Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University
Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 47, Autumn 2023 p: 113-122

"Research Paper"

Genotype × Environment Interaction and Grain Yield Stability Analysis of Rice Genotypes (Oryza sativa L.)

Raham Mohtashami

Assistants Professor of Seed and Plant Improvement Department, Research and Education Center of Agricultural and Natural Resources of Kohgiluyeh and Boyer-ahmad, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasooj, Iran, (Corresponding author: rahammohtashami01@gmail.com)
Received: 2 October, 2022 Accepted: 26 February, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: Considering the increase in per capita consumption of rice in the country and the need to increase rice production per unit area, it is very important to introduce new high-quality varieties with high yield and stable grain yield. The grain yield depends on the genotype and its response to environmental conditions. To increase the quantity and quality of rice, this research was conducted to evaluate the interaction between genotype × environment and to determine the stability of the grain yield of rice genotypes.

Materials and Methods: In this experiment, 8 quality rice lines were carried out including Kadus, Ali Kazemi, and Champa local cultivars in the form of Randomized Complet Block Design with three replications in Cheram and Basht regions during 2017 and 2018. In each year, the performance of tested genotypes was tested separately using simple variance analysis and using Duncan's method, and at the end of the second year, combined analysis was performed to determine the compatibility. To analyze the stability and compatibility of lines, Shukla's stability variance, Francis and Kanenberg's coefficient of environmental changes, Wrickes ecovalence, deviation from Eberhart and Russell's regression line, Finley and Wilkinson's regression coefficient and Pintos' coefficient of identification were used.

Results: The results showed a great diversity between the investigated genotypes in terms of grain yield and other agricultural traits. Composite variance analysis showed that there is a significant difference between years at the 5% probability level. The stability analysis of the genotypes by calculating the stability parameter shows that the highest stability was related to the local Champa variety and lines 7, 8, 5, and 6. Based on the calculated Eberhart & Russell Method, genotypes 7, 6, and 8 and the local Champa variety were favorable in both test environments. In terms of Wrickes ecovalence, and stability parameter, the local Champa cultivar and genotypes 6 and 5 were the best. Based on the results of the analysis and comparison of the average of the treatments, the superiority of the grain yield was related to lines 7 and 5 with an average yield of 9.60 and 8.85 tons per hectare. The mentioned lines were recognized as superior genotypes due to their average yield, conversion efficiency, high percentage of whole rice, and average amylose content.

Conclusion: Based on the results obtained from the stability methods of lines number 7 and 5, respectively, with an average yield of 9.60 and 8.85 tons per hectare and having stability variance, environmental change coefficient, and intra-location variance less than one, as well as the coefficient of the regression line equal to one they are recommended as stable genotypes for both regions and other similar regions.

Keywords: Compatibility, Interaction, Line and Cultivar, Quality

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

"مقاله پژوهشی"

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌های برنج (*Oryza sativa* L.)

رهام محتشمی

استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، (نویسنده مسوول: rahammohtashami01@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۷
صفحه: ۱۱۳ تا ۱۲۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: با توجه به افزایش مصرف سرانه برنج در کشور و نیاز به افزایش تولید برنج در واحد سطح، معرفی ارقام جدید کیفی، پر محصول و با ثبات عملکرد دانه امری بسیار مهم به حساب می‌آید. عملکرد دانه به ژنوتیپ و پاسخ آن به شرایط محیطی بستگی دارد. در راستای افزایش کمی و کیفی برنج این پژوهش به‌منظور ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این آزمایش ۸ لاین کیفی برنج به همراه ارقام شاهد شامل کادوس، علی کاظمی و چمپای محلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه چرام و باشت طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا گردید. در هر سال عملکرد ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به‌طور جداگانه از طریق تجزیه واریانس ساده و با استفاده از روش دانکن مورد آزمون قرار گرفت و در پایان سال دوم به‌منظور تعیین سازگاری تجزیه واریانس مرکب به‌عمل آمد. برای تجزیه پایداری لاین‌ها، از روش‌های واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ، اکووالانس ریک، انحراف از خط رگرسیون ابرهات و راسل، ضریب رگرسیونی فینلی و ویلکینسون و ضریب تشخیص پینتوس استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصله حاکی از تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه و دیگر صفات زراعی بود. تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین سال‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها بوسیله محاسبه پارامترهای پایداری نشان می‌دهد که بیش‌ترین پایداری مربوط به رقم چمپای محلی و لاین‌های ۷، ۸، ۵ و ۶ بوده است. بر پایه شاخص ابرهات و راسل ژنوتیپ‌های ۷۶ و ۸ و رقم چمپای محلی در هر دو محیط آزمایشی مطلوب بودند. از نظر پارامتر پایداری اکووالانس ریک، رقم چمپای محلی و ژنوتیپ ۶ و ۵ برتر بودند. براساس نتایج تجزیه و مقایسه میانگین تیمارها، برتری عملکرد دانه مربوط به لاین‌های ۷ و ۵ با متوسط عملکرد ۹/۶۰ و ۸/۸۵ تن در هکتار بوده است. لاین‌های مذکور به‌دلیل عملکرد، راندمان تبدیل، درصد برنج کامل بالا و میزان آمیلوز متوسط، ثبات عملکرد و سازگاری محیطی مناسب، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر تشخیص داده شدند.

نتیجه‌گیری: بر پایه نتایج حاصل از روش‌های پایداری لاین‌های شماره ۷ و ۵ به‌ترتیب با متوسط عملکرد ۹/۶۰ و ۸/۸۵ تن در هکتار و داشتن واریانس پایداری، ضریب تغییرات محیطی و واریانس درون مکانی کم‌تر از یک، همچنین ضریب خط رگرسیونی معادل یک به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار برای هر دو منطقه و سایر مناطق مشابه قابل توصیه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: برهم‌کنش، رقم و لاین، کیفی

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی دو و نیم میلیارد نفر از جمعیت جهان است (Prabnakorn *et al.*, 2018). تخمین زده می‌شود که تولید جهانی برنج تا سال ۲۰۲۵ برای تامین تقاضای مصرف باید به مرز ۸۰۰ میلیون تن برسد (Lin & Binns, 1985). ایران با سطح زیر کشت ۴۴۳۹۷۴ هکتار، متوسط عملکرد ۴/۷۳ تن در هکتار و میزان تولید ۲/۱ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ در رتبه ۲۶ تولیدکننده برنج در جهان قرار دارد (Eberhart & Russel, 1966). دستیابی به عملکرد بالا یکی از اهداف مهم تولیدکنندگان برنج می‌باشد. در عین حال، کیفیت محصول تولیدی از اهمیت بالایی برخوردار است. کیفیت دانه در برنج از عوامل اصلی و تعیین کننده بازارپسندی و فروش محصول محسوب می‌شود (Huang *et al.*, 2013). کیفیت دانه برنج تا حد زیادی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه بستگی دارد. از خصوصیات فیزیکی می‌توان یکنواختی در اندازه و شکل دانه را نام برد که اولین عامل در تأیید کیفیت دانه محسوب می‌شود. به عنوان مثال، بعضی از مصرف‌کنندگان برنج‌های دانه کوتاه و گرد را ترجیح داده و برخی دانه متوسط و بعضی دیگر دانه باریک و بلند را ترجیح می‌دهند (Singh *et al.*, 2000). از خصوصیات شیمیایی دانه برنج می‌توان به‌میزان آمیلوز اشاره کرد. مقدار آمیلوز در نشاسته دانه برنج، نه تنها مسئول میزان نرمی یا سختی دانه برنج می‌باشد بلکه بر میزان چسبندگی آن نیز تأثیر گذار است (Rahimsouroush *et al.*, 2007). از ویژه‌گی‌های برنج‌های با کیفیت پخت مطلوب درصد آمیلوز متوسط (۲۵-۲۰) می‌باشد. این نوع برنج‌ها پس از پخت نرم و متورم و کاملاً از هم جدا شده و مدت‌ها پس از پخت نرم می‌مانند (Huang *et al.*, 2013). با توجه به‌ورس، دیررسی، حساسیت به آفات و بیماری‌ها و نقصان عملکرد ارقام بومی و ناخالصی، دیررسی و حساسیت به بیماری‌های برخی از ارقام پرمحصول رایج، معرفی ارقام پرمحصول و کیفی برنج امری اجتناب ناپذیراست. شناخت ارقام کیفی با عملکرد بالا در محیط‌های مساعد و تولید ارقام پایدار با عملکرد مطلوب برای محیط‌های نامساعد از اهداف افزایش تولید برنج به‌شمار می‌رود. از دیگر اهداف اصلی برنامه‌های به‌نژادی برنج تولید ارقام پایدار است.

زارعین و به‌نژادگران به میزان عملکرد و پایداری رقم اهمیت می‌دهند. اصولاً پایداری عملکرد بستگی به ظرفیت رقم از نظر عکس‌العمل در شرایط محیطی متفاوت دارد. وقتی ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شوند، به‌واسطه تنوع ژنی واکنش متفاوتی نشان می‌دهند. این امر سبب می‌شود که به توان برتری یک رقم را بر دیگری مشخص کرد (Farshadfar, 1998). تمام اجزای عملکرد به‌شدت تحت تاثیر شرایط آب و هوایی که گیاه در آن رشد می‌کند قرار می‌گیرند. عملکرد نهایی یک ژنوتیپ به تعامل بین ژنوتیپ و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

پاسخ‌گویی به شرایط محیطی و شیوه‌های مدیریتی بستگی دارد (Messina *et al*., 2009). در واقع عملکرد یک صفت کمی است که به شدت تحت تاثیر محیط قرار می‌گیرد (Rasyad & Anha, 2007).

گزارشات نشان دهنده عملکرد بالای برخی از ژنوتیپ‌های برنج و واکنش متفاوت آنها نسبت به تغییرات محیطی است، به ترتیبی که تعدادی از ژنوتیپ‌ها را به‌عنوان پایدار و بعضی را به‌عنوان ناپایدار معرفی نموده‌اند (Ali *et al*., 1992). واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های برنج در مکان‌های مختلف توسط تعداد زیادی از محققان بررسی گردیده است (Gravoi, &. Nenen, 1993; Khorasany *et al*., 2019; Momeni -Zadeh *et al*., 2018; Sattari *et al*., 2019).

خراسانی و همکاران (Khorasany *et al*., 2019) در مطالعه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج براساس پارامترهای پایداری، سه ژنوتیپ ۱ (لاین L33)، ۳ (لاین L76) ، و ۱۳ (IRR12) ، را به‌عنوان پایدارترین و سازگارترین ژنوتیپ‌ها معرفی کردند. مومنی‌زاده و همکاران (Momeni -Zadeh *et al*., 2018) به‌منظور تعیین پایداری عملکرد ارقام و لاین‌های برنج، روش‌های مختلف تجزیه پایداری را مورد بررسی قرار دادندو با توجه به ضریب تغییرات محیطی، واریانس پایداری و واریانس درون مکانی کم‌تر و دارا بودن ضریب رگرسیونی معادل یک، لاین شماره ۴ (۲۸۶۱۸) و رقم فجر را به لحاظ پایداری شناسایی کردند. ستاری و همکاران (Sattari *et al*., 2019) با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، پایداری عملکرد ۱۱ لاین امید بخش و چهار رقم طی یک سال و سه مکان مختلف استان مازندران، لاین ۱۱۷ را به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی کردند.

محققان به‌نژادگران آزمایشات چند محیطی را در ابتدا جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر برای محیط هدف و سپس برای تعیین اینکه آیا محیط هدف قابل تقسیم به چندین محیط بزرگ است یا نه، اجرا می‌نمایند (Yan *et al*., 2000). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به خاطر کاهش پیشرفت گزینش در هر محیط به‌عنوان یک نکتهٔ مهم در نظر گرفته می‌شود (Hill, 1975). اثر متقابل معنی‌دار ناشی از تغییر در میزان اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و یا تغییر در رتبه‌بندی نسبی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. عملکرد ژنوتیپ با حداقل نوسان در سال‌های مختلف تحت عنوان پایداری عملکرد ژنوتیپ محسوب می‌گردد (Fernandez, 1991).

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در آزمایش‌های کوتاه مدت (۲-۳ سال در یک مکان و یا چند مکان در یک سال) و آزمایش‌های بلند مدت چند سال در چند مکان اتفاق می‌افتد. معمولاً محققین از اثر متقابل به‌ویژه در آزمایش‌های مقایسهٔ عملکرد کوتاه مدت صرف‌نظر کرده و یا اهمیت کم‌تری برای آن قائل شده و پایهٔ گزینش ژنوتیپ‌ها را فقط براساس متوسط عملکرد قرار می‌دهند. بنابراین به‌نژادگران و متخصصین زراعت احتیاج به یک روش کاربردی گزینش دارند که از اثرات متقابل بهره‌برداری کنند (Bachireddy *et al*., 1992; Huang *et al*., 2013). عملکرد هر ژنوتیپ در هر محیط آزمایشی، اندازه اثر اصلی یک محیط، اثر اصلی یک ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است (Yan *et al*., 2000). معمولا اثر اصلی محیط مقدار قابل توجهی از تنوع کل را شامل می‌گردد. لذا، اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در ارزیابی ژنوتیپ‌ها مهم و اساسی می‌باشد که منعکس‌کننده بخشی از تنوع عملکرد است که به تنهایی توسط ژنوتیپ یا محیط قابل توجیه نمی‌باشد (Yan & Hun, 2001). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط منجر به پاسخ و انتخاب ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود (Kang, 2004). آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به اصلاح‌گران کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها، با دقت بیش‌تری عمل کرده و بهترین ژنوتیپ‌ها را انتخاب کنند. در واقع این اثر متقابل همبستگی بین ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی را کاهش می‌دهد و گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها را مشکل و با ابهام مواجه می‌سازد (Finlay & Wilkinson, 1963). میانگین تمام محیط‌ها در صورت عدم وجود اثر متقابل می‌تواند به‌خوبی نشانگر تظاهر ژنوتیپ‌ها باشد. ولی استفاده از میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در تمام محیط‌ها سبب غفلت از این حقیقت می‌شود که ژنوتیپ‌ها در تظاهر نسبی در تمام محیط‌ها متفاوت هستند (Voltas *et al*., 2002). اثر متقابل معنی‌دار ممکن است از تیپ غیرتقاطعی باشد. جایی که در مرتبه یک ژنوتیپ از یک محیط به محیط دیگر تغییر معنی‌داری رخ دهد. به هنگام گزینش ژنوتیپ‌ها در تعدادی از محیط‌ها، اصلاح‌گران به دنبال تیپ با سازگاری عمومی هستند (Matus-Cadiz *et al*., 2003). هر چند اثر متقابل غیرتقاطعی برای سازگاری خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتظار می‌رود بخش عمده اثر متقابل وقتی وجود داشته باشد که تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورفولوژیک به وجود آورنده مقاومت به یک یا تعداد بیش‌تری از تنش‌ها وجود داشته باشد. از سوی دیگر، ممکن است تنوع زیاد بین محیط‌ها برای انطباق با همان تنش‌ها به خاطر آب و هوا، خاک، عوامل زیستی و مدیریتی باشد. به‌عنوان مثال، این وضعیت ممکن است جایی رخ دهد که تنوع زیادی بین مواد بر حسب مقاومت ذاتی به خشکی، زودرسی، چرخه زندگی و بین محیط‌ها بر حسب سطح تنش خشکی انتهایی وجودد اشته باشد (Annicchiarico, 2002).

روش تجزیه واریانس مرکب معمول‌ترین روش برای شناسایی و وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایشات چند محیطی است. اگر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار شود، یک یا تعداد بیش‌تری از روش‌های اندازه‌گیری پایداری برای شناسایی ژنوتیپ (های) پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرد. دامنه وسیعی از روش‌ها برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در دسترس می‌باشد که به‌طور کلی می‌توان آنها را در چهار گروه تجزیه اجزاء واریانس، تجزیه پایداری، روش‌های چند متغیره و روش‌های کیفی تقسیم نمود (Martin & Alberts, 2004).

طی دههٔ گذشته، توجه زیادی به ادغام مؤثر اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط با عملکرد برای گزینش ارقام در آزمایش‌های کوتاه مدت شده است. بعضی از محققین معتقد به این هستند که عملکرد و پایداری عملکرد برای کاهش اثر ژنوتیپ × محیط و انجام گزینش دقیق‌تر باید به‌طور همزمان در نظر گرفته شوند. آماره‌های پایداری متعددی برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها نسبت به یک صفت ابداع و آزمون شده‌اند (Becher & Leon, 1988; Khorasany *et al*., 2019;

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

زمانی که تغییرات محیطی قابل پیش‌بینی باشد، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند با اختصاص ژنوتیپ‌های مختلف به محیط‌های مختلف کاهش یابد (Francis & Kanenberg, 1987)؛ اما زمانی که تغییرات غیر قابل پیش‌بینی حاصل از تغییرات سال به سال اغلب موجب بزرگی اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ × محیط × مکان می‌گردد، نیاز به مراحل دیگری ضرورت می‌یابد. یکی از این راهکارها انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با عکس‌العمل کم به محیط است (Eberhart & Russell, 1966).

روش‌های مختلفی برای شناسائی میزان سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) ضریب رگرسیونی (Finlay & Wilkinson, 1963)، انحراف از خط رگرسیونی (Eberhart & Russell, 1966)، روش میانگین مربعات درون مکانی (Lin & Binns, 1985) اشاره نمود. محققین چندین روش برای بررسی همزمان عملکرد و پایداری ارائه کرده‌اند (Kang, 1991; Kang, 1993; Kang & Gorman, 1989; Kang & Pham, 1991). کانگ و همکاران در سال‌های مختلف (Kang & Gorman, 1989)، (Kang & Pham, 1991) و (Juliano, 1971)، روش‌های گزینش همزمان را برای عملکرد و پایداری براساس واریانس پایداری (δi^2) شوکلا ارائه و مورد استفاده قرار دادند. این در حالی است که لین و بینز (Lin & Binns, 1986) واریانس پایداری را جزء آماره‌های نوع II پایداری طبقه‌بندی کردند. این آماره سهم هر ژنوتیپ را از کل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تعیین می‌نماید، لذا برای متخصصین امر می‌تواند مفید و قابل قبول باشد. پایداری نوع II یک معیار نسبی است که بستگی به ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش دارد و وسعت نتایج حاصل از آن فقط در رابطه با همان مجموعهٔ آزمایش‌ها صادق بوده و نباید به کل تعمیم داده شود مگر این که ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نمایندهٔ ژنوتیپ‌های مورد کشت در منطقه باشند. با این حال واریانس پایداری همانند عملکرد به‌عنوان نمود ژنوتیپ در محیط مورد نظر و همچنین متناسب با عملکرد سایر ژنوتیپ‌ها در آزمایش مد نظر قرار می‌گیرد (Lin & Binns, 1986).

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی ارقام و لاین‌های کیفی برنج، برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط و شناسایی پایدارترین ژنوتیپ (ها) از نظر عملکرد دانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل هشت لاین کیفی برنج (دریافتی از معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور) به همراه ارقام کیفی کادوس، علی کاظمی و چمپای محلی (جمعاً ۱۱ ژنوتیپ) بودند (جدول ۵). ژنوتیپ‌های برنج در دو منطقه چرام و باشت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ کشت شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

منطقه چرام در استان کهگیلویه و بویراحمد با ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۰ درجه و ۴۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۸۱۵ متری از سطح دریا، و منطقه باشت در ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۰ درجه و ۴۸ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۷۲۰ متری از سطح دریا واقع شده‌اند. پارامترهای هواشناسی از جمله میانگین بارندگی و متوسط دما از طریق ایستگاه هواشناسی گچساران ثبت گردید (جدول ۴).

پس از عملیات تهیه زمین، بذور ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در ۱۵ اردیبهشت‌ماه هر سال در خزانه کشت شده و در ۱۵ خرداد همان سال نشاءها در مرحله چهار تا پنج برگی و به تعداد سه تا پنج نشاء در هر کپه به زمین اصلی انتقال داده شدند. هر تیمار در کرت‌های ۴ × ۵ متری با فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. علف‌های هرز به‌صورت تلفیقی با استفاده از علفکش بوتاکلر در مرحله آماده‌سازی و وجین دستی از مرحله کاشت تا قبل از ظهور خوشه کنترل شدند. آبیاری طبق عرف منطقه و به‌صورت غرقابی و یکنواخت انجام شد. همچنین کودهای شیمیایی مطابق عرف هر منطقه مصرف شد. کودهای فسفات آمونیوم، سولفات پتاسیم و ۵۰ درصد اوره قبل از نشاء و مابقی کود اوره به‌صورت سرک بعد از پنجه‌زنی و قبل از ظهور خوشه مصرف گردید. کنترل آفت کرم ساقه‌خوار برنج با سم گرانوله دیازینون ۱۰ درصد به‌میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار انجام شد. برای کنترل بیماری بلاست شلتوک برنج با سم قارچکش ضدعفونی شد.

ارزیابی ها در زمان مناسب و برای صفات مهم زراعی مانند تعدادکل پنجه، تعداد پنجه بارور، تاریخ رسیدن و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰ بوته در هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری و ثبت شد. در زمان برداشت پس از حذف خطوط حاشیه کرت‌ها، برداشت محصول با رطوبت ۱۴ درصد از ۱۰ متر مربع انجام شد وزن هزار دانه و عملکرد ژنوتیپ‌های برنج نیز تعیین گردید. خصوصیات مؤثر بر کیفیت فیزیکی و پخت دانه شامل راندمان تبدیل (درصد)، برنج سفید کامل (درصد) و میزان آمیلوز دانه (درصد) براساس روش جولیانو (Juliano, 1971) در آزمایشگاه کیفیت موسسه تحقیقات برنج کشور اندازه‌گیری شد.

برای هر منطقه به طور جداگانه تجزیه واریانس ساده انجام شد. برای آزمون یکنواختی خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت انجام گرفت و سپس تجزیه واریانس مرکب برای دو سال بر روی عملکرد دانه جهت تعیین وجود اثر متقابل ژنوتیپ ×محیط انجام گرفت. به‌منظور ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و وضعیت پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج هر یک از روش‌های پایداری ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ (Francis & Kanenberg, 1987)، انحراف از خط رگرسیون ابرهات و راسل (Eberhart & Russell, 1966)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، ضریب رگرسیونی فینلی و ویلکینسون (Finlay & Wilkinson, 1963)، و ضریب تشخیص پینتوس (Pinthus, 1973)، آزمون و محاسبه شدند (جدول ۴).

برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار آماری SAS 9.3 و برای آزمون مقایسه میانگین تیمارها با یکدیگر از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال آماری ۱ و ۵٪ استفاده شد. ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ (Francis & Kanenberg, 1987) از رابطه ۱ محاسبه شد (جدول ۴).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

ضریب تغییرات محیطی سهم هر ژنوتیپ را در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط اندازه می‌گیرد. در واقع انحراف یک ژنوتیپ از میانگین ژنوتیپ در کلیه محیط‌ها را اندازه می‌گیرد. براساس رابطه فوق ژنوتیپی پایدار است که دارای حداقل ضریب تغییرات باشد.

روش اکووالانس ریک (Wricke, 1962) به‌صورت رابطه ۲ پیشنهاد شد. نظر به اینکه اکووالانس ریک سهم هر ژنوتیپ را در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اندازه می‌گیرد، لذا ژنوتیپ‌های با حداقل مقدار W_i^2 را ژنوتیپ پایدار گویند. زیرا پایین بودن این آماره برابر با بالا بودن اکووالانس است (Wricke, 1962).

شوکلا (Shukla, 1972) به‌منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف براساس باقیماندهٔ حاصل از گروه‌بندی دو طرفه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، برآورد ناریب واریانس ژنوتیپ‌ها در تمام محیط‌ها را پیشنهاد نمود، و این پارامتر را واریانس پایداری نامید که این روش توسط نماد δ_i^2 به‌صورت رابطه ۳ محاسبه شد (جدول ۴).

روش فینلی و ویلکینسون (Finlay & Wilkinson, 1963) مطابق رابطه ۴، جدول ۴ برآورد گردید. در این مدل M میانگین کل آزمایش، P_i اثر اصلی ژنوتیپ iام، β_i ضریب رگرسیون خطی برای ژنوتیپ i، y_j اثر اصلی محیط، δ_{ij} اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و ε_{ijk} اثر خطا می‌باشد. در این روش عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌صورت اثرات اصلی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و حاصل‌ضرب اثرات اصلی محیط در ضرایب رگرسیون ژنوتیپی بیان می‌شود. در این مدل معیار پایداری را با نماد β_i نشان می‌دهند و ژنوتیپی پایدار است که دارای شیبی معادل b=۱ باشد.

ابرهارت و راسل مدلی را مطابق رابطه ۵ جدول ۴ پیشنهاد نمودند، در این روش نیز تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط هر رقم به دو جزء ضریب رگرسیونی و انحراف از خط رگرسیون متکی است و ژنوتیپی پایدار است که ضریب رگرسیونی آن یک($b_i=1$) و انحراف از خط رگرسیونی آن نزدیک به صفر ($S^2_{di}=0$) باشد.

ضریب تبیین براساس رابطه ۶، جدول ۴ محاسبه شد. ضریب تبیین در واقع آن قسمت از تغییرات موجود در عملکرد یک ژنوتیپ است که به وسیله مدل مربوطه توجیه می‌شود. بر طبق این پارامتر ژنوتیپی پایدار است که ضریب تشخیص آن زیاد باشد (Pinthus, 1973).

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس ساده برای صفت عملکرد دانه تیمارهای مورد آزمایش در مناطق مختلف به‌صورت جداگانه در جدول ۲ درج شده است. این نتایج برای مناطق (جدول ۲) نشان می‌دهد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری وجود دارد که می‌تواند به دلیل تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده باشد. به عبارتی با توجه به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ می‌توان نتیجه گرفت که لاین‌های مورد بررسی به لحاظ عملکرد از هم متفاوت بودند و از این نظر دارای تنوع ژنتیکی می‌باشند. خراسانی و همکاران (Khorasany *et al.*, 2019) با مطالعه بر روی ۱۶ ژنوتیپ برنج دریافتند که تفاوت بسیار معنی‌داری در بین تمامی صفات مورد ارزیابی وجود داشت.

جدول ۱- خصوصیات خاک و میانگین بارندگی و دمای سالانه محل آزمایش (۱۳۹۹-۱۳۹۶)

Tabel 1. Soil characteristics, average annual rainfall, and annual temperature of experiment locations (2016-2019)

مکان Location	خصوصیات خاک Soil characteristics			میانگین دمای سالیانه (درجه سانتیگراد) Average annual temperature (°C)		میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Average rainfall (mm)	
	بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	کربن آلی O.C%	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018
چرام Cheram	رسی- لومی clay- Lumi	7.4	1.02	17.6	16.4	418.3	575.8
باشت Basht	لومی- رسی Lumi- clay	7.3	0.93	18.3	16.8	376.8	463.4

منبع: (سازمان هواشناسی ایران و آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی).

Source: (Meteorological Organization of Iran and Soil and Water Laboratory of Agricultural Research Center).

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کیفی برنج

Table 2. Analysis of variance for grain yield of rice genotypes

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares		محاسبه شده F Calculated F	
		چرام (Cheram)	باشت (Basht)	چرام (Cheram)	باشت (Basht)
تکرار Replication	2	0.22	0.13	1.22 ns	0.93 ns
ژنوتیپ Genotype	10	5.12	5.71	28.44*	40.78**
خطا Error	20	0.18	0.14		

* ns، **: بترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال۵ و ۱٪ respectively ns: not-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج در دو سال و دو منطقه مختلف
Tabel 3. Combined analysis of variance for grain yield rice genotypes in two years and two different locations

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares	F محاسبه شده Calculated F
سال (Y) Year	1	3.36	8.615*
منطقه (L) Location	1	2.89	7.410*
سال× منطقه(YL) Year ×Location	1	4.05	10.384*
تکرار× سال× منطقه Replication ×Year ×Location	8	3.72	9.538*
ژنوتیپ(G) Genotype	10	9.65	24.473**
ژنوتیپ× سال(Y×G) Genotype ×Year	10	0.25	0.641 ns
ژنوتیپ× منطقه(L×G) Genotype ×Location	10	0.20	0.513 ns
ژنوتیپ× منطقه× سال Genotype × Location ×Year	10	10.31	26.436**
خطا Error	80	0.39	

ns، * ،** بترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال۵ و ۱٪ respectively ns: not-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels

جدول ۴- روش‌های محاسبه پارامترهای پایداری ژنوتیپ‌های برنج
Tabel 4. Methods of calculator the stability parameters of rice genotypes

رابطه	نام روش	نام انگلیسی	فرمول	رفرنس
1	فرانسیس و کانبرگ	Francis and Kanenberg	$CV_i = \left[\frac{\sqrt{S_i^2}}{\bar{Y}_{i.}}\right]\times 100$	11
2	اکووالان سریک	Wricke	$W_i = \sum x_{ij}^2 - \left(\frac{2}{S}\right)\sum x_{ij}x_{.j} + \left(\frac{1}{S^2}\right)\sum x_{.j}^2 - \left(\frac{1}{t}\right)(x_{i.} - \frac{x^2..}{S})^2$	42
3	شوکلا	Shukla	$\delta_i^2 = \left[\frac{p}{(p-2)(q-1)}\right]\times\sum_{j=1}^{q}(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})^2 - \frac{SSGE}{(p-1)(p-2)(q-1)}$	37
4	فینلی و ویلکینسون	Finlay and Wilkinson	$Y_{ijk} = M + p_i + (1+\beta_i)V_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$	10
5	ابرهارت و راسل	Eberhart and Russell	$b_i = \frac{\sum_{j=1}^{q}(x_{ij} - \bar{x}_{i.})(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})}{\sum_{j=1}^{q}(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}$ $b_i = \frac{\sum x_{ij}I_j}{\sum I_j^2}$	5
6	ضریب تشخیص	Pinthus	$R_i^2 = \frac{b_i^2\sum(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}{\sum(x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2}$	30

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های کیفی برنج برای دو منطقه طی دو سال
Table 5. Mean comparison rice genotypes for yield and agronomy character in two locations and two years

شماره Number	کد ژنوتیپ Genotype code	میانگین عملکرد دانه Mean grain yield (kg ha^{-1})		وزن هزار دانه 1000 grains weight	تعداد کل پنجه Number of total tillers	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد روز تارسیدن Number of days until ripening
		چرام (Cheram)	باشت (Basht)				
1	8502	6.850^{cd}	6.800^{cd}	22.4^{d}	23^{c}	95^{c}	152^{c}
2	8503	6.500^{d}	6.450^{d}	22^{d}	22^{d}	92^{d}	156^{a}
3	8505	6.350^{e}	6.330^{e}	23.2^{c}	20^{e}	93^{d}	147^{d}
4	8508	6.750^{d}	6.600^{d}	21^{e}	21.5^{d}	90^{e}	154^{b}
5	8510	8.800^{a}	8.900^{a}	24.3^{b}	27^{b}	103^{b}	152^{c}
6	8511	7.770^{bc}	7.750^{bc}	23.5^{c}	24^{c}	93^{d}	152^{c}
7	8515	9.700^{a}	9.500^{a}	25.3^{a}	29^{a}	101^{b}	155^{b}
8	8516	8.100^{ab}	8.050^{ab}	24.5^{b}	26^{b}	100^{b}	154^{b}
9	کادوس Kadus	5.500^{f}	5.500^{g}	18^{g}	17.5^{f}	96^{c}	155^{b}
10	علی کاظمی Ali Kazemi	4.700^{h}	4.500^{h}	21^{e}	18.5^{f}	98^{c}	157^{a}
11	چمپای محلی champai Mahali	5250^{g}	5.000^{g}	19.5^{f}	16^{g}	112^{a}	158^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند
Averages with the same letters in each column do not have a significant difference at the 1% probability level

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

جدول ۶- شماره، شجره و مقایسه میانگین برخی از صفات کیفی ژنوتیپ‌های برنج
Table 6. Number, pedigree and average comparison of some qualitative traits of rice genotypes

شماره Number	کد ژنوتیپ Genotype code	شجره ژنوتیپ Genotype pedigree	راندمان تبدیل Milling recovery (%)	برنج سفید کامل Head rice (%)	میزان آمیلوز Amylose content (%)
1	(8502)	IR72860-109-2-3-2	69.1^{b}	61.3^{bc}	20.7^{abc}
2	(8503)	IR74719-23-3-2-2	70.3^{a}	58.6^{def}	21.6^{a}
3	(8505)	IR75482-135-2-3	66.5^{de}	55.7^{f}	20.1^{cde}
4	(8508)	IR75479-199-3-3	67.9^{c}	59.5^{cde}	20.3^{bcd}
5	(8510)	IR75481-104-2-3	69.8^{ab}	64.0^{a}	20.5^{bc}
6	(8511)	IR75482-149-1-1	66.1^{e}	55.8^{f}	19.2^{ef}
7	(8515)	IR70422-95-1-1	67.5^{cd}	59.1^{cd}	20.1^{bcd}
8	(8516)	IR70416-53-2-2	67.9^{c}	57.6^{ef}	95^{def}
9	کادوس Kadus	–	62.0^{f}	51.2^{g}	22.1^{a}
10	علی کاظمی Ali Kazemi	–	66.3^{de}	55.6^{f}	21.9^{a}
11	چمپای محلی champai Mahali	–	67.7^{c}	57.4^{ef}	21.3^{a}

جدول ۷- تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌های کیفی برنج
Table 7. Stability analysis for seed yield of rice genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype number	کد ژنوتیپ Genotype code	میانگین عملکرد دانه Seed yield (Kg. ha^{-1})	رتبه عملکرد (R) Ranking	واریانس محیطی (S_i^2)	ضریب تغییرات ژنوتیپی محطی (Cvi)	اکووالانس ریک (W_i^2)	واریانس پایداری (σ_i^2)	شیب خط رگرسیون (b_i)	میانگین انحراف ازخط رگرسیون (δ_i^2)	ضریب تشخیص (R_i^2)	جمع رتبه (SR)	میانگین رتبه (AR)
1	8502	6.825	5	3093	14.14	2128	213	1.0	221	0.95	5676.3	709.5
2	8503	6.475	7	3205	16.58	2297	211	0.99	216	0.94	5956.5	744.6
3	8505	6.340	8	3383	16.78	2464	218	1.2	231	0.97	6322.9	790.5
4	8508	6.674	6	3112	15.17	2303	215	1.1	229	0.95	5876.2	734.5
5	8510	8.850	2	2907	8.76	1969	209	0.98	188	0.89	5283.6	660.4
6	8511	7.760	4	3004	12.66	1954	178	0.96	177	0.93	5327.5	665.9
7	8515	9.600	1	2874	7.98	1971	177	0.97	176	0.88	5208.8	652.1
8	8516	8.075	3	3073	9.44	2037	188	0.95	180	0.90	5493.3	686.7
9	کادوس Kadus	5.800	9	3117	15.75	2016	214	1.0	226	0.94	5596.7	699.9
10	علی کاظمی Ali Kazemi	4.600	11	2943	14.03	1997	207	0.99	182	0.91	5355.9	669.5
11	چمپای محلی champai Mahali	5.125	10	2756	7.86	1683	181	0.97	171	0.87	4809.7	601.2

جهت برآورد میزان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه مرکب ابتدا آزمون همگنی واریانس‌های خطای آزمایشی به روش آزمون همگنی واریانس بارتلت انجام گردید. نتایج نشان داد که بین مناطق مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد که نشانگر سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها و وضعیت غیریکنواختی محل آزمایشات می‌باشد. در تجزیه مرکب، آزمون Fبراساس امید ریاضی میانگین مربعات و با فرض تصادفی بودن سال‌ها و مکان ها و ثابت بودن ژنوتیپ ها انجام گردید.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که بین سال‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. یعنی بین سال اول و دوم اختلاف عملکرد مشاهده گردید. بین سال‌ها و مناطق نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد به عبارتی ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف در طی سال‌های متفاوت اختلاف عملکرد داشته‌اند و نشان دهنده آن است که بین سال × مکان اثر متقابل وجود دارد یعنی اثر سال همراه با اثر متقابل منطقه بوده و هر دوی این‌ها بر روی میزان عملکرد مؤثر بوده‌اند.

بین مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، همچنین اثر متقابل سه گانه ژنوتیپ × منطقه × سال معنی‌دار شد. بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر میزان عملکرد دانه تفاوت بسیار معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) وجود داشته است و این بدان مفهوم است که ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف عملکرد متفاوتی داشته‌اند و محیط روی عملکرد دانه آنها تأثیر قابل توجهی نداشته است. (جدول ۳). اثر متقابل ژنوتیپ × سال معنی‌دار نبود. همچنین بین ژنوتیپ × منطقه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ ولی اثرات متقابل سال × منطقه و ژنوتیپ× منطقه× سال بسیار معنی‌دار شدند (جدول ۳). نتیجه‌گیری می‌شود که این اختلاف معنی‌داری ناشی از اثر متقابل سال × منطقه است و اهمیت اثر متقابل سال × منطقه را بر روی معنی‌دار شدن اثر متقابل سه جانبه نشان داد.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که معنی‌دار نشدن واریانس اثرات متقابل ژنوتیپ × منطقه نشان دهنده ثبات عملکرد ارقام مورد آزمایش در مکان‌های مختلف می‌باشد. همچنین بین ارقام و لاین‌های مورد آزمایش تفاوت قابل ملاحظه ای دیده می‌شود که نتایج تجزیه واریانس ساده نیز مؤید این امر بوده است (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را برای ژنوتیپ و منطقه و اثر متقابل ژنوتیپ× منطقه× سال نشان داد. اثر معنی‌دار ژنوتیپ، بیانگر تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است. اثر معنی‌دار منطقه، می‌تواند به علت عواملی مانند خصوصیات خاک منطقه، طول و عرض جغرافیایی ارتفاع از سطح دریا و ... باشد. معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ× منطقه× سال بیانگر تفاوت بین عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر است. به نظر می‌رسد در معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ× منطقه×

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

سال، علاوه بر تفاوت ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها، پاسخ‌های متفاوت آنها به طول و عرض جغرافیایی و عوامل اقلیمی هم موثر بوده است. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ× منطقه× سال نیز نشان دهنده تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها، محیط‌های آزمایشی و سال‌ها است؛ بنابراین امکان استفاده از تجزیه پایداری و شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط‌های مخلف وجود دارد.

نتایج مقایسه میانگین عملکرد شلتوک و سایر خصوصیات مهم زراعی ارقام و لاین‌های برنج مورد بررسی در جدول ۵ آمده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر توان تولید محصول تفاوت وجود دارد، که در سطح یک درصد معنی‌دار هستند بیش‌ترین وزن هزار دانه را ژنوتیپ ۷ و کمترین را رقم کادوس داشته‌اند، بین وزن هزار دانه سایر ژنوتیپ‌ها نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

حداقل عملکرد دانه را رقم علی کاظمی داشته و همراه با چمپای محلی نسبت به کلیه ژنوتیپ‌ها دیررس‌تر بوده است. ژنوتیپ ۳ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها زودرس‌تر بوده است. اگرچه لاین‌های ۱،۲،۳ و ۴ دارای دوره رشد و عملکرد دانه نسبتا مناسبی بوده‌اند؛ ولی به علت حساسیت به بیماری بلاست انتخاب نشدند. حداکثر تعداد کل پنجه مربوط به ژنوتیپ‌های ۷ و۱۰ بوده است (جدول ۵).

متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ۷ و ۵ در هر دو منطقه به‌ترتیب ۹/۶۰۰ و ۸/۸۵۰ تن در هکتار می‌باشدکه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری معنی‌داری داشته‌اند. این ژنوتیپ‌ها از تعداد کل پنجه و وزن هزار دانه بیش‌تری برخوردار بودند بنابراین می‌توانند ژنوتیپ‌های مناسبی برای معرفی باشند.

مقایسه میانگین در جدول ۶ نشان می‌دهد که بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر راندمان تبدیل، درصد برنج کامل و میزان آمیلوز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. لاین ۵ با ۶۴ درصد برنج کامل بیش‌ترین و لاین ۳ با ۵۵/۷ درصد برنج کامل کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. لاین‌های ۵ و ۷ به‌ترتیب دارای ۶۹/۸ و ۶۷/۵ درصد راندمان تبدیل و ۶۴ و ۵۹/۱ درصد برنج سالم می‌باشند.

نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین آمیلوز برای لاین‌های مختلف نشان می‌دهد که لاین‌های مورد بررسی میزان آمیلوز ۱۹/۲ تا ۲۱/۶ درصد داشته‌اند و تقریباً در گروه آمیلوز متوسط قرار گرفته اند (جدول ۶). در این جدول لاین ۲ با آمیلور ۲۱/۶ درصد بیش‌ترین و لاین ۶ با آمیلوز ۲/ ۱۹ درصد کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. محتشمی و همکاران (Mohtashami *et al*., 1999) نیز همبستگی بین میزان آمیلوز و عملکرد دانه را منفی و غیر معنی‌دار گزارش کردند. ژنوتیپ‌های ۵ و ۷ به‌ترتیب با آمیلوز ۲۰/۵ و ۲۰/۱ در گروه آمیلوز متوسط‌ها قرار گرفته و از نظر کیفیت شیمیایی جزء لاین‌های مطلوب محسوب می‌شوند.

در این بررسی با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها بوسیله محاسبه پارامترهای پایداری نمونه‌ای اندازه‌گیری شد، نتایج آماره‌های پایداری، میانگین عملکرد دانه، رتبه، جمع و میانگین رتبه تمام ۱۱ ژنوتیپ برنج در جدول ۷ آمده است. با توجه به محاسبه میانگین ژنوتیپ‌ها بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های ۷ و ۵ به‌ترتیب به میزان ۹۶۰۰ و۸۸۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. با استفاده از واریانس ژنوتیپی کم‌ترین واریانس محیطی را ارقام چمپای محلی، علی‌کاظمی و ژنوتیپ‌های ۷ و ۵ داشته‌اند که براساس روش ارائه شده توسط رومر (Romer, 1917) این ژنوتیپ‌ها بیش‌ترین پایداری عملکرد را دارند. داس و همکاران (Das *et al*., 2010) نیز تعداد ۱۱ ژنوتیپ برنج را در چهار منطقه و سه سال مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که در آماره واریانس محیطی، ژنوتیپی که S_i^2 کم‌تری داشته باشد، از ثبات عملکرد بیش‌تری برخوردار است.

مطابق جدول ۷ ژنوتیپ‌های ۲ و ۳ بیش‌ترین و ژنوتیپ‌های ۷،۵، ۸ و رقم چمپای محلی حداقل ضریب تغییرات ژنوتیپی را داشته‌اند، بنابراین این ژنوتیپ‌ها حداکثر ثبات عملکرد را به خود اختصاص دادند. کم‌ترین واریانس پایداری و در نتیجه بالاترین پایداری عملکرد مربوط به رقم چمپای محلی و ژنوتیپ‌های ۸،۶، ۷ و ۵ بوده است و این نتایج با مدل ارائه شده توسط شوکلا (Shukla, 1972) مشابهت دارد.

نتایج بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف توسط روش اکووالانس ریک (Wricke, 1962) نیز برآورد و در جدول ۷ مندرج است. براساس این روش حداقل واریانس ژنوتیپ در محیط را رقم چمپای محلی و ژنوتیپ‌های ۶ و ۵ داشته‌اند و حداکثر این پارامتر پایداری مربوط به ژنوتیپ ۳ بوده است. از نظر پارامتر مجموع مربعات ریک، رقم چمپای محلی و ژنوتیپ ۶ و ۵ پایدارترین و ژنوتیپ‌های ۳،۴ و ۲ ناپایدارترین ژنوتیپ برنج از نظر عملکرد دانه تعیین گردید (جدول ۷). در این بررسی ژنوتیپ‌های با کم‌ترین آماره پایداری اکووالانس ریک دارای پایداری عملکرد دانه بیش‌تری بودند. که با یافته‌های خراسانی و همکاران (Khorasany *et al*., 2019) در مطالعه برخی صفات زراعی و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج در مازندران همخوانی دارد.

نتایج نشان می‌دهد که مناسب‌ترین ضریب رگرسیون مربوط به رقم چمپای محلی و ژنوتیپ‌های ۷،۶، ۸ و ۵ بوده است. این ژنوتیپ‌ها بیش‌ترین پایداری و در نتیجه بهترین پایداری و سازگاری را در محیط‌های مختلف نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر آزمایش داشته‌اند. لذا بر اساس آماره b_i از پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه تشخیص داده شدند. ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ کم‌ترین شیب رگرسیون را به خود اختصاص دادند.

به‌طور کلی از نظر ضریب رگرسیونی فنیلی ویلکینسون(Finlay & Wilkinson, 1963). ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۴، ۱ و ۹ به دلیل حساسیت بالا به نوسانات و تغییرات محیطی، پایداری کم‌تر از متوسط داشته و تحت عنوان واریته‌های پایدار تلقی می‌گردند. ژنوتیپ‌های ۷،۶، ۸، ۵ و رقم چمپای محلی با مقادیر ضریب فنیلی کم‌تر، از ژنوتیپ‌های با پایداری متوسط تعیین گردیدند. ضریب رگرسیون کم‌تر از یک نشان‌دهنده پایداری بالاتر از حد متوسط است و بنابراین چنین ارقامی‌دارای پایداری ویژه به محیط‌های با پتانسیل پایین خواهند بود و برای محیط‌های نامساعد توصیه می‌شود. عیب این روش این است که پارامتر b_i وابسته به ژنوتیپ‌های دیگری است که در آزمایش وارد می‌شوند. مثلاً اگر در هر محیط

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

واریته‌های با عملکرد کم حذف شود و واریته‌های خوب جایگزین آنها شود ضریب رگرسیون تفاوت خواهد نمود (Fernandez, 1991).

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با معیار نمونه‌ای میانگین مربعات انحراف از رگرسیون(δi^2) در جدول ۷ آمده است. مطابق جدول کم‌ترین مقدار این پارامتر پایداری مربوط به ژنوتیپ‌های ۶، ۷ و ۸ و رقم چمپای محلی بود و لاین‌های ۳، ۴، ۹ و ۱ از ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. لذا براساس مدل پیشنهادی ابرهارت و راسل (Eberhart & Russell, 1966) بیش‌ترین پایداری عملکرد و در نتیجه بهترین پایداری و سازگاری را در محیط‌های مختلف نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر آزمایش داشته‌اند. بنابراین از نظر این شاخص پایداری، ژنوتیپ‌های مذکور به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ برنج تعیین گردیدند.

نتایج محاسبه پارامتر پایداری ضریب تشخیص نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های ۷، ۵، ۸ و رقم چمپای محلی کم‌ترین ضریب تشخیص و بیش‌ترین پایداری عملکرد را داشته‌اند، سایر ژنوتیپ‌ها از نظر این آماره ژنوتیپ‌های ناپایداری بودند.

اگرچه در اغلب آنالیز پارامترهای پایداری، رقم چمپای محلی ژنوتیپی پایدار بوده است؛ ولی این ژنوتیپ به‌واسطه عملکرد پایین، مناسب نبوده است (جدول ۷).

مقدار آمیلوز یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده کیفیت پخت دانه برنج می‌باشد. واریته‌های برنج براساس میزان آمیلوز به خیلی کم آمیلوز یا برنج‌های واکسی (۰ تا ۲ درصد)، کم آمیلوز (۳ تا ۹ درصد)، کم تا متوسط آمیلوز (۱۰ تا ۱۹ درصد)، متوسط آمیلوز (۲۰ تا ۲۵ درصد)، و برنج‌های پرآمیلوز (بیش‌تر از ۲۵ درصد) طبقه بندی می‌شوند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از لحاظ مقدار آمیلوز (جدول ۶) نشان داد که بیش‌تر ژنوتیپ‌ها دارای آمیلوز متوسط (۲۰ تا ۲۵ درصد) می‌باشند و به این معناست که برنج آنها پس از پخت نرم، متورم وکاملاً از هم جدا شده و مدت‌ها پس از پخت نرم می‌ماند. فقط در ژنوتیپ‌های ۶ و ۸ آمیلوز پایین مشاهده شد و در هیچ کدام از آن‌ها میزان آمیلوز بالا (۲۵ تا ۳۰ درصد) مشاهده نشد (جدول ۶). ژنوتیپ‌های با آمیلوز پایین پس از پخت نرم، چسبنده و لعابدار می‌شوند، بر عکس ژنوتیپ‌های پرآمیلوز پس از پخت به سرعت سفت و خشک شده و مصرف آنها مشکل می‌شود (Reddy *et al*., 1993). خراسانی و همکاران (Khorasany *et al*., 2019) در بررسی عملکرد و صفات کیفی ۱۶ ژنوتیپ برنج نیز گزارش دادند که بیش‌تر ژنوتیپ‌ها (۱۲ ژنوتیپ) داری میزان آمیلوز متوسط بودند. از نظر کیفیت تبدیل دانه ژنوتیپ‌ها دارای راندمان تبدیل ۶۶/۱ تا ۷۰/۳ درصد بودند. از لحاظ درصد برنج کامل بین ۵۵/۷ تا ۶۴ درصد در ژنوتیپ‌های مختلف متغیر بود و لاین شماره ۵ بیش‌ترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ‌های ۵، ۷، ۶ و ۸، به دلیل ثبات عملکرد و سازگاری محیطی مناسب، متوسط عملکرد بالا در مناطق مختلف، راندمان تبدیل و درصد برنج کامل بالا و میزان آمیلوز متوسط، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر تشخیص داده شده‌اند. پیشنهاد می‌شود به منظور معرفی این ژنوتیپ‌ها در سال‌های آینده وارد آزمایشات به‌زراعی گردند.

نتیجه‌گیری کلی

در نهایت با جمع بندی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج به روش‌های پایداری از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۸، ۵ و رقم چمپای محلی از پایداری بالایی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های برنج برخوردار شدند. در این پژوهش، ژنوتیپ‌های برنج با تجزیه پایداری بالا دارای عملکرد دانه بیش‌تری بودند. در مجموع لاین‌های شماره ۵ و ۷ با بالاترین عملکرد دانه و پایدارترین لاین‌های برنج انتخاب گردیدند.

منابع

Ali, S.S., S.J.H. Jafari. F. A. Faiz and M. Eutt. (1992). Stability analysis for irrigated rice yield. IRRI Nows Letter 17(5): 5-6.

Annicchiarico, P. (2002). Genotype x environment interactions - challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations, FAO. Rome.

Bachireddy, V. R., R. JR. Payne, K. L. Chin and M. S. Kang. (1992). Conventional selection versus methods that use genotype × environmental interaction in sweet corn trials. Horticultural sciences, 27:436-438.

Becher, H. C., and J. Leon. (1988). Stability analysis in plant. Plant Breeding. 101:1-23.

Das, S., R.C. Misra, M.C. Patnaik and S.R. Das. (2010). G × E interaction, adaptability and yield stability of midearly rice genotypes. Indian Journal of Agricultural Research, 44:104-111.

Eberhart, S. A. and W. S. Russel. (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6:36-40.

Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. (Second Ed.). Tagh Bostan publisher. Razi University Publications. Kermanshah, Iran. (In Persian).

Fernandez, G. C. J. (1991). Analysis of genotype × environment interaction by stability estimates. Horticultural Science, 27: 947-950.

Finlay, K. W. and G. M. Wilkinson. (1963). The analysis adaptation in the plant breeding programs. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 772-745.

Francis, T. R. and L. W. Kanenberg. (1987). Yield stability studies in short- season maize. A descriptive method for genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58:429-434.

Gravois, K.A. and M.C. Nenen. (1993). Genetic relationships among and selection for rice yield and components. Crop Science, 33: 249-252.

Hill, J. (1975). Genotype – environment interaction, a challenge for plant breeding. Journal of Agricultural Science, (Camb) 85: 477-493.

Huang, M., L. Jiang, Y. Zou and W. Zhang. (2013). On -farm assessment of effect of low temperature at seedling stage on early -season rice quality. Journal of Field Crops Research, 141: 63 -68.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]

Juliano, B.O. (1971). Simplified assay for milled -rice amylose. Cereal Science Today, 16: 334-360.
Kang, M. S. (1991). Modified rank-sum method for selecting high yielding, stable crop genotypes. Cereal Research Communications, 19: 361-364.
Kang, M. S. (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal, 85: 754-757.
Kang, M. S. and D. P. Gorman. (1989). Genotypes × environnements interaction in maize. Agronomy Journal, 81: 662-664.
Kang, M. S. and H. N. Pham. (1991). Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. Agronomy Journal, 83:161-165.
Kang, M.S. (2004). Breeding: Genotype by Environment Interaction. In: Encyclopedia of Plant and Crop Science, Goodman, R.M. (Ed.). Marcel Dekker, New York, ISBN: 0-4913-3438-6, pp: 218-221.
Khorasany, E., L. Fahmideh, N. A. Babaeian and Gh. Ranjbar. (2019). Studying some of the agronomy traits and yield stability of rice genotypes. Journal of Crop Breeding, 11(31): 196-208. (In Persian).
Lin, C. S. and M. R. Binns. (1985). Procedural approach for assessing cultivar × location × data pairwise genotypes/ environments of test cultivars with check. Canadian Journal of Plant Science, 65:1065-1071.
Lin, C. S. and M. R. Binns. (1986). Stability analysis. Crop Science, 26:894-899.
Martin J. and A. Alberts. (2004). A comparison of statistical methods to describe x environment interaction and yield stability in multilocation Maize trials. Thesis presented in accordance with the requirements for the degree *Magister Scientiae* Agriculture in the Faculty of Agriculture, Department of Plant Sciences (Plant Breeding) at the University of the Free State. University of the Free State Bloemfontein.
Matus-Cadiz, M.A., P. Hucl, C. E. Perron and R. T. Tyler. (2003). Genotype × environment interaction for grain color in hard white spring wheat. Crop Science, 43: 219-226.
Messina, C., G. Hammer, Z. Dong, D. Podlich and M. Cooper. (2009). Modeling crop improvement in a G × E × M frame work via gene-trait-phenotype relationships. In: Sadras, V. O., Calderini, D. (Eds.), Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy. Elsevier, Netherlands, pp. 235-265.
Mohtashami, R., GH. Nemat zade, M.T. Asad and F. Tavasoli Larijani. (1999). Determination of rice qualitative traits and the correlation between genotypic and phenotypic correlations of these qualitative traits using causality analysis. Summary of articles of the fifth Iranian congress of Plant breeding and crop production. Karaj. Iran, 86 pp.
Momeni-Zadeh, T., H. Najafi Zarini, M. Norouzi and A. R. Nabipour. (2018). A consideration on genotype and environment interactions and stability of grain yield in promising lines of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Crop Breeding, 10(27): 135-142 (In Persian).
Pinthus, J. M. (1973). Estimate of genotype value: a proposed method. Euphytica, 22:121-123.
Prabnakorn, S., M. Shreedhar, F.X. Suryadi and F. Charlotte. (2018). Rice yield in response to climate trends and drought index in the Mun River Basin, Thailand. Science of The Total Environment, 621: 108-119.
Rahimsouroush, H., B. Rabiei, M. Nahvi and M. Ghodsi. (2007). Study of some morphological, qualitative traits and yield stability of Rice genotypes (*Oryza Sativa* L.). Journal of Pajouhesh -va - Sazandegi, 20: 25 -32 (In Persian).
Rasyad, A. and B. Anhar. (2007). Genotype × environment interaction and yield stability of several yield components among adapted rice cultivars in West Sumatera. Zuriat, 18(2): 100-105.
Reddy, K.R., A.S. Zakiuddin and K.R. Bhattacharya. (1993). The fine structure of rice starch amylopectin and its relation to the texture of cooked rice. Carbohydrate Polymorphism, 22: 267-275.
Romer, T.H. (1917). Sind die ertragreicheren sorten ertragssicherer? DGL - Mitt, 32:87 -89.
Sattari, A., M. Solouki, N. Bagheri, B. Fakheri and A. Nabipour. (2019). Analysis of genotype by environment interaction and grain yield stability of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in mazandaran province. Journal of Crop Breeding, 11(31): 1-10. (In Persian).
Shukla, G. H. (1972). Some statistical aspects for partitioning genotype- environment component of variability. Heredity, 29:237-245.
Singh, R. K., U.S. Singh and G.S. Khush. (2000). Aromatic rices. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Lyd. New Delhi, Calcutta. 300 pp.
Voltas, J., F. van Eeuwijk, E. Igartua, L.F. Garcia Del Moral, J.L. Molina- Cano and I. Romagosa. (2002). Genotype by environment interaction and adaptation in barley breeding: basic concepts and methods of analysis. The Haworth Press, NY, pp.205-241.
Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. (2000). Cultivar evaluation and mega–environment investigations based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
Yan, W. and L.A. Hunt. (2001). Interpretation of genotype 3 environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science, 41: 19–25.
Wricke, G. (1962). Uber eine methode zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen, flazenzuecht, 47: 92-96.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-30]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.113]