473
FS1-08	0.000562	0.000758	0.000834	0.002160
FS2-08	0.000631	0.000758	0.000851	0.002198
FS3-08	0.000668	0.000758	0.000845	0.002147

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

نتایج

سرعت‌های نمو فنولوژیک

سرعت‌های نمو در تیمارهای مختلف آزمایش با استفاده از داده‌های مربوط به نمو فنولوژیک ثبت شده و به وسیله اجرای برنامه DRATES برای مجموعه داده‌های واسنجی محاسبه شدند (جدول ۲). با توجه به نتایج بدست آمده سرعت‌های نمو در تیمارهای آزمایشی برای ارقام و سنین مختلف گیاهچه متفاوت بودند. میانگین سرعت‌های نمو در مراحل رشد رویشی پایه (DVRJ) و مرحله پر شدن دانه (DVRR) در گیاهچه‌های جوان‌تر بیشتر بود و سرعت نمو در مرحله تشکیل خوشه (DVRP) در گیاهچه‌های مسن‌تر بیشتر از گیاهچه‌های جوان‌تر بود. نتایج بدست آمده با گزارش پاساکویین و همکاران (Pasuquin *et al.*, 2008) و یافته های کوترا و همکاران (Kotera *et al.*, 2004) مطابقت دارد. هر چند که ارقام زودرس (قائم و طارم) دارای DVRJ و DVRR بیشتری در مقایسه با رقم میان رس فجر بودند. بطور کلی رقم زودرس و بومی طارم در مقایسه با ارقام اصلاح شده فجر و قائم دارای DVRJ و DVRR بالاتر و DVRP پائین‌تر بود. خانال (Khanal, 2005) گزارش داد که ارقام زودرس برنج در مقایسه با ارقام دیررس، دارای سرعت نمو بیشتری در مرحله رشد رویشی پایه می باشند. البته سرعت نمو یک خصوصیت ثابت رقم زراعی در شرایط محیطی خاص می‌باشد، بنابراین می‌توان از سرعت‌های نمو محاسبه شده در جدول۲ در آزمایشات دیگر برای ترکیب رقم و سن گیاهچه خاص (تیمار خاص) استفاده نمود.

مقایسه بین مراحل فنولوژی مشاهده شده و شبیه سازی شده

تفاوت بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده مراحل مختلف فنولوژیک رشد، از جمله زمان آغازش خوشه اولیه، تاریخ گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. در خصوص تاثیر سن گیاهچه بر فنولوژی گیاه برنج و طول دوره رشد آن دو دیدگاه وجود دارد؛ یکی بر پایه تعداد روز بعد از نشاکاری تا زمان رسیدگی و دیگری بر پایه تعداد روز بعد از ظهور گیاهچه در خزانه تا زمان رسیدگی. بر پایه تعداد روز بعد از نشاکاری تا رسیدگی، طول دوره هر یک از مراحل فنولوژیک و نیز کل طول دوره رشد از نشاکاری تا رسیدگی، با نشاکاری گیاهچه‌های جوان به تاخیر افتاد (جدول ۳). در مقابل، بر اساس تعداد روز بعد از ظهور گیاهچه در خزانه تا رسیدگی، طول دوره هر یک از مراحل فنولوژیک و نیز کل طول دوره رشد از بذرپاشی تا برداشت، با نشاکاری گیاهچه‌های مسن به تاخیر افتاد (جدول ۴). سنین مختلف گیاهچه، طول دوره زمانی تا رسیدگی محصول را به مدت ۷ تا ۱۰ روز تغییر دادند. نتایج بدست آمده با گزارش های پاتل (Patel, 1999) مطابقت دارد. مدل ORYZA2000 توانست پیش بینی خوبی از مراحل فنولوژی داشته باشد، اما بطور کلی مدل طول دوره رشد را کمتر از مقدار مشاهده شده برآورد کرد. نتایج تجزیه آماری بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده مراحل فنولوژیک در جدول ۵ نشان داده شده است. اختلاف بسیار کمی در مقادیر RMSE بین مراحل مختلف فنولوژی وجود داشت. دامنه مقادیر $RMSE_a$ برای مراحل مختلف فنولوژیک، ۳ تا ۴ روز و مقادیر $RMSE_n$ بین ۴ تا ۶ درصد بدست آمد. نتایج آزمون t نشان داد که بین مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده متغیرهای فنولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مقادیر بالای R^2 نشان دهنده پراکندگی کم داده‌ها می‌باشد. خط ۱:۱ مقادیر برآورد شده و انحراف معیار آن‌ها برای متغیرهای اندازه‌گیری شده، در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس مقادیر شبیه سازی شده، بین خطوط ±SD مقادیر اندازه‌گیری شده قرار داشتند. البته اکثر مقادیر شبیه سازی شده در طول دوره رشد، کمی پایین‌تر از خط ۱:۱ بودند که نشان دهنده وضعیت کم

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

برآوردی مدل (هر چند به میزان کم) است. لی و همکاران (Li et al., 2009) گزارش‌های زیادی را از کاربرد مدل ORYZA2000 در کشورهای آسیایی مورد بررسی قرار دادند و قابلیت بالای این مدل را برای شبیه سازی مراحل فنولوژیک برنج در شرایط تولید بالقوه تایید نمودند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، مدل ORYZA2000 تحت شرایط تولید بالقوه برای بدست آوردن ضرایب نمو فنولوژیک گیاه برنج در سنین مختلف گیاهچه واسنجی گردید. بر پایه نتایج بدست آمده، نمو گیاه برنج تحت تاثیر سنین مختلف گیاهچه در زمان نشاکاری و نوع رقم برنج قرار

جدول ۳- مقایسه بین مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده فنولوژی بر پایه تعداد روز بعد از نشاکاری در مدل ORYZA2000

Table 3. Comparison between observed and simulated phenology based on days after transplanting in ORYZA2000 model

	آغازش خوشه اولیه (روز بعد از نشاکاری) Panicle initiation (DAT)		گلدهی Flowering		رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity	
کد تیمار Treatment code	مشاهده شده Observed	شبیه سازی شده Simulated	مشاهده شده Observed	شبیه سازی شده Simulated	مشاهده شده Observed	شبیه سازی شده Simulated
GS1-09	34	30	57	51	83	76
GS2-09	39	35	65	60	88	83
GS3-09	43	40	67	64	90	86
TS1-09	36	33	58	56	85	80
TS2-09	39	36	62	61	89	85
TS3-09	42	40	65	65	91	89
FS1-09	40	39	64	62	92	89
FS2-09	44	42	70	65	96	92
FS3-09	47	46	73	69	99	97

جدول ۴- مقایسه بین مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده فنولوژی بر پایه تعداد روز بعد از ظهور گیاهچه در خزانه در مدل ORYZA2000

Table 4. Comparison between observed and simulated phenology based on days after emergence in ORYZA2000 model

	آغازش خوشه اولیه (روز بعد از خروج گیاهچه) Panicle initiation (DAE)		گلدهی Flowering		رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity	
کد تیمار Treatment code	مشاهده شده Observed	شبیه سازی شده Simulated	مشاهده شده Observed	شبیه سازی شده Simulated	مشاهده شده Observed	شبیه سازی شده Simulated
GS1-09	67	63	90	84	116	109
GS2-09	63	59	89	84	112	107
GS3-09	60	57	84	81	107	103
TS1-09	69	66	91	89	118	113
TS2-09	63	60	86	85	113	109
TS3-09	59	57	82	82	108	106
FS1-09	73	72	97	95	125	122
FS2-09	68	66	94	89	120	116
FS3-09	64	63	90	86	116	114

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

جدول ۵- ارزیابی نتایج شبیه سازی مراحل فنولوژیک با استفاده از مدل ORYZA2000 بر اساس مجموعه داده‌های اعتبارسنجی

Table 5. Evaluation results for ORYZA2000 simulations of phonological stages, for the validation data sets

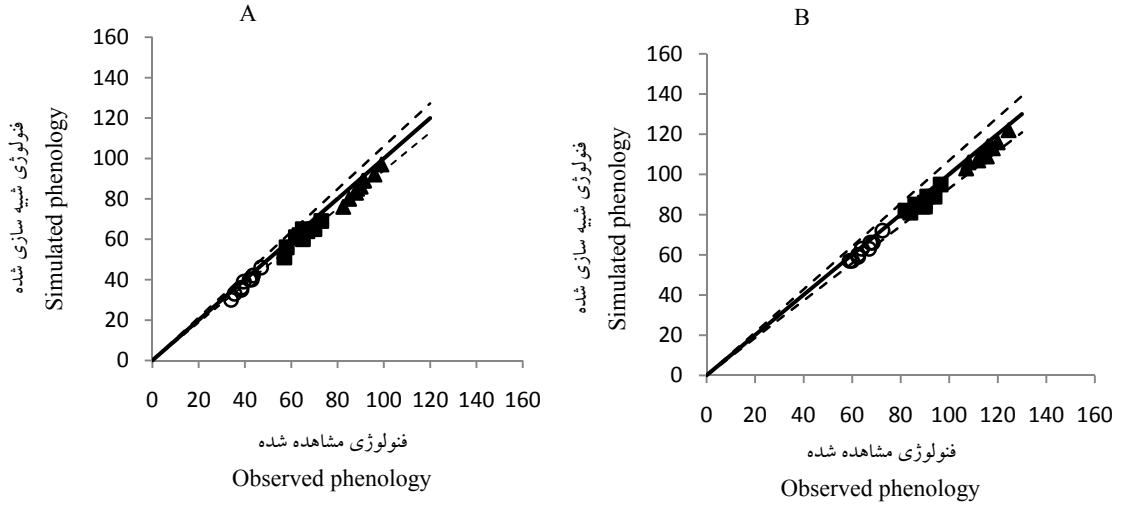
متغیرهای مراحل فنولوژیک گیاه Crop phenology variables		تعداد داده‌های جفت شده Number of data pairs	میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده (انحراف معیار) Mean of measured Values (standard deviation)	میانگین مقادیر شبیه سازی شده (انحراف معیار) Mean of simulated values (standard deviation)	آزمون t P(t*)	شیب خط رگرسیون Slope of linear regression	عرض از مبدا Intercept	ضریب تبیین R^2	جذر میانگین مربعات خطای مطلق Absolute root mean square error	جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده Normalized root mean square error (%)
Days after emergence	روزهای بعد از ظهور گیاهچه									
Panicle initiation	تشکیل خوشه اولیه	9	65 (4)	63 (5)	0.16*	1.100	-9	0.95	3	4
Flowering time	زمان گلدهی	9	89 (5)	86 (4)	0.08*	0.837	11	0.80	4	4
Physiological maturity	رسیدگی فیزیولوژیک	9	115 (6)	111 (6)	0.09*	0.999	-4	0.93	4	4
Days after transplanting	روزهای بعد از نشاکاری									
Panicle initiation	تشکیل خوشه اولیه	9	40 (4)	38 (5)	0.15*	1.167	-9	0.96	3	6
Flowering time	زمان گلدهی	9	65 (5)	61 (5)	0.12*	0.955	-0.2	0.85	4	6
Physiological maturity	رسیدگی فیزیولوژیک	9	90 (5)	86 (6)	0.09*	1.226	-24	0.97	4	5

*: Means simulated and observed values are the same at 5% probability level

* : مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]



شکل ۲- مراحل فنولوژیک شبیه سازی شده و مشاهده شده برای زمان آغازش خوشه اولیه (○)، گلدهی(■)، و رسیدگی فیزیولوژیکی(▲)؛ خطوط پر نشان دهنده رابطه ۱:۱ می‌باشند؛ خطوط منقطع انحراف معیار نسبت به خط ۱:۱ می باشند. A: روزهای بعد از نشاکاری. B: روزهای بعد از خروج گیاهچه

Fig. 2. Simulated versus observed phonological stages for panicle initiation (○), flowering (■) and physiological maturity (▲), for the growing season of 2009 (validation set); Solid lines are the 1:1 relationship; broken lines are plus and minus standard deviation around the 1:1 line as derived from a data set using variety-seedling ages combination. A: Days after transplanting; B: Days after emergence

گرفت. این رابطه از دو دیدگاه قابل بحث است. اول اینکه کل طول دوره رشد گیاه برنج از بذرپاشی در خزانه تا رسیدگی دارای رابطه مثبت با سن گیاهچه در زمان نشاکاری می‌باشد. در مقابل، طول دوره رشد گیاه برنج از نشاکاری تا رسیدگی با سن گیاهچه رابطه عکس دارد (جدول‌های ۳ و ۴). با توجه به استفاده از خزانه نشای جعبه‌ای و عدم خسارت به ریشه گیاهچه‌ها در زمان نشاکاری برنج (در مقایسه با خزانه‌های سنتی)، میزان شوک نشاکاری با سن گیاهچه رابطه عکس داشته و زمان شروع نمو بعد از نشاکاری در گیاهچه‌های مسن‌تر زودتر از گیاهچه‌های جوان بود، اگرچه در اواسط مرحله پنجه زنی سرعت ظهور پنجه‌ها در گیاهچه‌های جوان بیشتر از گیاهچه‌های مسن بود. ساساکی (Sasaki, 2004) گزارش نمود که تعداد ریشه‌های خارج شده در ۸ روز بعد از نشاکاری در گیاهچه‌های مسن‌تر پرورش یافته در خزانه‌های جعبه‌ای بیشتر از گیاهچه‌های جوان‌تر بود. این موضوع بر خلاف رابطه بین سن گیاهچه و شوک نشاکاری در مدل ORYZA2000 است، زیرا در این مدل ضرایب بدست آمده برای شوک نشاکاری از سیستم خزانه‌گیری سنتی بدست آمده بودند که کندن گیاهچه‌ها از خزانه باعث قطع بخش‌های زیادی از ریشه گیاهچه‌ها و افزایش شوک نشاکاری، به خصوص در گیاهچه‌های مسن، می‌گردد. بنابراین در این تحقیق از ضرایب محاسبه شده برای شوک نشاکاری استفاده و مدل بر اساس ضرایب تغییر یافته واسنجی و ارزیابی گردید و مدل توانست پیش بینی بسیار خوبی از مراحل فنولوژیک ارقام در سنین مختلف گیاهچه داشته باشد. بر پایه نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد که مدل ORYZA2000 می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای انتخاب راهکار مناسب قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای از جمله آزمون‌های

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

سازگاری و انتخاب ارقام، تعیین مناسب‌ترین فنولوژی و یافتن تیپ ایده آل برنج برای اقلیم‌ها و مناطق مختلف برنجکاری کشور مورداستفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از دکتر بومن (Bouman, B. A. M.) و همکاران ایشان در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) برای تهیه نرم‌افزار مدل ORYZA2000 تشکر می‌کنند. این تحقیق با حمایت و پشتیبانی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز انجام شده است که بدینوسیله از آقای مهندس رعیت پناه ریاست محترم مرکز و آقای مهندس سید جلال حسینی کارشناس گروه زراعت سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Amiri, E. and M. Rezaei. 2009. Testing the modeling capability of ORYZA2000 under water-nitrogen limit condition in northern Iran. World Appl. Sci. J. 6: 1113-1122.

Arora, V. K. 2006. Application of a rice growth and water balance model in an irrigated semi-arid subtropical environment. Agric. Water Manage. 88: 51-57.

Ashraf, M., A. Khalid and K. Ali. 1999. Effect of seedling age and density on growth and yield of rice in saline soil. Pak. J. Biol. Sci. 2: 860–862.

Boling, A., B. A. M. Bouman., T. P. toung., M. V. R. Murty and S. Y. Jatmico. 2007. Increasing rainfed rice productivity in centreal java, Indinesia: A modeling approach using ORYZA2000. Agric. Sys. 92: 115-139.

Bouman, B. A. M. and H. H. Van Laar. 2006. Description and evaluation of the rice growth model ORYZA2000 under nitrogen-limited conditions. Agric. Sys. 3: 249-273.

Bouman, B. A. M., M. J. Kropff., T. P. Tuong., M. C. S. Wopereis., H. F. M. Ten Berge and H. H. Van Laar. 2001. ORYZA2000: Modelling Lowland Rice. International Rice Research Institute, Wageningen University and Research Centre, Los Banos, Philippines, Wageningen, The Netherlands.

Bouman, B. A. M., H. Van Keulen., H. H. Van Laar and R. Rabbinge. 1996. The School of de Wit crop growth simulation models: pedigree and historical overview. Agric. Sys. 52: 171–198.

Feng, L., B. A. M. Bouman, T. P. Tuong., R. J. Cabangon., Y. Li., G. Lu and Y. Feng. 2007. Exploring options to grow rice under water-short condition in northern China using a modeling approach. I: Field experiments and model evaluation. Agric. Water Manage. 88: 1-13.

Gao, L., Z. Jin., Y. Huang and L. Zhang. 1992. Rice clock model-a computer model to simulate rice development. Agric. Forest Meteor. 60: 1-16

Huang, Y., L. Gao., Z. Jin, and H. Chen. 1998. Simulating the optimal growing season of rice in the Yangtze River Valley and its adjacent area, China. Agric. Forest Meteor. 91: 251-262.

JICA. 1993. The feasibility study on the irrigation and drainage development project in the HARAZ river basin. Japan International Cooperation Agency. Islamic Republic of Iran, Ministry of Agriculture.

Khanal, R. R. 2005. Phyllochron and leaf development in field grown rice genotypes under varying thermal

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

environments of a high altitude cropping system. MSc. Thesis. Univ. of Zu Bonn. Germany.

Kotera, A., E. Nawata., P. Chuong., N. N. Giao. and T. Sakuratani. 2004. A model for phenological development of Vietnamese rice influenced by transplanting shock. Plant Prod. Sci. 7: 62–69.

Kropff, M. J., H. H. Van Laar and R. B. Matthews. 1994. ORYZA1: an ecophysiological model for irrigated rice production. SARP Research Proceedings, IRRI/AB-DLO, Wageningen, The Netherlands.

Li, T., B. A. M. Bouman. and A. Boling. 2009. The calibration and validation of ORYZA2000. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.

Nakagawa, H. and T. Horie. 1995. Modeling and prediction of developmental process in rice. II. A model for simulation panicle development based on daily photoperiod and temperature. Jpn. J. Crop Sci. 64: 33-42.

Pasuquin, E., T. Lafarge and B. Tubana. 2008. Transplanting young seedling in irrigated rice fields: Early and high tiller production enhanced grain yield. Field Crops Res. 105: 141-155.

Patel, J. R. 1999. Response of rice (*Oryza sativa*) to time of transplanting, spacing and age of seedlings. Indian J. Agron. 44: 344–346.

Rinaldi, M., N. Losavio and Z. Flagella. 2003. Evaluation of OILCROP-SUN model for sunflower in southern Italy. Agic. Sys. 78: 17-30.

Ritchie, J. T., E. C. Alocilja, U. Singh and G. Uehara. 1987. IBSNAT and the CERES-Rice model. In Proceedings of the workshop on impact of weather parameters on growth and yield of rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 271-281.

Salam, M. U., P. R. Street and J. G. W. Jones. 1994. Potentioal production of Boro rice in the Haor Region of Bangeladesh. Part1. The simulation model, validation and sensitivity analysis. Agric. Sys. 46: 257-258.

Sasaki, R. 2004. REVIEW: Characteristics and Seedling Establishment of Rice Nursling Seedlings. JARQ, 38(1) 7 – 13.

Singh, R. S. and B. Singh. 1998. Response of rice (*Oryza sativa*) to age of seedlings and level and time of application of nitrogen under irrigated condition. Indian J. Agron. 43: 632–635.

Wikarmpapraharn, C. and E. Kositsakulchai. 2010. Evaluation of ORYZA2000 and CERESS-Rice models under potential growth condition in the central plain of Thailand. Thai. J. Agric. Sci. 43(1) 17-29.

Yin, Xinyou., P. C. Struik, J. Tang, Ch. Qi and T. Liu. 2005. Model analysis of flowering phenology in recombinant inbred lines of barley. J. Exp. Bot. 56(413): 959-965.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]

Simulation of phonological development and growth duration of three rice cultivars at different seedling ages using ORYZA2000 model

Amiri Larijani, B.[1], Z. Tahmasebi Sarvestani [2], Gh. A. Nematzadeh[3], E. Amiri[4] and M. Esfahani[5]

ABSTRACT

Amiri Larijani B., Z. Tahmasebi Sarvestani, Gh. A. Nematzadeh, E. Amiri and M. Esfahani. 2011. Simulation of phonological development and growth duration of three rice cultivars at different seedling ages using ORYZA2000 model**. Iranian Journal of Crop Sciences. 13 (3):466-480. (In Persian).**

Simulation models are very useful for prediction of rice phonological stages and crop adaptation to different agroechological systems. The objective of this study was to calibrate and validate the ORYZA2000 model under optimum production conditions for simulatinig and quantifying of the phonological development and crop duration of three rice cultivars as influenced by different seedling ages to improve crop management in rice growing areas of Iran. To calibrate crop parameters and validate of ORYZA2000, field experiments were carried out in Haraz Center for Development and Extension of Technology, Iran, during the 2008 and 2009 growing seasons. The experiment was conducted as a split plot arrangement in randomized complete block design with 3 replications. Main plots were three rice cultivars, Tarom, Fajr and Ghaem1, and Sub plots were three seedling ages consisted of seedlings 17, 24 and 33 days old. Observed crop data set were collected from the first year field trail for crop parameter estimation in ORYZA2000 and those from the second year for model validation. The ORYZA2000 model, with range of absolute RMSE values between 3-4 days, had high accuracy for prediction of different phonological stages of rice cultivars. Considering appropriate ability of ORYZA2000 model in simulation of phonological stages of rice cultivars, it can be used as an appropriate tool for programming of paddy field management and appropriate decision support system for adaptation trials of improved and introduced rice cultivars in different agro- climatic regions.

Key words: ORYZA2000 model, Phenology, Rice, Seedling age and Simulation.

Received: November, 2010 Accepted: Februray, 2011

1- Ph.D student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Associate Prof., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding author) (Email: tahmaseb@modares.ac.ir)
3- Professor, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran
4- Assistant Prof., Lahijan branch, Islamic Azad University, Iran
5- Associate Prof., University of Guilan, Rasht, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.3.1]