"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و سوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

DOR: 0.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2

ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج (*Oryza sativa* L.) با استفاده از روش GGEبای‌پلات

Evaluation of adaptability and grain yield stability of rice (*Oryza sativa* L.) promising lines using GGE biplot

مریم حسینی چالشتری[۱]، حسین رحیم‌سروش[۲]، مهرزاد اله‌قلی‌پور[۳]، مسعود کاوسی[۴]، محمدرضا یزدانی[۵]، فرزاد مجیدی[۶]، کبری تجددی‌طلب[۷] و سیده‌فاطمه دانیالی[۸]

چکیده

حسینی چالشتری، م.، ح. رحیم‌سروش، م.اله‌قلی‌پور، م. کاوسی، م. ر. یزدانی، ف. مجیدی، ک. تجددی طلب و س. ف. دانیالی. ۱۴۰۰. ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج (*Oryza sativa* L.) با استفاده از روش GGE بای‌پلات. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۲): ۱۹۷-۱۸۴.**

در برنامه‌های معرفی ارقام جدید، ارزیابی سازگاری و پایداری لاین‌های خالص از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با این هدف تعداد هشت لاین خالص برنج، حاصل از تلاقی ارقام محلی هاشمی، دمسیاه، علی کاظمی و دیلمانی و ارقام اصلاح‌شده خزر، کادوس و IR60 همراه با سه رقم خزر، هاشمی و گیلانه (شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شش محیط (سه سال ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹و دو مکان رشت و چپرسر) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه GGEبای‌پلات نشان داد که دو مولفه اصلی اول (اثر اصلی ژنوتیپ) و دوم (برهمکنش ژنوتیپ در محیط) به ترتیب ٦١ و ٢١ درصد و در مجموع ٨٢ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. نتایج حاصل از رتبه‌بندی بر مبنای عملکرد دانه و پایداری به طور همزمان و مقایسه با ژنوتیپ مطلوب نشان داد که برترین ژنوتیپ G7 (حاصل از تلاقی والد مادر دیلمانی و والد پدر کادوس) بوده و پس از آن ژنوتیپ‌های G3 (حاصل از تلاقی والد مادر بخشنده دمسیاه و والد پدر دوره‌ای خزر)، G8 (حاصل از تلاقی والد مادری دوره‌ای دمسیاه و والد پدری بخشنده خزر) وG2 (حاصل از تلاقی والد مادری دوره‌ای هاشمی و والد پدری بخشنده IR60) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین ژنوتیپ‌های G7 و G3 به عنوان سازگارترین و پایدارترین ژنوتیپ‌ها برای طی مراحل نهایی برنامه معرفی رقم انتخاب شدند. ژنوتیپ G7 حاصل از تلاقی رقم اصلاح‌شده و پرمحصول کادوس با رقم محلی خوش‌کیفیت دیلمانی بوده و میانگین عملکرد دانه آن ۷۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. ژنوتیپ G3 حاصل از تلاقی رقم پرمحصول خزر و رقم محلی دمسیاه بوده و با هدف حفظ خصوصیات مطلوب خزر و بهبود کیفیت پخت از طریق دمسیاه اصلاح شده و میانگین عملکرد آن ٦٥١٠ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس نتایج این تحقیق هر دو ژنوتیپ G7 و G3 بعنوان لاین‌های خالص و خوش‌کیفیت (به‌ترتیب حاوی ۲۲/۰۲ و ۲۲/۰۹ درصد آمیلوز، با ٤٢ و ٤٠ میلی‌متر قوام ژل، نمره ٤/٧١ و ٣/٩٦ دمای ژلاتینی شدن، ١/٦٠ و ١/٥٧ میزان طویل شدن دانه) و متوسط‌رس (١٢٥ و ١٢٢ روز از بذرپاشی در خزانه تا رسیدگی) شناخته شده و قابلیت معرفی به عنوان رقم جدید برنج را دارند.

واژه‌های کلیدی: آمیلوز دانه، برنج، تجزیه پایداری، کیفیت و GGEبای‌پلات

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۴/۱۶ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۷۰۴۴۰-۰۱۶-۰۴-۰۴-۰ مصوب موسسه تحقیقات برنج کشور می‌باشد

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: mhkhossieni@gmail.com)
۲- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۳- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۴- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۵- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۶- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۷- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۸- دانش آموخته دکتری و همکار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در سراسر جهان و منبع غذایی و انرژی پایدار برای بیش از نیمی از جمعیت جهان (FAO, 2017)، به ویژه در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود. با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا، معرفی لاین‌های امیدبخش با پایداری و سازگاری بالا مورد توجه اصلاح‌کنندگان برنج قرار گرفته است.

تجربیات نشان داده است که تولید محصول با هدف افزایش کمیت بدون توجه به کیفیت آن، مورد استقبال مصرف‌کنندگان قرار نگرفته است. ارقام محلی برنج علیرغم پایین بودن عملکرد، به علت کیفیت پخت عالی، بیشترین سطح زیرکشت را در ایران دارند. با در نظر گرفتن معایب ارقام محلی از جمله پایین بودن عملکرد دانه، پابلندی و حساسیت به خوابیدگی بوته و بیماری بلاست، اصلاح این ارقام با هدف رفع معایب آن‌ها ضروری است، بنابراین یکی از اهداف برنامه‌های معرفی ارقام جدید برنج، اصلاح ارقام پرمحصول با کیفیت پخت مشابه ارقام محلی است و از سال ۱۳۹۵ تا کنون چند رقم خوش کیفیت مانند گیلانه، آنام و گیلار معرفی شده‌اند. ارقام در دست معرفی نیز با هدف افزایش عملکرد، کیفیت پخت مطلوب، مقاومت به خوابیدگی و سایر خصوصیات مطلوب زراعی اصلاح شده‌اند (Allahgholipour *et al.*, 2019 a,b).

یکی از مراحل مهم در برنامه معرفی ارقام، ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های امید بخش، برآورد دقیق برهمکنش ژنوتیپ در محیط و در نهایت گزینش بهترین لاین‌ها در مراحل نهایی برنامه است. بدین منظور و برای شناسایی ارقام پرمحصول و پایدار، اجرای آزمایشات چند محیطی حائز اهمیت است (Meng *et al.*, 2016). داشتن اطلاعات از برهمکنش ژنوتیپ در محیط به ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌های پایدار کمک می‌کند (Akter *et al.*, 2014). برهمکنش عوامل ژنتیکی و غیرژنتیکی بر رشد گیاه به عنوان برهمکنش ژنوتیپ در محیط (G×E) در نظر گرفته می‌شود. برهمکنش ژنوتیپ در محیط از چالش‌های بزرگ اصلاح‌کنندگان نبات در تولید ارقام اصلاح شده است. روش‌های مختلفی برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف وجود دارند (Darai *et al.*, 2017). مدل اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI)، به طور گسترده‌ای در تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از آزمایشات چندمحیطی استفاده شده است (Yan *et al.*, 2007; Sharifi *et al.*, 2017, Jain *et al.*, 2018; Lingaiah *et al.*, 2020). مدل AMMI به به‌نژادگر امکان می‌دهد که تنها برهمکنش بین ژنوتیپ و محیط را ارزیابی کند، در حالی که عملکرد هر رقم در هر محیط آزمایشی، مجموع اثر اصلی محیط، اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط است. واضح است که اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط باید در هنگام انتخاب لاین مطلوب (از نظر عملکرد و پایداری) به طور همزمان در نظر گرفته شوند. بر این اساس، یان و همکاران (Yan *et al.*, 2000) به جای جداسازی اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط، این دو اثر را با یکدیگر ترکیب کردند که مبنای مدل GGEبای‌پلات می‌باشد. مدل GGEبای‌پلات توسط بسیاری از محققین مورد استفاده قرار گرفته است (Yan *et al.*, 2001b; Yan, 2002; Yan and Tinker, 2005; Allahgholipour, 2016; Azam *et al.*, 2020). روش GGEبای‌پلات، علاوه بر ارزیابی پایداری و تعیین ژنوتیپ برتر، با ترسیم الگوی کدام- برتر- کجا، منجر به شناسایی محیط‌های کلان شده که به انتخاب محیط‌های مناسب برای آزمایشات آتی کمک می‌کند. دونوسو- نانکولا (Donoso-Ñanculao, 2016) با ارزیابی میزان سازگاری و پایداری عملکرد ارقام برنج را در شرایط تنش سرما با استفاده از روش GGEبای‌پلات، گزارش کردند که رقم Quila 241319 بهترین لاین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

آزمایشی با بیشترین میزان عملکرد و پایداری در محیط‌های مورد بررسی بود. مومنی و همکاران (Moumeni *et al.*, 2019) با ارزیابی میزان پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج گزارش کردند که لاین زودرس و پاکوتاه G1 (AN74) با میانگین عملکرد ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، دارای پایداری مناسبی در مناطق مرکزی مازندران (آمل و بابل) و لاین متوسطرس و پاکوتاه G7 (TS84) حاصل از تلاقی (SHZ2/ طارم محلی)، با میانگین عملکرد ۸۰۸۹ کیلوگرم در هکتار در اغلب محیط‌ها دارای پایداری بالاتر و نوسان عملکرد کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود. لاین G1 (AN74) حاصل از تلاقی (نعمت/علی کاظمی) دارای کوتاه‌ترین ارتفاع بوته (۸۵/۷ سانتی‌متر) و زودرس‌ترین لاین (۹۷ روز از بذرپاشی در خزانه تا برداشت) بود. آنها دو لاین AN74 و TS84 را به عنوان ژنوتیپ‌های مناسب جهت ادامه بررسی در آزمایشات تحقیقی ترویجی و ارزیابی‌های به زراعی توصیه کردند.

هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش برنج حاصل از تلاقی مستقیم و برگشتی ارقام محلی (هاشمی، دمسیاه، علی کاظمی و دیلمانی با ویژگی‌های کیفی مطلوب) و ارقام اصلاح شده (خزر، کادوس و IR60 با عملکرد مطلوب) و شناسایی و معرفی ژنوتیپ (های) برتر از نظر کیفیت پخت، عملکرد دانه و پایداری با استفاده از روش GGEبای‌پلات بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل هشت لاین اصلاح‌شده کاملاً خالص (حاصل از تلاقی ارقام محلی و اصلاح شده) همراه با سه رقم خزر، هاشمی و گیلانه (به‌عنوان شاهد) بودند (جدول ۱) که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو مکان (رشت و چپرسر) طی سه سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ (در مجموع در شش محیط) (جدول ۲) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

بذرپاشی در نیمه دوم فروردین در خزانه جوی و پشته‌ای انجام شده و گیاهچه‌ها در مرحله ۵-۴ برگی (حدود ۲۵ روز پس از خزانه‌گیری) به زمین اصلی منتقل و در کرت‌هایی به ابعاد ۶×۲ متر به فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به تعداد ۴-۳ گیاهچه در هر کپه نشاء شدند. کلیه عملیات زراعی شامل آبیاری، مصرف کود، مبارزه با علف‌های هرز و مبارزه با آفات مطابق با توصیه‌های فنی و بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۳) اجرا شد. صفات گیاهی مورد مطالعه شامل عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار بر حسب رطوبت ۱۴ درصد برداشت شده از سطح ۱۲ مترمربع)، تعداد روز تا رسیدگی ، طول و عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)، خروج خوشه (سانتی‌متر)، تعداد پنجه‌های بارور، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد دانه پر و پوک در خوشه و وزن صد دانه (گرم بر حسب رطوبت ۱۳ درصد) در ۱۰ بوته تصادفی در هر واحد آزمایشی، پس از حذف حاشیه، براساس دستورالعمل استاندارد ارزیابی صفات برنج (Standard Evaluation System; SES) ثبت شدند (Anonymous, 2002). پس از برداشت، خصوصیات فیزیکی دانه شامل طول و عرض دانه، راندمان تبدیل و شاخص‌های کیفی دانه شامل میزان آمیلوز (درصد)، درجه حرارت ژلاتینی‌شدن (نمره) و قوام ژل (میلی‌متر) اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها به روش توکی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ (SAS Institute, 2002) به طور جداگانه برای هر سال و هر مکان انجام شده و در پایان سه سال آزمایش، پس از اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب با فرض تصادفی بودن اثر سال و مکان و ثابت بودن اثر ژنوتیپ انجام شد.

برای شناسایی لاین‌هایی با نوسان کمتر عملکرد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

در سال‌ها و مکان‌های مختلف، انجام تجزیه پایداری ضروری است. در اکثر آزمایش‌های ناحیه‌ای اثر اصلی محیط زیاد بوده ولی اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط که قابل توصیه و تفسیر است، کم است. در روش GGEبای‌پلات از اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط استفاده شده و محیط به عنوان عامل غیرقابل کنترل، در نظر گرفته می‌شود (Yan *et al.*, 2000; Yan *et al.*, 2007). روش تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات به دلیل استفاده همزمان اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط نسبت به روش مرسوم AMMI که تنها برهمکنش ژنوتیپ در محیط را مد نظر قرار می‌دهد، نتایج جامع و قابل قبول‌تری دارد. با معنی‌دارشدن برهمکنش ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه، تجزیه پایداری به روش GGEبای‌پلات (Yan *et al.*, 2001a; Yan and Kang, 2003) با استفاده از نرم‌افزار GGEbiplot ver 2.2.62 انجام شد. مدل مورد استفاده برای تجزیه GGEبای‌پلات تجزیه به مولفه‌های اصلی بود (رابطه ۱).

$$\hat{Y}_{ii} - \mu - \beta_i = g_{i1}\, e_{1i} + g_{i2}\, e_{2i} + \varepsilon_{ii} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$\hat{Y}_{ii}$: مقدار مورد انتظار ژنوتیپ iام در محیط jام، μ: میانگین عملکرد دانه، β_i: اثر اصلی محیط j، g_{i1} و e_{1i}: به‌ترتیب اثرهای اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j، g_{i2} و e_{2i}: به‌ترتیب اثرهای ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j، و ε_{ii}: مقدار باقی‌مانده توجیه‌نشده به وسیله اثرهای اولیه و ثانویه هستند. بای‌پلات مورد نظر به وسیله رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1i} در مقابل e_{2i} در یک نمودار پراکنش ایجاد شد. برای استفاده از رابطه فوق از رایج‌ترین روش یعنی تجزیه به مقادیر منفرد (Singular Value Decomposition) استفاده شد (رابطه ۲).

$$\hat{Y}_{ii} - \mu - \beta_i = \lambda_1\, \xi_{i1}\, \eta_{1i} + \lambda_2\, \xi_{i2}\, \eta_{2i} + \varepsilon_{ii} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

λ_1 و λ_2: به‌ترتیب مقادیر ویژه اولین و دومین مولفه اصلی بزرگ (PC1 و PC2)، ξ_{i1} و ξ_{i2} : به‌ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ i برای PC1 و PC2 و η_{1i} و η_{2i} : به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط j برای PC1 و PC2 هستند. از آنجا که بردارهای ویژه مربوط به PC1 و PC2 را به طورمستقیم نمی‌توان برای ایجاد یک بای‌پلات بامفهوم رسم کرد، تقسیم‌بندی مقادیر منفرد به بردارهای ویژه ژنوتیپ و محیط با استفاده از روابط ۳ و ۴ صورت گرفت.

$$e_{ii} = \lambda_1^{1-fl}\, \eta_{1i} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

$$g_{i1} = \lambda_1^{fl}\, \xi_{i1} \qquad \text{(رابطه ۴)}$$

1: باتوجه به تعداد مولفه اصلی می‌تواند ۱ یا ۲ باشد و f عامل تقسیم‌بندی است که می‌تواند مقداری بین صفر و یک را دارا باشد و مقادیر مختلف f_l، بر نمایش روابط متقابل میان ژنوتیپ‌ها و روابط متقابل میان محیط‌ها اثر می‌گذارد. اگر $f_l=1$ باشد مقادیر منفرد کاملاً به بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها تقسیم می‌شوند و بای‌پلات ایجادشده بر مبنای مقیاس‌بندی بر اساس ژنوتیپ می‌باشد. در صورتی‌که $f_l=۰/۵$ باشد، PC1 و PC2 هر دو واحد یکسانی داشته و هر دو مجموعه از نمره‌های ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نیز از واحدهای یکسانی برخوردار بوده و بای‌پلات بر مبنای مقیاس‌بندی متقارن حاصل می‌شود.

با ترسیم خطوط مستقیم بین ژنوتیپ‌های با دورترین فاصله از مبدا بای‌پلات، چند ضلعی‌ای حاصل شد که به منظور شناسایی الگوی کدام-برتر- کجا مناسب است. سپس از مبدا مختصات، خطوطی عمود بر اضلاع این چند ضلعی رسم شد و بای‌پلات به چند بخش تقسیم شد. ژنوتیپ‌های واقع در راس چند ضلعی هر بخش، به عنوان ارقام برتر آن بخش شناخته می‌شوند (Yan *et al.*, 2001a). میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها به صورت همزمان از طریق رسم یک مختصات محیط متوسط (AEC) در بای‌پلات مبتنی بر ژنوتیپ، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از رتبه‌بندی بر مبنای عملکرد دانه و پایداری به طور همزمان با ژنوتیپ مطلوب مقایسه شد. به این صورت که ژنوتیپ‌ها در ابتدا

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

جدول ۱- کد، شجره، صفات گیاهی و ویژگی‌های دانه ارقام و لاین‌های امیدبخش برنج

Table 1. Code, pedigree, plant traits and grain properties of rice cultivars and promising lines

صفات گیاهی و ویژگی‌های دانه Plant traits and grain properties	ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes										
	G1	G2*	G3**	G4	G5	G6	G7	G8*	G9	G10	G11
	هاشمی/IR60 Hashemi/IR60	هاشمی//IR60/ هاشمی Hashemi/IR60//Hashemi	خزر//خزر/دمسیاه Domsiah/Khazar//Khazar	کادوس/علی کاظمی Alikazemi/Kados	کادوس/علی کاظمی Alikazemi/Kados	کادوس/علی کاظمی Alikazemi/Kados	کادوس/دیلمانی Deylamani/Kados	دمسیاه//خزر/دمسیاه Domsiah/Khazar// Domsiah	خزر Khazar	هاشمی Hashemi	گیلانه Guilaneh
ارتفاع بوته Plant height (cm)	111.8	116.8	128.7	122.5	133.8	131.9	122.6	120.6	117.1	142.2	104.6
روز تا رسیدگی Days to maturity	123.0	124.4	122.1	123.9	125.4	124.5	125.3	123.4	129.0	118.6	123.3
عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	5480	6990	6510	6490	5610	5880	7250	7400	5120	4600	6240
راندمان تبدیل Milling recovery(%)	69.6	70.4	67.2	65. 8	67.2	70.4	72.1	67.2	65.8	68.9	70.6
برنج سالم Head rice (%)	56.8	59.6	50.9	51.2	48.9	53.1	58.4	52.2	54.3	57.9	58.4
طول دانه Grain length (mm)	7.3	7.7	7.4	7.7	7.1	6.9	7.1	7.1	7.3	7.4	7.0
عرض دانه Grain width (mm)	2.23	1.98	2.14	2.02	2.26	2.13	1.96	1.87	2.00	2.03	1.96
آمیلوز دانه Amylose content (%)	21.1	21.8	22.0	22.4	21.9	22.2	22.0	22.6	22.1	20.5	21.3
دمای ژلاتینی شدن Gelatinization temp	3.25	3.63	3.96	4.17	7.00	6.88	4.71	4.04	4.84	3.75	4.46
قوام ژل Gel consistency (mm)	39.0	65.0	40.0	55.0	31.0	30.0	42.0	53.0	49.0	42.0	38.0

Parents of each line from left to right are maternal and paternal parents, respectively

والدین هر لاین از چپ به راست به‌ترتیب والد مادری و والد پدری هستند

* Double backcross with maternal parent

* دو بار تلاقی برگشتی با والد مادری

** Double backcross with paternal parent

** دو بار تلاقی برگشتی با والد پدری

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

جدول ۲- کد و مشخصات محیط‌های آزمایشی

Table 2. Code and specifications of experimental environments

Year	سال	Location	مکان	Code	کد
2018	۱۳۹۷	Rasht	رشت	E1	محیط اول
2019	۱۳۹۸	Rasht	رشت	E2	محیط دوم
2020	۱۳۹۹	Rasht	رشت	E3	محیط سوم
2018	۱۳۹۷	Chaparsar	چپرسر	E4	محیط چهارم
2019	۱۳۹۸	Chaparsar	چپرسر	E5	محیط پنجم
2020	۱۳۹۹	Chaparsar	چپرسر	E6	محیط ششم

جدول ۳- ویژگی‌های خاک مکان‌های اجرای آزمایش

Table 3. Soil properties of experiment sites

		رشت Rasht	چپرسر Chaparsar
EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	1.91	0.77
pH	اسیدیته	6.9	7.24
K ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم	302	132
P ($mg.kg^{-1}$)	فسفر	21.1	20.2
N (%)	نیتروژن	0.22	0.4
O.C (%)	کربن آلی	2.01	4.41
Sand (%)	شن	10	28
Silt (%)	سیلت	34	41
Clay (%)	رس	56	31
Texture	بافت	Clay رسی	Clay Loam لومی رسی

بر اساس میزان عملکرد و پایداری رتبه‌بندی شده و میانگین این دو رتبه محاسبه شده و بر اساس آن میانگین، رتبه جدید به هر ژنوتیپ تعلق اختصاص داده شد.

نتایج و بحث

آزمون نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از روش شاپیرو-ویلک (Shapiro and Wilk, 1965) نشان دهنده صادق بودن این فرض برای کلیه صفات بود. از این‌رو تجزیه واریانس مقدماتی برای همه صفات مورد مطالعه به تفکیک سال و مکان انجام شد (جداول ارائه نشده است). در مکان رشت به استثنای صفت ارتفاع بوته در سال ۱۳۹۹، سایر صفات تفاوت معنی‌داری از نظر اثر تکرار نداشتند. در مکان چپرسر نیز به استثنای تعداد پنجه بارور در سال ۱۳۹۷ و عملکرد دانه و تعداد پنجه بارور در سال ۱۳۹۹ که دارای اثر تکرار معنی‌دار بودند، سایر صفات تفاوت معنی‌داری نداشتند. تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در تمامی سال‌ها برای کلیه صفات در مکان رشت به استثنای صفت طول خوشه در سال ۱۳۹۷ معنی‌دار بود. در مکان چپرسر به غیر از صفت طول برگ پرچم در سال ۱۳۹۷، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در تمامی صفات مشاهده شد. مقادیر پایین ضریب تغییرات نیز نشان‌دهنده دقت قابل قبول آزمایش بود (جداول ارائه نشده است).

به علت واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و مکان‌های مختلف، داده‌های حاصل از آزمایش در یک سال و یک مکان نمی‌تواند معیار مناسبی برای مقایسه، گزینش و معرفی ارقام اصلاح‌شده جدید به کار رود. به دلیل وجود برهمکنش ژنوتیپ در محیط، ارزیابی عملکرد ارقام در دامنه وسیعی از تغییرات محیطی در مکان‌ها و سال‌های مختلف ضروری است تا کارآیی مربوط به گزینش و معرفی ارقام افزایش یابد. بررسی همگنی خطاهای آزمایشی مربوط به شش محیط با استفاده از آزمون بارتلت برای صفات اندازه‌گیری شده نشان دهنده صادق‌بودن این فرض برای کلیه صفات بود و بنابراین تجزیه مرکب آزمایش‌ها در سه سال و دو مکان انجام شد. تجزیه مرکب در سه سال و دو مکان رشت و چپرسر با ثابت در نظر گرفتن اثر رقم و تصادفی در نظر گرفتن سال و مکان انجام شد. اثر سال و اثر مکان برای کلیه صفات معنی‌دار نبود که نشان دهنده عدم تفاوت بین ویژگی‌های سه سال و دو مکان است. اثر سال در مکان برای کلیه صفات، به‌غیر از

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

طول و عرض برگ پرچم، خروج خوشه از غلاف، طول خوشه و تعداد دانه پوک معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن این برهمکنش نشان دهنده نوسان تفاوت ارقام از سالی به سال دیگر و مکانی به مکان دیگر بود. اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات مشاهده شد. برهمکنش ژنوتیپ در سال معنی‌دار برای صفات روز تا رسیدگی، عملکرد دانه، تعدا پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر و پوک نشان دهنده وجود تفاوت بین ژنوتیپ‌ها طی سال‌های مورد بررسی می‌باشد. برهمکنش ژنوتیپ در مکان برای صفات روز تا رسیدگی، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر و پوک و وزن صد دانه معنی‌دار بود. این موضوع نشان‌دهنده این است که ارقام واکنش ثابتی به شرایط محیطی مکان‌های مختلف نداشتند (Yan *et al.*, 2001a). برهمکنش رقم در مکان در سال معنی‌دار برای کلیه صفات به غیر از طول و عرض برگ پرچم، ارتفاع بوته و طول خوشه مشاهده شد که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌ها واکنش یکسانی به شرایط مکان و سال نداشتند. مقادیر ضریب تغییرات بین ۰/۸ برای صفت تعداد روز تا رسیدگی تا ۲۴/۵ برای صفت تعداد دانه پوک متغیر بود که نشان‌دهنده دقت قابل قبول آزمایش بود.

مقایسه میانگین عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌ها در هر محیط نشان داد در محیط اول و دوم حداکثر عملکرد دانه متعلق به ژنوتیپ G7 (کادوس/دیلمانی) (به‌ترتیب ۷۰۲ و ۶۸۹۰ کیلوگرم در هکتار) بود. کمترین عملکرد دانه نیز در هر دو محیط اول (رشت، ۱۳۹۷) و دوم (رشت، ۱۳۹۸) به ژنوتیپ G5 (کادوس/علی کاظمی) تعلق داشت. در محیط اول پس از ژنوتیپ G7، ژنوتیپ‌های G3 (خزر//خزر/دمسیاه)، G8 (دمسیاه//خزر/دمسیاه) و G4 (کادوس/علی کاظمی) عملکرد بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. در محیط دوم پس از ژنوتیپ G7، ژنوتیپ G4 ۶۶۳۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین مقدار عملکرد را داشت. در محیط سوم (رشت، ۱۳۹۹) ژنوتیپ‌های G8 و G7 به ترتیب با ۸۰۲۰ و ۷۸۳۰ کیلوگرم در هکتار، بالاترین عملکرد را داشتند. کمترین عملکرد دانه در G10 (رقم محلی هاشمی) مشاهده شد. در محیط چهارم (چپرسر، ۱۳۹۷) G4 و G2 (هاشمی// IR60 /هاشمی) (به‌ترتیب با ۸۰۰۰ و ۷۸۷۰ کیلوگرم در هکتار) از بیشترین عملکرد برخوردار بودند. کمترین میزان عملکرد در این محیط مربوط به G9 (رقم خزر) بود. در محیط پنجم (چپرسر، ۱۳۹۸) بیشترین میزان عملکرد (به‌ترتیب ۹۶۰۰ و ۹۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های G8 و G2 بود. در محیط ششم (چپرسر، ۱۳۹۹) بیشترین عملکرد دانه در ژنوتیپ G8 (۸۴۱۰ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن G2 و G7 (به‌ترتیب ۷۵۲۰ و ۷۳۹۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد و کمترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های G1 (IR60/هاشمی) و G10 (رقم هاشمی) بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌های ارقام و لاین‌های امیدبخش برنج به تفکیک هر محیط

Table 4. Mean comparison of grain yield (kg.ha^{-1}) of rice cultivars and promising lines in each environment

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	محیط اول E1	محیط دوم E2	محیط سوم E3	محیط چهارم E4	محیط پنجم E5	محیط ششم E6
G1	5440 abc	5530 abcd	5250 c	5650 c	6750 abcd	4250 c
G2	5770 abc	5330 abcd	6100 abc	7870 a	9350 ab	7520 ab
G3	6480 ab	5860 abc	6650 abc	6540 b	7070 abcd	6480 abc
G4	6220 abc	6630 ab	5670 bc	8000 a	6020 ab	6390 abc
G5	4670 c	3510 e	6010 abc	5950 c	7280 abcd	6230 abc
G6	5190 bc	4030 de	6480 abc	7520 ab	6300 bcd	5790 bc
G7	7020 a	6890 a	7830 ab	7030 b	7360 abcd	7390 ab
G8	6350 abc	5330 abcd	8020 a	6700 b	9600 a	8410 a
G9	5150 bc	5130 bcde	5600 bc	4140 d	5790 cd	4890 c
G10	4760 bc	4800 cde	4730 c	4380 d	4550 d	4380 c
G11	6110 abc	6220 abc	5590 c	5710 c	8490 abc	5300 bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

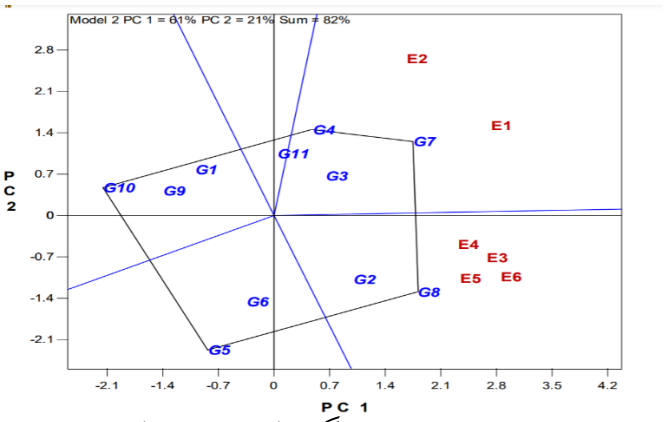
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

نتـایج مربـوط بـه روش GGEبـای‌پـلات بـرای عملکرد دانه نشان داد کـه دو مولفـه اصـلی اول (اثـر اصلی ژنوتیپ) و دوم (برهمکنش ژنوتیپ در محیط) به ترتیب ۶۱ و ۲۱ درصد و در مجموع ۸۲ درصـد از تغییرات کل داده‌هـا را توجیـه کردنـد (شـکل ۱). بـه عبـارت دیگـر دو مولفـه اصـلی اول تمـام تغییـرات ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط را توجیـه مـی‌کننـد کـه می‌تواند مویـد معتبربـودن بـای‌پـلات در توجیـه ایـن تغییـرات باشـد. اگـر اکثـر تغییـرات موجـود توسـط مجمـوع مولفـه‌هـای اصـلی اول و دوم توجیـه نشـود، نشـان‌دهنـده ماهیـت پیچیـده بـرهمکنش ژنوتیـپ در محیط خواهد بـود (Yan and Tinker, 2005). جادهـاو و همکاران (Jadhav *et al.*, 2019) برهمکنش ژنوتیـپ در محـیط را بـرای ۵۹ لایـن بـرنج بـا طـول دوره رسیدگی متفاوت در سه محیط برای صفات مرتبط با عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج بدسـت آمـده دو مولفـه اصـلی اول و دوم بـه ترتیـب ۴۹/۲ و ۴۰/۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیـه کردند. محدثی و همکاران (Mohaddesi *et al.*, 2017) با ارزیابی شش لاین امید بخش بـرنج همـراه بـا رقـم شاهد شیرودی در دو مکان در اسـتان مازنـدران طـی سه سال با اسـتفاده از روش GGEبـای‌پـلات گـزارش کردند که دو مولفه اول به ترتیب ۵۷ و ۲۶/۶ درصـد و در مجموع ۸۳/۶ درصد از تغییرات کـل داده‌هـا را توجیه می‌کنند.

بـر اسـاس نحـوه قـرار گـرفتن ژنوتیـپ‌هـا در چندضلعی به دست آمده به منظـور شناسـایی الگـوی کـدام- برتـر- کجـا، پـنج بخـش حاصـل شـد کـه ژنوتیـپ‌هـای موجـود در هـر بخـش دارای شـباهت زیادی با یکدیگر بودند. پـنج ژنوتیـپ G4، G5، G7، G8 و G10 در رأس چند ضلعی قـرار گرفتنـد (شـکل ۱). ژنوتیـپ‌هـای واقـع‌شـده در رأس چندضـلعی هـر بخش، ارقام برتر آن بخش بـوده و بـه عبـارت دیگـر دارای سـازگاری خصوصـی بـا محـیط‌هـای مـرتبط هستند. این ژنوتیـپ‌هـا از نظـر عملکـرد برتـرین و یـا ضعیف‌ترین ژنوتیپ در بعضی از محیط‌هـا و یـا همـه محیط‌ها محسوب می‌شوند، زیرا بیشترین فاصـله را از مرکز بای‌پلات دارند. هر بخش دارای یـک ژنوتیـپ واقع در رأس چندضلعی است، بنـایراین یـک بخـش می‌تواند به پیروی از ژنوتیپ رأس نـام‌گـذاری شـود. بر این اساس بخشی که ژنوتیپ G7 در رأس آن قـرار داشت، به‌عنوان بخش G7 نامیده شـد. دو محـیط E1 و E2 در بخـش G7 و محـیط‌هـای E3، E4، E5 و E6 در بخـش G8 قـرار داشـتند، بنـابراین ژنوتیـپ G7 در محیط‌های E1 و E2 و ژنوتیپ G8 در محیط‌های E3، E4، E5 و E6 بیشترین عملکرد را داشتند. بـه عبـارت دیگـر ژنوتیـپ G7 دارای سـازگاری خصوصـی بـه مکان رشـت بـوده و و ژنوتیـپ G8 بـه هـر دو مکـان مورد بررسی سازگاری داشت. ژنوتیپ‌هـای واقـع در رأس چندضلعی واکنش‌پذیرترین ژنوتیـپ‌هـا بـوده و به عبارت دیگر بهترین ژنوتیپ‌ها در بخش مربوط بـه خـود محسـوب مـی‌شـوند. ژنوتیـپ G3 بـه دلیـل واقـع‌شـدن در بخـش G7 از لحـاظ عملکـرد شـباهت بیشتری به ژنوتیپ G7 داشت، اما میـزان عملکـرد آن کمتر بود. ژنوتیپ G2 نیز در بخش G8 واقع شـده در نتیجه از عملکرد مناسبی درمحیط‌های E3، E4، E5 و E6 برخوردار است. ژنوتیپ‌های G5 و G10 علی‌رغم واقـع شـدن در رأس چندضـلعی در هـیچ یـک از محـیط‌هـا و ژنوتیـپ G4 در اکثـر محـیط‌هـای مـورد بررسی عملکرد دانه خوبی نداشتند و از ژنوتیپ‌هـای ضعیف در این آزمایش شناخته شـدند. ژنوتیـپ G11 با قرارگرفتن در بخش G4، ژنوتیپ‌هـای G1 و G9 بـا قـرار گـرفتن در بخـش G10 و ژنوتیـپ G6 بـا قرارگرفتن در بخش G5، از ژنوتیپ‌هـای بـا عملکـرد ضعیف شناخته شدند. محیط E3 از لحـاظ جغرافیـایی باید به E1 و E2 نزدیک‌تر باشد تا محیط‌های E4، E5 و E6، ولی برهمکنش آن با ژنوتیپ‌هـا باعـث کـه بـه شکل غالب مشابه محیط‌های E4، E5 و E6 باشد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]



شکل ۱- چندضلعی GGEبای‌پلات براساس الگوی کدام- برتر- کجا برای ژنوتیپ‌های برنج

Fig. 1. GGE biplot polygonal based on which-won-where pattern for rice genotypes

ژنوتیپ‌ها با حرف G و محیط‌ها با حرف E نشان داده شده‌اند Genotypes are shown by G and environments are shown by E

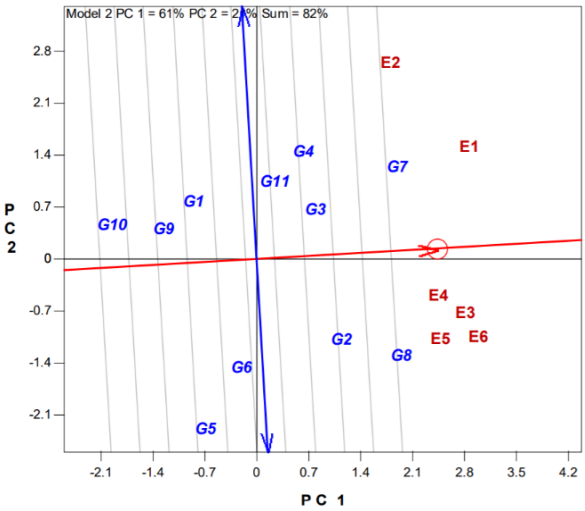
نمایش همزمان میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها از طریق رسم یک مختصات محیط متوسط (AEC) در بای‌پلات مبتنی بر ژنوتیپ حاصل می‌شود. در شکل ۲ ابتدا یک محیط متوسط با یک دایره کوچک نشان داده شده است که با استفاده از میانگین نمره‌های PC1 و PC2 محیط‌ها تعریف می‌شود. خطی که از مبدأ بای‌پلات و محیط متوسط می‌گذرد را می‌توان به عنوان محور محیط متوسط در نظر گرفت که عبارت از محور افقی AEC است. تصاویر علائم ژنوتیپ‌ها روی این محور باید برآوردی از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها را نشان دهند. بنابراین ارقام در طول محور افقی رتبه‌بندی شده و جهت پیکان، میانگین عملکرد بیشتر را نشان می‌دهد. خط عمودی نیز نشان‌دهنده میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها است، بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست این خط قرار می‌گیرند، عملکرد بالاتر و ژنوتیپ‌های واقع در سمت چپ خط عمود، عملکرد پایین‌تر از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها را دارند. به‌طور متوسط ژنوتیپ G7 به وضوح پرمحصول‌ترین ژنوتیپ در این محیط بود و پس از آن ژنوتیپ‌های G8، G2 و G3 و به دنبال آن‌ها ژنوتیپ‌های G4، G11، G6، G5، G1، G9 و G10 قرار داشتند. لازم به ذکر است بر اساس خط عمود، ژنوتیپ ها صرفاً براساس عملکرد دانه گروه‌بندی شدند.

محور عمودی AEC از یک خط با دو پیکان تشکیل شده است که از مبدأ بای‌پلات می‌گذرد و عمود بر محور افقی AEC است (شکل ۲). محور افقی AEC نشان دهنده ژنوتیپ است، در حالی که محور عمودی AEC برآوردی از برهمکنش ژنوتیپ در محیط را فراهم می‌کند که معیاری از بی‌ثباتی ژنوتیپ‌ها است. پیکان دو سر نشان می‌دهد که تصاویر بزرگ‌تر روی محور عمودی AEC صرف نظر از جهت آن‌ها، نشان دهنده بی‌ثباتی بیشتر و به عبارتی ناپایداری بیشتر است (YAN AND KANG, 2003). بر این اساس ژنوتیپ G5 که نزدیک به پایین نمودار قرار گرفته، پایداری کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارد. ژنوتیپ‌های نزدیک به محور افقی AEC شامل G9، G3 = G10 پایدارتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند و پس از آن ژنوتیپ‌های G5<G6<G4=G8<G2<G7=G11<G1 قرار داشتند. مصطفوی و همکاران (MOSTAFAVI ET AL., 2014) با ارزیابی گرافیکی ۱۲ لاین برنج همراه با دو رقم شاهد فجر و ندا در نه محیط (سه منطقه و سه سال) لاین‌های ۲ (CT9900-2-2-M-M)، ۵ (M92-2)، ۷ (CNAX4264-4-4-1-3-1) و ۱۲ (IR73888-2-10-3) و ارقام فجر و ندا را به عنوان ژنوتیپ‌های با بالاترین پایداری معرفی کردند. الله‌قلی‌پور (Allahgholipour, 2016) طی آزمایشی،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

برهمکنش ژنوتیپ در محیط را برای تعداد ۱۰ رقم محلی و اصلاح‌شده برنج به روش GGEبای‌پلات مورد بررسی قرار داده و لاین BC4 حاصل از تلاقی برگشتی رقم آبجی‌بوجی (به‌عنوان والد دوره‌ای) و رقم صالح (به‌عنوان والد بخشنده) را به عنوان ژنوتیپ برتر (پرمحصول و پایدار) معرفی کرد.



شکل ۲- نمودار میانگین محیط (AEC) GGEبای‌پلات جهت رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج بر اساس میانگین عملکرد و پایداری

Fig. 2. Average environment coordination (AEC) of the GGE biplot for grading rice genotypes based on mean yield and stability

ژنوتیپ‌ها با حرف G و محیط‌ها با حرف E نشان داده شده‌اند

Genotypes are shown by G and environments are shown by E

با توجه به ضرورت در نظر گرفتن توام عملکرد و پایداری در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای محیط‌های مختلف جهت رتبه‌بندی پایداری نیز از نمودار شکل ۲ و بر اساس محل قرار گرفتن ژنوتیپ‌ها نسبت به محور افقی استفاده شد. میانگین رتبه‌های عملکرد و پایداری برآورد و سپس ژنوتیپ‌ها باتوجه به میانگین رتبه‌ها مجدداً رتبه‌بندی شدند (جدول ۵). نتایج حاصل از این رتبه‌بندی بر مبنای عملکرد دانه و پایداری نشان داد که برترین ژنوتیپ G7 بود و پس از آن ژنوتیپ‌های G5<G6<G10<G1<G9=G4<G11<G8=G2<G3 قرار داشتند.

جدول ۵- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج از نظر عملکرد دانه و پایداری

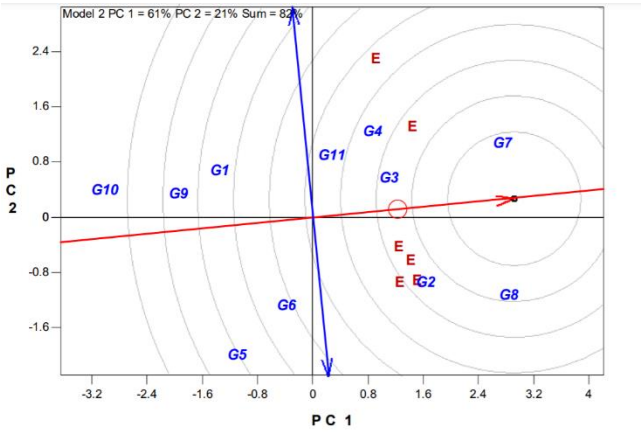
Table 5. Ranking of rice genotypes in terms of grain yield and stability

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	رتبه عملکرد دانه Rank of the grain yield	رتبه پایداری Rank of the stability	میانگین رتبه‌های عملکرد دانه و پایداری Mean of the ranks grain yield and stability	رتبه نهایی Final rank
G1	9	3	6	6
G2	3	5	4	3
G3	4	2	3	2
G4	5	6	5.5	5
G5	8	8	8	9
G6	7	7	7	8
G7	1	4	2.5	1
G8	2	6	4	3
G9	10	1	5.5	5
G10	11	2	6.5	7
G11	6	4	5	4

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

نمودار ژنوتیپ مطلوب بر اساس تعیین فاصله ژنوتیپ‌ها از ژنوتیپ مطلوب فرضی ترسیم شد (شکل ۳). دایره کوچک که روی محور افقی AEC قرار دارد و با یک پیکان نشان داده شده است، نشان دهنده ژنوتیپ مطلوب است که به وسیله دو معیار تعریف می‌شود: الف- دارای بالاترین عملکرد در کل داده‌ها باشد و ب- کاملاً پایدار باشد (روی محور افقی AEC قرار گرفته باشد). چنین رقم مطلوبی به‌ندرت یافت می‌شود. با این وجود، می‌توان از آن به عنوان یک مرجع در ارزیابی ارقام استفاده کرد. فاصله بین هر ژنوتیپ و این رقم مطلوب در شکل را می‌توان به عنوان معیار مطلوب بودن مورد استفاده قرار داد (Yan and Kang, 2003). دوایر هم مرکز با برخورداری از ژنوتیپ مطلوب در مرکز به نمایش فاصله بین ارقام مورد مطالعه و رقم ایده‌آل کمک می‌کند (شکل ۳). از این رو، ژنوتیپ G7 نزدیک‌ترین ژنوتیپ به رقم مطلوب بوده و بنابراین مطلوب‌ترین ژنوتیپ بین کلیه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش شناخته شد. پس از آن ژنوتیپ‌های G8، G2، G3، G4، G11، G6، G1، G5، G9 و G10 قرار داشتند که در جایگاه‌های بعدی از نظر مطلوبیت قرار بودند.



شکل ۳- مقایسه ژنوتیپ‌های برنج با ژنوتیپ مطلوب

Fig. 3. Comparison of Rice genotypes with the ideal genotype

ژنوتیپ مطلوب با یک دایره کوچک و یک پیکان نشان داده شده است. ژنوتیپ‌ها با حرف G و محیط‌ها با حرف E نشان داده شده‌اند

The ideal genotype is marked with a small circle and an arrow. Genotypes are shown by G and environments are shown by E

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از رتبه‌بندی همزمان بر مبنای عملکرد دانه و پایداری و مقایسه با ژنوتیپ مطلوب نشان داد که برترین ژنوتیپ G7 بوده و پس از آن ژنوتیپ‌های G3، G8 و G2 قرار داشتند (جدول ۵). ژنوتیپ G7 حاصل از تلاقی رقم اصلاح‌شده و پرمحصول کادوس با رقم محلی خوش کیفیت دیلمانی بوده و میانگین عملکرد دانه آن (در همه محیط‌ها) ۷۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. ژنوتیپ G3 حاصل از تلاقی رقم پرمحصول خزر و رقم محلی دمسیاه بوده و با هدف حفظ خصوصیات مطلوب خزر و بهبود کیفیت پخت از طریق دمسیاه اصلاح شده و میانگین عملکرد آن ۶۵۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. ژنوتیپ‌های G8حاصل از تلاقی رقم محلی دمسیاه (به‌عنوان والد مادری دوره‌ای) و رقم خزر (به‌عنوان والد پدری بخشنده) و G2 حاصل تلاقی رقم محلی هاشمی (به‌عنوان والد مادری دوره‌ای) و رقم پرمحصول IR60 (به‌عنوان والد پدری بخشنده) بوده و میانگین عملکرد آن‌ها به‌ترتیب ۷۴۰۰ و ۶۹۹۰ کیلوگرم در هکتار بود. این ژنوتیپ‌ها از نظر سایر خصوصیات مهم

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

زراعی مانند تعداد روز تا رسیدگی و خصوصیات مهم تعیین‌کننده کیفیت، مشابه بودند. ژنوتیپ‌های G7 و G3 به دلیل کیفیت پخت مطلوب (به‌ترتیب حاوی ۲۲/۰۲ و ۲۲/۰۹ درصد آمیلوز، با ۴۲ و ۴۰ میلی‌متر قوام ژل، نمره ۴/۷۱ و ۳/۹۶ دمای ژلاتینی شدن، ۱/۶۰ و ۱/۵۷ میزان طویل شدن دانه)، راندمان تبدیل مناسب (به‌ترتیب ۷۲/۱ و ۶۷/۲ درصد)، تحمل به بلاست (نمره ۲ برای هر دو ژنوتیپ) و متوسطرس (۱۲۵/۳ و ۱۲۲/۱ روز از بذرپاشی در خزانه تا رسیدگی)، قابلیت معرفی به عنوان یک رقم جدید را داشته و برای مراحل نهایی معرفی رقم انتخاب شدند.

سپاسگزاری

این مقاله نتایج مربوط به پروژه تحقیقاتی شماره ۰-۰۴-۰۴-۰۱۶-۹۷۰۴۴۰ مصوب موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد. بدینوسیله بابت حمایت برای اجرای آن سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Akter, A., M. Jamil Hassan, M. Umma Kulsum, M.R. Islam, K. Hossain and M. Mamunur Rahman. 2014. AMMI biplot analysis for stability of grain yield in hybrid rice *(Oryza sativa* L.). J. Rice Res. 2: 126.

Allahgholipour, M. 2016. Genotype × environment interaction effect in rice genotypes using GGE Biplot. Cereal Res. 6 (1): 1-14.

Allahgholipour, M., M. Kavoosi, M. Hosseini, M. Yekta, M. Sayadi and M. Poshtiban. 2019a. Anam, a new rice cultivar obtained from breeding the local cultivars. Shalizar. 1 (1): 33-38. (In Persian).

Allahgholipour, M., M. Kavoosi, F. Majidi, M. Yazdani, N. Sharafi and H. Shafieisabet. 2019b. Gilaneh, a new rice cultivar with origin of Iranian landrace varieties. Res. Achiev. Field Hort. Crops. 7 (2): 277-289. (In Persian with English abstract).

Anonymous. 2002. Standard Evaluation System for Rice. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Philippines.

Azam, M.G., M.S. Iqba, M.A. Hossain and M.F. Hossain. 2020. Stability investigation and genotype × environment association in chickpea genotypes utilizing AMMI and GGE biplot model. Genet. Mol. Res. 19 (3): gmr16039980.

Darai, R., A. Sarker, R.P. Sah, K. Pokhrel and R. Chaudhary. 2017. AMMI biplot analysis for genotype × environment interaction on yield trait of high Fe content lentil genotypes in terai and mid-hill environment of Nepal. Ann. Agric. Crop Sci. 2(1): 1026-1030.

Donoso-Ñanculao, G., M. Paredes, V. Becerra, C. Arrepol and M. Balzarini. 2016. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials of rice produced in a temperate climate. Chil. J. Agric. Res. 76: 152-157.

FAO. 2017. The State of Food Security in the World. www.fao.org

Jadhav, S., D. Balakrishnan, V.G. Shankar, K. Beerelli, G. Chandu and S. Neelamraju. 2019. Genotype by environment (G×E) interaction study on yield traits in different maturity groups of rice. J. Crop Sci. Biotechnol. 22 (5): 425-449.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

Jain, B.T., A.K. Sarial and P. Kaushik. 2018. Stability analysis utilizing AMMI model and regression analysis for grain yield of Basmati rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. J. Exp. Biol. Agric. Sci. 6 (3): 522-530.

Lingaiah, N., B.S. Chandra, V. Venkanna, K.R. Devi and Y. Hari. 2020. AMMI bi plot analysis for genotype × environment interaction on yield in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. J. Pharmacog. Phytochem. 9(3): 1384-1388.

Meng, Y., P. Ren, X. Ma, B. Li, Q. Bao, H. Zhang, J. Wang, J. Bai and H. Wang. 2016. GGE biplot-based evaluation of yield performance of barley genotypes across different environments in China. J. Agric. Sci. Technol. 18: 533-543.

Mohaddesi, A., R. Erfani, P. Sharifi, H. Aminpanah and A. Abbasian. 2017. Studying the relationships between yield and yield components and stability of some of rice genotypes using biplot method. Cereal Res. 6 (4): 411-421. (In Persian with English abstract).

Mostafavi, K., S.S. Hosseini Imeni and M. Firoozi. 2014. Stability analysis of grain yield in lines and cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) using AMMI (additive main effects and multiplicative interaction) method. Iran. J. Field Crop Sci. 45 (3): 445-452. (In Persian with English abstract).

Moumeni, A., A. Mohaddesi, M. Amo-Oughli-Tabari, F. Tavassoli-Larijani and V. Khosravi. 2019. Stability analysis ang genotype environment interaction for grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) promissing breeding lines. Iran. J. Crop. Sci. 20 (4): 329- 344. (In Persian with English abstract).

SAS. 2002. The SAS system for windows. Release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.

Shapiro, S.S. and M.B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, 52 (3/4): 591-611.

Sharifi, P., H. Aminpanah, R. Erfani, A. Mohaddesi and A. Abbasian. 2017. Evaluation of genotype × environment interaction in rice based on AMMI model in Iran. Rice Sci. 24 (3): 173-180.

Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. Agron. J. 94 (5): 990-996.

Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FG, USA.

Yan, W. and N. Tinker. 2005. A biplot approach for investigating QTL-by-environment patterns. Mol. Breed. 15 (1): 31-43.

Yan, W., P.L. Cornelius, J. Crossa and L.A. Hunt. 2001a. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. Crop Sci. 41 (3): 656-663.

Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci. 40 (3): 597-605.

Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. Crop Sci. 47 (2): 643-653.

Yan, W., Q. Sheng and Y. Hu. 2001b. GGE biplot: an ideal tool for studying genotype by environment interaction of regional yield trial data. Acta. Agron. Sin. 27 (1): 21-28.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]

Evaluation of adaptability and grain yield stability of rice (*Oryza sativa* L.) promising lines using GGE biplot

Hosseini Chaleshtori, M.[1], H. Rahim Soroush[2], M. Allahgholipour[3], M. kavoosi[4], M.R. Yazdani[5], F. Majidi[6], K. Tajaddodi Talab[7] and F. Danyali[8]

ABSTRACT

Hosseini Chaleshtori, M., H. Rahim Soroush, M. Allahgholipour, M. kavoosi, M.R. Yazdani, F. Majidi, K. Tajaddodi Talab and F. Danyali. 2021. Evaluation of adaptability and grain yield stability of rice (*Oryza sativa* L.) promising lines using GGE biplot. **Iranian Journal of Crop Sciences. 23(2): 184-197. (In Persian).**

The investigation of adaptability and grain yield stability of promising lines is important in dvevelopment and release of new cultivars. Eight rice promising lines developed by crossing local cultivars including; Hashemi, Domsiah, Alikazemi and Deylamani with improved cultivars including; Khazar, Kados and IR60 with optimal yield along with Khazar, Hashemi and Guilaneh as check cultivars were evaluated using randomized complete block design with three replications in six environments (years 2018, 2019 and 2020 and locations Rasht and Chaparsar), Iran. The results of GGE biplot showed that the first component (main effect of genotype) and second component (genotype × environment) explained 61% and 21% (overall 82%) of the total variation in grain yiled, respectively. The results of ranking based on grain yield and yield stability together and in comparison with the ideal genotype indicated that the most superior genotype was G7 (Deylamani/Kados), followed by genotypes G3 (Domsiah/Khazar//Khazar), G8 (Domsiah/Khazar//Domsiah) and G2 (Hashemi/IR60//Hashemi). Therefore, genotypes G7 and G3 were selected as the most adaptable with yield stability for being released as new rice cultivars for target environments. G7 was developed from a cross between Kados, an improved and high-yielding cultivar, and Deylmani, a local and high-quality cultivar, with an average yield of 7.25 ± 0.14 tons per hectare. G3 was dveloped from a cross between Khazar, a high-yielding cultivar, and Domsiah, a local cultivar. G3 was bred with the aim of maintaining the favorable characteristics of cv. Khazar and improving the quality of its cooking through cross with Domsiah, and its average yield was 6.51 ± 0.21 tons per hectare. Both genotypes G7 and G3, with high grain quality (amylose content of 22.02 and 22.09, gel consistency of 42 and 40, gelatinization temperature of 4.71 and 3.96, grain elongation rate of 1.60 and 1.57 for genotypes G7 and G3, respectively) and medium maturity (125.34 and 122.14 from sowing, respectively) can be released as new rice cultivars for target areas.

Key words: Amylose content, Grain quality, Rice, Yield stability analysis and GGE biplot

Received: January, 2020 Accepted: July, 2021

1. Asssistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran. (Corresponding author) (Email: mhkhossieni@gmail.com)
2. Asssistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
3. Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
4. Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
5. Asssistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
6. Asssistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
7. Asssistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
8. PhD Graduated Student, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.6.2]