Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 3, 2025 p: 100-111 OPEN ACCESS

Research Paper

Studying the Compatibility and Stability of Promising Early Rice Lines in Multi-Location Performance Comparison Experiments

Tahere Momenizadeh[1], Hamid Najafi-Zarini[2], Nadali Bagheri[3] and Alireza Nabipour[4]

1- Ph.D. student in the field of plant breeding, majoring in genetics and plant breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
2- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, (Corresponding author: najafi316@yahoo.com)
3- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
4- Research Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences Research, Rice Research Center, Mazandaran Vice-Chancellor (AMOL), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mazandaran, Iran

Received: 26 December, 2024 Revised: 17 March, 2025 Accepted:13 April, 2025

Extended Abstract

Background: Rice is the second most important grain in the world after wheat and is considered one of the oldest crops. Although its cultivated area in the world is less than wheat, its production amount equals wheat. This plant is the main food of more than half of the world's people, with a per capita consumption of 50 kg. In many developing countries, the rice produced does not keep up with consumption due to population growth, and it is expected that this problem will become more acute in the future. Therefore, international organizations have tried to speed up breeding programs, and in this regard, the International Rice Research Institute (IRII) has paid special attention to rice-growing countries. In recent years, the spread of the system of rice cultivation twice a year, along with the risk of water shortage, has seriously limited the area under cultivation of late varieties, which have higher water consumption. Therefore, the development of semi-pure early and dormancy-resistant cultivars, with a shorter growth period and less water requirement, is one of the most important research priorities. The present research was carried out in the form of two experiments to study the compatibility and stability of pure early and short lines resulting from a cross between local cultivars and improved cultivars.

Methods: To study the adaptability and stability of promising early rice lines, expriments were conducted with a randomized complete block design in three replications during two crop years 2022 and 2023 in three regions (Deputy of the Country Rice Research Institute in Amol, Tankabon Rice Research Station and Goldasht Rice Research Station, Babol). The treatments included five pure early rice genotypes (70 days from sowing to 50% flowering) and short (85-90 cm) lines, the result of crossing between local cultivars and modified cultivars, along with two Kohsar and Tarem Mazand cultivars as controls. The studied traits included the number of days to 50% flowering, plant height (cm), the number of fertile tillers per plant, cluster length (cm), the number of full and empty seeds per cluster, 1000-seed weight (g), the percentage of full grain, and paddy yield. Stability analysis was performed using Lin and Binns (1991) and AMMI (Crosaa, 1990) methods. AMMI stability analysis calculations were performed using Biplot software (Yan et al., 2007). Statistical analysis of the data, including testing the normality of the data distribution, Bartlett's test to examine the homogeneity of the variance of the errors, and the composite analysis of variance, assuming the randomness of the year effect, were performed with SAS software version 9.4. The AMMI method was used for stability analysis using AMMISOFT version 1.0 software.

Results: The results of a two-year compound analysis of variance in three places showed that the effect of year was not significant on the traits of plant height, spike length, the percentage of seed filling, and the number of seeds, but it had a substantial effect on the other traits. The simple effect of location was not significant on all the traits, and the interaction effect of year × location was substantial on all traits, except for grain yield. Moreover, the simple effect of genotype was substantial for all the studied traits, except for the number of claws, the percentage of seed filling, and the number of empty seeds. While the interaction effect of year in genotype was significant on most traits, the interaction effect of location × genotype was substantial only on 1000-seed weight and seed filling percentage traits. The triple interaction effect of year × location × genotype was statistically significant on all traits. Line Z3 with 7493 kg/ha produced the highest yield in

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

Copyright ©2025 Momenizadeh et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

three regions in two years, which was significantly different from the other lines. The highest number of claws (20) belonged to the Z5 line, followed by the Z1, Z3, and Z4 lines, with 18.3, 18.3, and 18.2 cm, respectively. The Z2 line, along with two control varieties, was placed in the last group. The maximum length of the cluster belonged to the Tarem Awn variety (26.5 cm), followed by Z5 (26.4 cm) and Z4 (25.5 cm) lines, and the cluster length of other lines and Kohsar variety was about 24 cm. The highest number of full seeds in the cluster (144.4) was assigned to the Z4 line and the lowest amount to the two varieties of Tarem Rishek short and Kohsar, with 85.6 and 1.89 seeds in the cluster, respectively. The lowest number of hollow seeds (16) in this test was assigned to the Z1 line and the most to the Z4 line (27). The Z4 line contained more total number of seeds in the cluster (with an average of 171.4) than the others. The lowest total number of seeds in the cluster belonged to the two control cultivars Tarem Mazand and Kohsar (103.9 and 112.2 seeds, respectively). The highest 1000-seed weight belonged to the Kohsar variety (27.7 g), and other genotypes did not show significant differences. The highest seed filling percentage belonged to Z1 and Z2 lines with 87.5 and 86.0%, respectively. The Kohsar variety showed the lowest seed filling rate (79.8%), and the seed filling rate in the Tarem variety was 82.9%. The studied lines were between 79.4 and 83.8 days in terms of the number of days to flowering, similar to the Kohsar variety (79.4 days) and earlier than the short-bearded Tarem variety (88.4 days). According to the AMMI diagram, the two genotypes Z3 and Z4 showed high yields and stability in this experiment.

Conclusion: Genotypes Z3 and Z2 were selected as the first and second options, with yields of 7493 and 6508 kg/ha, respectively, along with yield stability, short height, and a growth period length almost similar to the early variety Koohsar.

Keywords: Evaluation, Paddy yield, Pure line, Quantity, Yield components

How to Cite This Article: Momenizadeh, T., Najafi-Zarini, H., Bagheri, N., & Nabipour, A. (2025). Studying the Compatibility and Stability of Promising Early Rice Lines in Multi-Location Performance Comparison Experiments. *J Crop Breed,* 17(3), 100-111. DOI: 10.61882/jcb.2024.1583

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

مطالعه سازگاری و پایداری لاین‌های امیدبخش زودرس برنج در آزمایش‌های مقایسه عملکرد چندمکانی

طاهره مومنی‌زاده[۱] حمید نجفی‌زرینی[۲]، نادعلی باقری[۳] و علیرضا نبی‌پور[۴]

۱- دانشجوی دکتری رشته اصلاح نباتات گرایش ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: najafi316@yahoo.com)
۳- دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی، مرکز تحقیقات برنج، معاونت مازندران (آمل)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴
صفحه: ۱۰۰ تا ۱۱۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: برنج پس از گندم دومین غله مهم در جهان است و از قدیمی‌ترین نباتات زراعی محسوب می‌شود. اگر چه سطح زیر کشت آن در دنیا کم‌تر از گندم است، اما مقدار تولید آن با گندم برابری می‌کند. این گیاه غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان است به‌طوری‌که میزان مصرف سرانه آن در جهان ۵۰ کیلوگرم است. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، برنج تولیدشده با توجه به روند رشد جمعیت کفایت مصرف را نمی‌کند و پیش‌بینی می‌شود که در آینده این مسئله ابعاد حادتری پیدا کند. بدین‌جهت، سازمان‌های بین‌المللی سعی در سرعت بخشیدن به برنامه‌های به‌نژادی نموده‌اند که در این راستا موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (ایری) توجه خاصی نسبت به کشورهای برنج‌خیز داشته است. در سال‌های اخیر، فراگیر شدن سیستم دوبار کشت برنج در سال به‌همراه گسترش خطر کم‌آبی، گسترش سطح زیرکشت ارقام دیررس، که مصرف آب بالاتری دارند را با محدودیت جدی مواجه ساخته است. بنا بر این، توسعه ارقام اصلاح‌شده زودرس نیمه‌پاکوتاه و مقاوم به خوابیدگی با دوره رشد کوتاه‌تر و نیاز آبی کم‌تر از اولویت‌های مهم تحقیقاتی به‌شمار می‌آید. تحقیق حاضر در قالب دو آزمایش با هدف مطالعه سازگاری و پایداری لاین‌های خالص زودرس و پاکوتاه حاصل از تلاقی بین ارقام محلی و ارقام اصلاح‌شده اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: به‌منظور مطالعه سازگاری و پایداری لاین‌های امیدبخش زودرس برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سه منطقه (معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در آمل، ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن و ایستگاه تحقیقات شالیزار گلدشت، بابل) طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به اجرا در آمد. تیمارها شامل پنج ژنوتیپ خالص زودرس برنج (۷۰ روز از بذرپاشی تا ۵۰٪ گلدهی) و پاکوتاه (۹۰-۸۵ سانتی‌متر)، حاصل از تلاقی بین ارقام محلی و ارقام اصلاح‌شده، به‌همراه دو رقم کوهسار و طارم مازند به‌عنوان ارقام شاهد بودند. صفات مورد بررسی شامل تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد پنجه بارور در بوته، طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد خوشه‌چه‌های پر و پوک در خوشه، وزن هزار دانه (گرم)، درصد دانه پر و عملکرد دانه بودند. تجزیه پایداری با استفاده از روش لین و بینز (Lin & Binns, 1991) و AMMI (Crosaa, 1990) انجام گرفت. محاسبات تجزیه پایداری AMMI با استفاده از نرم‌افزار بای‌پلات (Yan *et al*, 2007) انجام شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل آزمایش نرمال بودن توزیع داده‌ها، آزمون بارتلت جهت بررسی یکنواختی واریانس خطاها و تجزیه واریانس مرکب با فرض تصادفی بودن اثر سال با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شدند. برای تجزیه پایداری از روش AMMI نرم‌افزار AMMISOFT نسخه ۱/۰ استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله در سه مکان نشان دادند که اثر سال بر صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، درصد پرشدن دانه و تعداد خوشه‌چه پوک معنی‌دار نبود، اما اثر معنی‌داری بر سایر صفات داشت. درحالی‌که اثر ساده مکان بر هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نشد، اما اثر متقابل سال × مکان بر همه صفات به‌جز عملکرد دانه معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر ساده ژنوتیپ برای کلیه صفات مورد مطالعه به‌جز تعداد پنجه، درصد پرشدن دانه و تعداد خوشه‌چه پوک معنی‌دار بود. اثر متقابل سال در ژنوتیپ بر بیشتر صفات معنی‌دار بود، اما اثر متقابل مکان × ژنوتیپ تنها بر صفت وزن هزار دانه و درصد پرشدن دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه سال× مکان × ژنوتیپ بر روی همه صفات از نظر آماری معنی‌دار بود. لاین شماره Z3 با ۷۴۹۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را در سه منطقه طی دو سال داشت و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با سایر لاین‌ها داشت. بیشترین تعداد پنجه با ۲۰ عدد به لاین Z5 و پس از آن به لاین‌های Z1، Z3 و Z4 به‌ترتیب با ۱۸/۳، ۱۸/۳ و ۱۸/۲ سانتی‌متر تعلق داشت و لاین Z2 به‌همراه دو رقم شاهد درگروه آخر قرار گرفتند. بیشترین طول خوشه به رقم طارم ریشک کوتاه (۲۶/۵ سانتی‌متر) و پس از آن لاین‌های Z5 (۲۶/۴ سانتی‌متر) و Z4 (۲۵/۵) تعلق داشت و طول خوشه بقیه لاین‌ها و رقم کوهسار حدود ۲۴ سانتی‌متر بود. بیشترین خوشه‌چه پر در خوشه به لاین Z4 با ۱۴۴/۴ عدد و کمترین مقدار آن به دو رقم شاهد طارم ریشک کوتاه و کوهسار به‌ترتیب با ۸۵/۶ و ۸۹/۱ دانه در خوشه اختصاص داشت.کمترین تعداد خوشه‌چه پوک در این آزمایش به لاین Z1 با ۱۶ عدد و بیشترین آن به لاین Z4 با ۳۷ عدد اختصاص داشت. لاین Z4 تعداد کل خوشه‌چه در خوشه بیشتری (با میانگین ۱۷۱/۴ عدد) را نسبت به بقیه به خود اختصاص داد. کمترین تعداد کل خوشه‌چه در خوشه به دو رقم شاهد طارم مازند و کوهسار (به‌ترتیب ۱۰۳/۹ و ۱۱۲/۲ دانه) تعلق گرفت. بیشترین وزن هزار دانه متعلق به رقم کوهسار (۲۷/۷ گرم) بود و دیگر ژنوتیپ‌ها اختلافات معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. بیشترین درصد پرشدن دانه متعلق به لاین‌های Z1 و Z2 به‌ترتیب با ۸۷/۵ و ۸۶/۰ درصد بود. رقم کوهسار پایین‌ترین میزان پرکردن دانه‌ها را داشت (۷۹٪/۸) و میزان پرشدن دانه در رقم طارم ۸۲/۹ درصد بود. لاین‌های مورد بررسی از نظر صفت تعداد روز تا گل‌دهی بین ۷۹/۴ تا ۸۳/۸ روز بودند که از این نظر به رقم کوهسار (۷۹/۴ روز) شباهت داشتند و زودرس‌تر از رقم طارم ریشک کوتاه (۸۸/۴ روز) بودند. با توجه به نمودار امی، دو ژنوتیپ Z3 و Z4 دارای عملکرد و پایداری بالا در این آزمایش بودند.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ‌های Z3 و Z2 به‌ترتیب با عملکرد ۷۴۹۳ و ۶۵۰۸ کیلوگرم در هکتار همراه با پایداری عملکرد، ارتفاع کوتاه و طول دوره رشد تقریباً مشابه رقم زودرس کوهسار، به‌عنوان گزینه‌های اول و دوم انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، ارزیابی، ژنوتیپ‌های خالص، عملکرد شلتوک، کمیت

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که از محبوبیت غذایی بالائی برخوردار است و در قسمت‌های مختلفی از جهان کشت و مصرف می‌شود. در ایران، برنج به‌طور سنتی در بسیاری از مناطق کشور کشت می‌شود، اما در سال‌های اخیر به‌دلیل بروز محدودیت‌های آبی در کشور، کشت آن تنها در دو استان گیلان و مازندران مورد حمایت بوده است (Nasiri *et al.*, 2022). روند افزایش جمعیت از یک سو

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

و محدودیت‌های منابع تولید و مساله کشاورزی پایدار از سوی دیگر، معرفی ارقام پرمحصول با بهره‌وری بالا را ضرورتی اجتناب‌ناپذیر ساخته‌اند. در توسعه ارقام جدید برنج، علاوه بر افزایش مقدار عملکرد، فاکتورهایی مانند مقاوم بودن به آفات و بیماری‌ها و پایداری عملکرد در شرایط مختلف محیطی توسط محققان در نظر گرفته می‌شوند (IRRI, 2013). با توجه به واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها نسبت به تغییر شرایط محیطی، انجام آزمایش‌های ناحیه‌ای (سازگاری) در مناطق مختلف و سال‌های متمادی برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و یا دارای سازگاری اختصاصی به برخی مناطق، ضرورت دارد (Jafari-Telobaghi *et al.,* 2020). زمانی‌که ژنوتیپ‌ها در چند منطقه و چند سال ارزیابی می‌شوند، بروز اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باعث تغییر عملکرد و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف شده، برخی ژنوتیپ‌ها کارایی متفاوتی در محیط‌های مختلف نشان می‌دهند (Falconer, 1952). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در صورتی‌که با تغییر رتبه‌بندی ارقام همراه باشد، اثر متقابل کیفی و در صورتی‌که رتبه‌بندی ارقام تغییر نکند اثر متقابل کمّی نامیده می‌شود (Becker & leon, 1988). اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط و تأثیر آن در کارایی گزینش، از سال‌ها پیش مورد توجه متخصصین ژنتیک بوده است. زمانی‌که ژنوتیپ‌ها در چند منطقه و چند سال ارزیابی می‌شوند، تغییر عملکرد و تظاهر ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف باعث مشکل شدن شناسایی واریته‌های پرمحصول برتر می‌شود که عملکرد پایداری در همه مناطق دارند. برای رفع این مشکل، روش‌های آماری تک‌متغیره و چندمتغیره مختلفی ابداع شده‌اند که شامل بررسی واریانس و ضریب تغییرات عملکرد در محیط‌های مختلف، θi، $\theta(i)$، اکووالانس، δ^2_i، σ^2_i مدل‌های رگرسیونی، مدل امی (مدل تأثیرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) و برخی مدل‌های کم‌تر شناخته شده می‌شوند (Nabipour, 2017). این روش‌ها هرکدام جنبه متفاوتی از پایداری را در نظر می‌گیرند و مزایا و معایب خود را دارند. روش امی روشی کارآمد و پرطرفدار است که قادر به جداسازی اثرات اصلی و متقابل و حذف نویز داده‌ها و توجیه بخش بزرگی از اثرات متقابل و در نتیجه، آشکارسازی الگوی واقعی داده‌ها است. از این روش به فراوانی در برنج برای شناسایی ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی و اختصاصی استفاده شده است (Ebdon & Gauch, 2002). روش امی همانند دیگر روش مشابه آن، یعنی GGE بر استفاده از بای‌پلات استوار است. به‌گفته Gauch (۲۰۰۶)، مدل AMMI یک تحلیل آماری مبتنی بر تجزیه مقادیر منفرد (SVD) است. تجزیه مقادیر منفرد با نام‌های مختلفی شناخته می‌شود. این روش، ابتدا به‌عنوان «تجزیه عاملی» نامیده می‌شد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تجزیه توابع متعامد تجربی نیز از دیگر اصطلاحات نزدیک به این روش است. همه این نام‌ها از نظر مفهوم ریاضی معادل هستند، هرچند در فرایند محاسبه آن‌ها تفاوت‌های زیادی وجود دارد. روش امی مدلی برای به تصویرکشیدن داده‌ها ارائه می‌دهد و تنوع کلی موجود در داده‌ها را به اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها تقسیم می‌کند. در نتیجه، تغییرات پیچیده را می‌توان به‌راحتی و به‌طور جداگانه مدیریت کرد. هم‌چنین، در روش امی گزینه‌ای برای پیش‌بینی اعضای خانواده مدل برای بالابردن دقت پیش‌بینی وجود دارد. روش امی شامل (۱) تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA)، (۲) تشخیص مدل، (۳) تعیین کلان‌محیط و (۴) توصیه‌های کشاورزی برای بهره‌برداری از سازگاری گسترده و محدود برای افزایش بازده است (Gauch, 2013). در آزمایش سه ساله و سه منطقه‌ای شریفی و همکاران (Sharifi *et al.,* 2019) روی نه ژنوتیپ، نتایج تجزیه مرکب وجود اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط را نشان دادند. در تجزیه و تحلیل به‌روش امی، دو مؤلفه اصلی معنی‌دار شده محدثی و همکاران (Mohaddesi *et al*,. 2010) با بررسی سازگاری و پایداری لاین‌های امیدبخش برنج در آزمایش مقایسه عملکرد ناحیه‌ای با هشت لاین در دو ناحیه لاین ۹۲۶ را انتخاب و به‌عنوان رقم تیسا معرفی کردند. نصیری و همکاران (Nasiri *et al.,* 2000) با بررسی عملکرد ارقام و لاین‌های برنج در طی دو سال و سه منطقه استان مازندران گزارش کردند که اثر ساده ژنوتیپ و اثر متقابل سال در مکان بر عملکرد در سطح احتمال یک درصد و اثر مکان در ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند، ولی تأثیر سایر منابع تغییر برای این صفت معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج پارامترهای پایداری مختلف شامل ریک[1]، شوکلا و فین‌لی[2] و ویلکینسون[3] و استفاده از شیب رگرسیون b_i، ژنوتیپ‌های ۸۳۰۴ و ۸۳۱۳ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها در میان ۱۸ ژنوتیپ انتخاب شدند. بر اساس نتایج آزمایش سازگاری ارقام برنج در استان‌های مختلف کشور، بیشترین میزان عملکرد به ارقام شفق (۱۱۸۹۶ کیلوگرم)، نعمت (۱۰۵۱۱ کیلوگرم) و ساحل (۹۴۲۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با رقم شاهد دم‌سیاه با عملکرد ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار در استان گلستان اختصاص داشت. براساس نتایج آزمایش سازگاری ارقام در استان‌ها، بیش‌ترین میزان عملکرد در شهرستان ممسنی استان فارس به رقم فجر با ۷۱۱۳ کیلوگرم در هکتار، در شهرستان جهرم به رقم شفق با ۷۴۸۰ و در شهرستان کازرون به رقم فجر با ۸۱۷۴ و در شهرستان قیر و کارزین به رقم شفق با ۵۹۰۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. میزان عملکرد رقم بومی چمپا در استان فارس به‌عنوان رقم شاهد با میانگین عملکرد ۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (Nasiri *et al.,* 2012). رمضانی (Ramazani, 2012) با ارزیابی ۱۱ لاین امیدبخش برنج به‌همراه رقم شاهد سازندگی در استان اصفهان با روش‌های تک‌متغیره، لاین‌های پایدار را شناسایی کرد. در آزمایش سه‌ساله و سه‌منطقه‌ای شریفی و همکاران (Sharifi *et al.,* 2019) روی نه ژنوتیپ، نتایج تجزیه مرکب نشان‌دهنده وجود اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط بودند. در تجزیه و تحلیل به‌روش امی دو مؤلفه اصلی معنی‌دار شدند و چهار ژنوتیپ دارای بالاترین عملکرد دانه و پایداری بودند.

1. Wricks
2. Shukla
3. Finlay and Wilkinson

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

ترنگ و بخشی‌پور (Tarang & Bakhshipour, 2016) با ارزیابی ۱۰ لاین امیدبخش برنج به‌همراه رقم خزر به‌عنوان شاهد در استان گیلان، برهمکنش معنی‌دار ژنوتیپ × مکان × سال را بر عملکرد دانه مشاهده و لاین‌های پایدار شناسایی کردند. مؤمنی و همکاران (Moumeni *et al.,* 2019) با ارزیابی هفت لاین خالص اصلاحی منتخب برنج در سه سال و چهار منطقه، با روش پارامتری تک‌متغیره شیب خط رگرسیون و روش امی، لاین‌های پایدار را معرفی کردند. نعمانی و همکاران (Nomani *et al.,* 2011) با ارزیابی ۱۰ لاین امیدبخش برنج به‌همراه دو رقم هاشمی و کادوس به‌عنوان شاهد در استان گیلان در سه سال زراعی، با روش‌های پارامتری و غیر پارامتری، ژنوتیپ‌ها را از نظر پایداری رتبه‌بندی کردند، که در بیش‌تر آن‌ها رقم هاشمی و سه لاین دیگر به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ترنگ و همکاران (Tarang *et al.,* 2013) با استفاده از ضریب تغییرات درون مکانی و واریانس درون مکانی، ژنوتیپ‌های پایدار برنج را شناسایی کردند. صدقی آذر و همکاران (Sedghi Azar *et al.,* 2008) به‌منظور مطالعه پایداری و سازگاری لاین امیدبخش برنج، پژوهشی را با ۱۰ لاین امیدبخش برنج و دو رقم اصلاح شده در سه منطقه استان مازندران در طی سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ انجام دادند. بعد از اثبات معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ × محیط توسط تجزیه واریانس مرکب، تجزیه پایداری عملکرد توسط روش ابرهارت و راسل انجام گردید. سرانجام لاین ۳ (IR67015-23-3-3) به‌عنوان سازگارترین و پایدارترین ژنوتیپ تحت شرایط مختلف مازندران تعیین گردید. در آزمایشی دیگر، بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ۱۴ لاین امیدبخش برنج در سه مکان و دو سال نشان داده شد که اثرات محیط و ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بودند و در تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با روش امی، اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل از طریق دو مؤلفه اصلی، معنی‌دار گزارش شدند (Seyou *et al.,* 2016). هم‌چنین، در ارزیابی پایداری ۲۲ لاین پیشرفته اصلاحی برنج در هند، اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بودند و تعدادی از لاین‌ها با پایداری عمومی و تعدادی با پایداری اختصاصی برای مناطق مختلف شناسایی شدند (Rashmi *et al.,* 2017). به‌منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تجزیه پایداری عملکرد برنج در زمین‌های باتلاقی گرمسیری، پژوهشی توسط (Nassir & Ariyo, 2011) روی ۱۲ برنج به‌مدت چهار سال انجام شد. تجزیه پایداری به‌روش امی نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۵۷ و ۳۰ درصد از تغییرات کل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمودند. این پژوهش لاین TOX3107 را به‌عنوان واریته‌ای با عملکرد و پایداری بالا مشخص کرد. محققان (Biswas *et al.,* 2011) با بررسی ۲۸ ژنوتیپ برنج در دو سال زراعی در پنج مکان گزارش کردند که اثرات ژنوتیپ، مکان و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار بودند. بررسی پارامترهای پایداری به‌روش ضریب رگرسیون خطی و واریانس انحراف از رگرسیون نشان داد که ژنوتیپ Ropa و Sera بیشترین پایداری عملکرد دانه را دارا بودند. در ارزیابی فنوتیپی شش ژنوتیپ برنج در سه منطقه مورد بررسی توسط (Baradhan & Thangavel. 2011) مشاهده گردید که ژنوتیپ CN-۱۲۲۵ به‌عنوان رقم پایدار در محیط‌های مختلف شناخته شد. کلثوم و همکاران (Kulcum *et al.,* 2012) با بررسی پایداری و سازگاری عملکرد ۱۳ لاین امیدبخش برنج دورگ (هیبرید) با استفاده از تجزیه AMMI دو لاین را به‌عنوان هیبریدهایی با عملکرد بالا و پایدار معرفی کردند.

در یک تحقیق، پژوهشگران (Shadadshari, 2007 & Dushyanthakumar) بر روی ۱۵ موتانت برنج محلی PUB در طی سه سال در سه منطقه انجام دادند و پس از اثبات معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، از روش ابرهارت و راسل برای تجزیه پایداری استفاده کردند. براساس پارامترهای پایداری، موتانت PUBM-8 میانگین عملکرد بالا، ضریب رگرسیون نزدیک به یک و انحراف از رگرسیون پایینی را از خود نشان داد. هدف از این پژوهش ارزیابی لاین‌های جدید برنج در شرایط اقلیمی مختلف استان مازندران و تعیین و معرفی برترین لاین از نظر پایداری عملکرد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در سه منطقه استان مازندران (آمل، بابل و تنکابن) در دو سال زراعی 1402-1401 و 1403-1402 انجام شد. تیمارها شامل پنج لاین پیشرفته خالص زودرس و پاکوتاه حاصل از تلاقی ارقام محلی و خارجی به‌همراه دو رقم کوهسار و طارم مازند به‌عنوان شاهد بودند (جدول ۱). نشاکاری در کرت‌های ۴ × ۳ متری (۱۲ متر مربع) با فاصله ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متری انجام گردید. کلیه عملیات زراعی از جمله مراقبت‌های زراعی در خزانه و مزرعه شامل استفاده از پوشش نایلونی برای جلوگیری از سرمای ابتدای بهار، رشد سریع‌تر جوانه‌ها، مصرف کودهای شیمیایی، مبارزه با علف‌های هرز، کنترل آفت کرم ساقه‌خوار برنج و آبیاری طبق عرف منطقه و به‌صورت یکنواخت انجام شد. در طول فصل رشد، یادداشت‌برداری‌های لازم شامل تاریخ ۵۰ درصد گل‌دهی (شمارش تعداد پنجه‌های به خوشه رفته در هر کپه)، ارتفاع بوته (با اندازه‌گیری از قاعده ساقه تا نوک بلندترین خوشه برحسب سانتی‌متر) و تعداد پنجه (با شمارش تعداد پنجه‌های بارور) در مرحله رسیدگی و عملکرد دانه (برداشت پنج متر مربع از متن هر کرت) و محاسبه آن برحسب کیلوگرم در هکتار و اجزای عملکرد (گرفتن تعداد پنج خوشه در هر کرت به‌طور تصادفی و شمارش تعداد دانه‌های کل، پر و پوک، وزن هزار دانه و طول خوشه) بر اساس سیستم استاندارد ارزیابی برنج (SES, 2002) در زمان برداشت انجام شد. آماره‌هایی که برای تجزیه پایداری هر ژنوتیپ مورد محاسبه قرار گرفتند شامل میانگین عملکرد، رتبه میانگین عملکرد، میانگین رتبه عملکرد در مناطق، رتبه واریانس مناطق، ضریب رگرسیون عملکرد نسبت به میانگین محیط‌ها، رتبه ضریب رگرسیون نسبت به ضریب صفر و ضریب یک، اکووالانس ریک، رتبه اکووالانس، واریانس عملکرد مناطق و رتبه این واریانس، ضریب تغییرات عملکرد و رتبه آن، واریانس پایداری شوکلا و رتبه آن، آماره لین و بینز و رتبه آن و ضریب تبیین عملکرد و رتبه آن بودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی مفروضات تجزیه واریانس داده‌ها، شامل آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، بررسی همگنی واریانس خطاها، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها و بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها انجام گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها به‌روش کولموگوروف–اسمیرنوف انجام و جهت بررسی یکنواختی واریانس خطاها و مقایسه میانگین‌ها از آزمون بارتلت (Bartlett, 1937) استفاده شد. تجزیه واریانس مرکب براساس فرض تصادفی‌بودن سال‌ها، مکان‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام گردید. برای تجزیه واریانس از نرم‌افزار آماری SAS 9.4، مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و برای تجزیه پایداری از نرم‌افزار پایا (Ammisoft) استفاده شد (Nabipour, 2017). آماره‌هایی که برای تجزیه پایداری برای هر ژنوتیپ مورد محاسبه قرار گرفتند شامل میانگین عملکرد، رتبه میانگین عملکرد، میانگین رتبه عملکرد در مناطق، رتبه واریانس مناطق، ضریب رگرسیون عملکرد نسبت به میانگین محیط‌ها، رتبه ضریب رگرسیون نسبت به ضریب صفر و ضریب یک، اکووالانس ریک، رتبه اکووالانس، واریانس عملکرد مناطق و رتبه این واریانس، ضریب تغییرات عملکرد و رتبه آن، واریانس پایداری شوکلا و رتبه آن، آماره لین و بینز و رتبه آن و ضریب تبیین عملکرد و رتبه آن بودند (Nabipour, 2017).

جدول ۱- مشخصات لاین‌های مورد مطالعه برنج Table 1. Characteristics of the studied Rice Lines

شماره لاین Line number	والدین پدری♂ Paternal parents	والدین مادری♀ Maternal parents
Z1	No. 115 from the parent (A 37632) IR 67015.6.2.22	Short-awn Taroom variety (witness)
Z2	No. 115 from the parent (A 37632) IR 67015.6.2.22	Number 3 × Amol 3
Z3	کوهسار Kohsar	موسی‌طارم Musa Taroom
Z4	طارم امیری Amiri Taroom	آقایی سیاه Black Aghaei
Z5	Line 876	No. 54 from the parent (37632A) IR67015 .6.2.22× (Amol 3 × No. 3)
کوهسار Kohsar		
طارم Taroom		

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب دو ساله در سه مکان (ایستگاه‌های تحقیقاتی) نشان دادند که اثر سال بر صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، درصد پرشدن دانه و تعداد دانه پوک معنی‌دار نبود ($P > 0.05$)، اما اثر معنی‌داری بر سایر صفات داشت. اثر ساده مکان بر هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نشد، اما اثر متقابل سال × مکان بر همه صفات به‌جز عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). هم‌چنین، اثر ساده ژنوتیپ برای کلیه صفات مورد مطالعه به‌جز تعداد پنجه، درصد پر شدن دانه و تعداد خوشه‌چه پوک معنی‌دار بود. در حالی‌که اثر متقابل سال در ژنوتیپ بر بیش‌تر صفات معنی‌دار بود، اما اثر متقابل مکان × ژنوتیپ تنها بر صفت وزن هزار دانه و درصد پر شدن دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه سال × مکان × ژنوتیپ بر روی همه صفات از نظر آماری معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد مطالعه نشان دادند که ژنوتیپ شماره Z3 با ۷۴۹۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را در سه منطقه طی دو سال داشت که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. در این آزمایش، ارقام شاهد طارم ریشک کوتاه و کوهسار به‌همراه ژنوتیپ Z5 در گروه آماری آخر قرار گرفتند (جدول ۳). ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش همگی ارتفاعی زیر ۹۵ سانتی‌متر داشتند؛ در مقابل، ارتفاع بوته رقم کوهسار ۱۰۶/۴ و ارتفاع بوته طارم ۱۵۰/۱ سانتی‌متر بود (جدول ۳). کوتاه‌بودن ارتفاع بوته در برنج یکی از صفات مهم زراعی است که در کنار استقامت ساقه، مقاومت گیاه در مقابل خوابیدگی (ورس) را خصوصاً در صورت وقوع بارندگی انتهای فصل افزایش می‌دهند. ارقام با ارتفاع بلند در مقابل ورس حساس‌تر هستند و علاوه بر مشکلات مربوط به برداشت با کاهش عملکرد نیز مواجه می‌گردند (Saeedzadeh, 2009). بیشترین تعداد پنجه با ۲۰ عدد به ژنوتیپ Z5 و پس از آن به ژنوتیپ‌های Z1، Z3 و Z4 به‌ترتیب با ۱۸/۳، ۱۸/۳ و ۱۸/۲ سانتی‌متر تعلق داشت و ژنوتیپ Z2 به‌همراه دو رقم شاهد در گروه آخر قرار گرفتند. تعداد پنجه یکی از اجزای عملکرد است که افزایش آن باعث بالا رفتن عملکرد و نیز افزایش توان یک لاین در جبران عملکرد بوته‌های از دست رفته می‌گردد. افزایش تعداد پنجه رابطه مثبتی با میزان تولید بیوماس و عملکرد دانه در برنج دارد (Deng *et al*., 2015). پنجه‌هایی که دیرتر تشکیل می‌شوند در مقایسه با پنجه‌های قدیمی‌تر، عملکرد کمتری تولید می‌کنند. کمبود منبع غذایی مهم‌ترین عامل در کاهش تولید در این پنجه‌ها است و با بهبود تغذیه گیاه می‌توان عملکرد این پنجه‌ها را بهبود بخشید (Wang *et al*., 2017). تعداد پنجه مناسب در برنج حدود ۱۵ عدد گزارش شده است و در تعداد پنجه بیشتر، رقابت بین پنجه‌ها باعث کاهش عملکرد می‌شود (Surekha *et al*., 2016). محققان (Yi *et al*., 2009) اعلام کردند که واریته‌های برنج محلی معطر پابلند، مستعد برای ورس هستند. داشتن تعداد کمتر پنجه، عقیمی بالا و حساسیت به فتوپریود و پاسخ‌گویی کم به کاربرد کود شیمیایی منجر به کاهش پتانسیل عملکرد می‌شود. از این رو، نیاز به ایجاد ارقام جدید با اجزای عملکرد بالا، امری اجتناب ناپذیر است. در نتیجه، می‌توان ادعا کرد که لاین‌های مورد بررسی در این تحقیق از نظر تعداد پنجه وضعیت نسبتاً مناسبی دارند. بیشترین طول خوشه به رقم طارم ریشک کوتاه (۲۶/۵ سانتی‌متر) و پس از آن ژنوتیپ‌های Z5 (۲۶/۴) و Z4 (۲۵/۵ سانتی‌متر) تعلق داشت و طول خوشه بقیه لاین‌ها و رقم کوهسار حدود ۲۴ سانتی‌متر بود. طول خوشه یک صفت ظاهری است که تعداد دانه در بوته را نسبتاً دقیق برآورد می‌کند و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Prakash & Prakash, 1986). بیشترین خوشه‌چه پر در خوشه به لاین Z4 با ۱۴۴/۴ عدد و کمترین مقدار آن به دو رقم شاهد طارم

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

ریشک کوتاه و کوهسار به‌ترتیب با ۸۵/۶ و ۸۹/۱ دانه در خوشه اختصاص داشت. تعداد خوشه‌چه پر در خوشه یکی از عوامل مهم در دست‌یابی به پتانسیل تولید در واحد سطح است. با بهبود مدیریت مزرعه از قبیل آبیاری، تغذیه، کنترل آفات، بیماری‌ها، علف‌های‌هرز و درصد دانه پر در خوشه افزایش و درصد دانه پوک کاهش می‌یابد. کمترین تعداد خوشه‌چه پوک در این آزمایش به ژنوتیپ Z1 با ۱۶ عدد و بیشترین آن به ژنوتیپ Z4 با ۲۷ عدد اختصاص داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین در سه منطقه طی دو سال نشان می‌دهند که ژنوتیپ Z4 با ۱۷۱/۴ عدد بیشترین تعداد کل دانه در خوشه را به‌خود اختصاص داد. کمترین تعداد دانه در خوشه به دو رقم شاهد طارم مازند و کوهسار (به‌ترتیب ۱۰۳/۹ و ۱۱۲/۲ عدد) تعلق گرفت. این نتایج نشان می‌دهند که لاین‌های مورد بررسی از نظر صفات مهم اجزای تعیین کننده عملکرد مانند تعداد دانه کل و پر در خوشه نسبت به ارقام شاهد کوهسار و طارم مازند برتری قابل ملاحظه‌ای داشتند. بیشترین وزن هزار دانه متعلق به رقم کوهسار (۲۷/۷ گرم) بود و دیگر ژنوتیپ‌ها اختلافات معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. وزن هزار دانه یکی از مهم‌ترین اجزاء عملکرد دانه است که نشان دهنده اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها است و با آن‌که شرایط محیطی تا اندازه‌ای بر وزن هزار دانه مؤثر است، اما این صفت به‌عنوان یکی از پایدارترین ویژگی‌های واریته‌ای به‌شمار می‌آید که تحت کنترل ژنتیکی است (Greenfield *et al.,* 1998). در کنار صفت تعداد کل دانه که به‌عنوان معیاری از اندازه‌ی مخزن، صفت مهمی در برنج به‌شمار می‌رود، صفت درصد دانه‌های پر توانایی یک ژنوتیپ را در جذب آب و مواد غذایی و پرکردن این مخزن نشان می‌دهد. تعداد دانه در خوشه بر عملکرد دانه برنج تأثیر مستقیم دارد (Natarajan *et al.,* 2005). بیشترین درصد پرشدن دانه متعلق به ژنوتیپ‌های Z1 و Z2 به‌ترتیب با ۸۷/۵ و ۸۶/۰ درصد بود. رقم کوهسار پایین‌ترین میزان پرکردن دانه‌ها را داشت (۷۹/۸ درصد) و میزان پرشدن دانه در رقم طارم ۸۲/۹ درصد بود. درصد دانه پر در خوشه یکی از عوامل مهم در دست‌یابی به پتانسیل تولید در واحد سطح است که با بهبود مدیریت مزرعه از قبیل آبیاری، تغذیه، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز قابل افزایش است. طول دوره رشد یکی از فاکتورهای مهم در معرفی ارقام جدید برنج است. هر ژنوتیپی که دارای عملکرد بالاتر و طول دوره رشد کم‌تر باشد در انتخاب، به‌عنوان یک رقم جدید در اولویت است. در این آزمایش، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفت تعداد روز تا گل‌دهی بین ۷۹/۴ تا ۸۳/۸ روز بودند که از این نظر به رقم کوهسار (۷۹/۴ روز) شباهت داشتند و زودرس‌تر از رقم طارم ریشک کوتاه (۸۸/۴ روز) بودند (جدول ۳).

بررسی‌های به‌عمل آمده توسط سایر محققان نشان دادند که تعداد دانه پوک در خوشه تحت تأثیر اثر متقابل مکان در ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد که نشان دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها از مکانی به مکان دیگر است (Mominizadeh *et al.,* 2014).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف پنج ژنوتیپ برنج در سه مکان تحت بررسی

Table 2. Analysis of variance of different traits for five rice genotypes in three assessed locations

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی df	روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد پنجه Number of Tiller	عملکرد شلتوک Paddy yield	طول خوشه Spike length	تعداد دانه پر Number of full seeds	تعداد دانه پوک Number of empty seeds	تعداد کل دانه Total number of seeds	درصد دانه پر Percentage of full seeds	وزن هزاردانه of 1000-seed weight
سال Year	1	21.4**	25.4^{ns}	1247.0**	16646875.1**	2.54^{ns}	3630.0**	12.25^{ns}	4064.2**	61.4^{ns}	4.74*
مکان Location	2	76.2^{ns}	723.8^{ns}	602.0^{ns}	206230.2^{ns}	56.21^{ns}	1487.9^{ns}	2080.57^{ns}	4709.9^{ns}	1071.9^{ns}	31.33^{ns}
سال × مکان Y×L	2	250.0**	560.8**	310.7**	315511.6^{ns}	13.75**	5562.5**	901.38**	3999.0**	580.0**	4.33**
خطا Error	12	0.6	12.5	6.4	658994.4	1.45	84.7	133.42	244.6	55.5	0.56
ژنوتیپ Genotype	6	178.0**	10239.3**	23.3^{ns}	8673603.0**	24.12*	7262.4*	228.23^{ns}	8834.7*	114.0^{ns}	34.47**
ژنوتیپ × سال G ×Y	6	10.8**	95.8**	10.2**	824266.1^{ns}	4.89^{ns}	1110.9**	103.66*	274.0^{ns}	111.2^{ns}	7.42**
ژنوتیپ × مکان G × L	12	19.2nd	79.2^{ns}	12.5^{ns}	1609430.6^{ns}	4.18^{ns}	251.8^{ns}	181.67^{ns}	154.1**	31.2^{ns}	11.04*
ژنوتیپ × سال × مکان (L×Y×G)	12	9.5**	45.4**	13.0**	1266047.8**	2.15*	1051.6**	126.30**	1098.0**	56.7**	3.35**
خطا Error	72	1.3	10.2	2.5	419540.3	0.98	159.8	43/0	211.9	20.8	0.68
ضریب تغییرات (C.V)	-	1.43	3.23	8.91	10.41	3.97	11.77	15.04	11.39	5.44	3.29

ns، * و**: به‌ترتیب اختلافات غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non- significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های مختلف برنج (G1 تا G5) در سه مکان تحت بررسی

Table 3. Mean comparisons of different traits of rice genotypes in three assessed locations

ژنوتیپ Genotype	روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) plant height (cm)	تعداد پنجه number of Tiller	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار) Paddy Yield (kg.ha)	طول خوشه (سانتی‌متر) Cluster length (cm)	تعداد دانه پر Number of full seeds	تعداد دانه پوک Number of empty seeds	تعداد کل دانه Total number of seeds	درصد دانه پر Percentage of full grains (%)	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight (g)
Z1	79.4^{d}	86.2^{cd}	18.3^{ab}	6367.6^{b}	24.0^{b}	109.7^{bc}	16.1^{b}	125.8^{b}	87.5a	24.6b
Z2	80.7^{cd}	89.1^{cd}	16.9^{b}	6508.9^{b}	24.5^{b}	116.5^{b}	19.5^{ab}	136.0^{b}	86.0ab	24.7b
Z3	82.9^{bc}	87.1^{cd}	18.3^{ab}	7492.7^{a}	24.0^{b}	110.8^{bc}	19.3^{ab}	130.1^{b}	84.8ab	23.6b
Z4	83.8^{b}	92.6^{c}	18.2^{ab}	6635.1^{b}	25.5^{ab}	144.4^{a}	27.1^{a}	171.4^{a}	84.4abc	24.0b
Z5	82.0^{bc}	81.5^{d}	20.0^{a}	5780.6^{c}	26.4^{a}	95.4^{bc}	20.0^{ab}	115.4^{b}	82.6bc	26.0ab
کوهسار	79.4^{d}	106.4^{b}	16.9^{b}	5280.8^{c}	23.8^{b}	89.1^{bc}	23.1^{ab}	112.2^{b}	79.8c	27.7a
طارم	88.4^{a}	150.1^{a}	16.9^{b}	5502.4^{c}	26.5^{a}	85.6^{c}	18.2^{ab}	103.9^{b}	82.9abc	25.3ab

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون تفاوت حداقل معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد در مناطق مختلف نشان می‌دهند که اختلاف عملکرد معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در تمامی مناطق و سال‌ها (به‌جز تنکابن ۱۴۰۲) وجود داشته است. بررسی عملکرد لاین‌ها در طی دو سال در آمل نشان می‌دهد که ژنوتیپ Z3 در هر دو سال بالاترین عملکرد را داشت و ژنوتیپ‌های Z1، Z2 و Z3 پس از آن قرار گرفته‌اند. پایین‌ترین عملکرد را هم ارقام شاهد داشته‌اند. در گلدشت هم وضعیت ژنوتیپ‌ها مشابه آمل بود. در سال ۱۴۰۱، ژنوتیپ Z3 بالاترین عملکرد را داشت و ژنوتیپ Z4 پس از آن قرار گرفت. در سال دوم نیز علی‌رغم معنی‌دار نشدن اختلافات عملکردی بین ارقام، باز هم ژنوتیپ Z3 از نظر عددی بالاترین عملکرد را داشت و ژنوتیپ Z4 پس از آن قرار گرفت. در این منطقه نیز هم‌چنان ارقام شاهد پایین‌ترین عملکردها را داشتند. لذا نتایج حاکی از برتری عملکرد ارقام اصلاح شده نسبت به دو رقم شاهد هستند (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر یک از مناطق مورد بررسی در طی دو سال
Table 4. A comparison of the average yields of genotypes in each of the studied areas during 2 years

ژنوتیپ (Genotype)	آمل (Amol) 1400	آمل (Amol) 1401	گلدشت (Goldasht) 1400	گلدشت (Goldasht) 1401	تنکابن (Tonekabon) 1400	تنکابن (Tonekabon) 1401
Z1	6829.3^{b}	6656.3^{a}	6217.3^{cd}	6239.9^{ab}	6610.1^{bc}	5598.6^{b}
Z2	7610.7^{ab}	6405.0^{ab}	6933.3^{ab}	6103.3^{ab}	6362.5^{bc}	5635.6^{b}
Z3	8061/0^{a}	7169.8^{a}	7073.3^{a}	7164.9^{a}	8522.1^{a}	6965.1^{a}
Z4	6756.3^{b}	6187.0^{ab}	6280.9^{cd}	6977.2^{a}	7099.6^{b}	6510.5^{bc}
Z5	6762.7^{b}	5474.0b^{c}	5893.3^{d}	4961.6^{c}	6072.5^{bc}	5519.8^{c}
کوهسار	5012.3^{c}	3589.7^{d}	6013.3^{d}	5099.2^{bc}	6446.8^{bc}	5523.5^{c}
طارم	5768.0^{c}	4992.0^{c}	6586.7^{bc}	4493.1^{c}	5426.4^{c}	5748.3^{c}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلافات معنی‌داری بر اساس آزمون تفاوت حداقل معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Means followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level.

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد در هر یک از مناطق مورد بررسی
Table 5. Analysis of variance for the yield in each of the studied areas

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	آمل 1400	آمل 1401	گلدشت 1400	گلدشت 1401	تنکابن 1400	تنکابن 1401
بلوک Block	2	49157.9	8157.1	72158.5	1507261.7	1413255.8	830545.6
ژنوتیپ Genotype	6	32104 46.1**	4383735.3**	610546.5**	3226746.1**	2831656.7**	985698.5*
خطا Error	12	26841 2.8	379482.7	64018.9	623585.6	395730.2	786011.8
ضریب تغییرات (C.V)		7.75	10.65	3.94	13.45	9.46	14.95

ns، * و**: به‌ترتیب اختلافات غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: non- significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

نتایج مشابهی توسط Jafari-Telobaghi *et al.,* 2020) Ebdon & Gauch, 2002; Tarang Sharifi *et al*., 2019; *et al*., 2013; مبنی بر وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام مختلف برنج از نظر عملکرد اعلام شده‌اند. دست‌یابی به عملکرد بالا و مناسب، مستلزم افزایش کارایی استفاده بهینه از عوامل تولید در مراحل رشدی گیاه به‌واسطه تراکم مطلوب است (Hiltbrunner *et al.,* 2007). مؤمنی (Moumeni, 1996) مهم‌ترین معیار انتخاب برای اصلاح عملکرد دانه در برنج را تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه بارور و وزن صد دانه پیشنهاد نمود. تولید زیست‌توده بیشتر می‌تواند به‌دلیل پر شدن دانه و تولید زیست‌توده کمتر به‌دلیل پر شدن ضعیف دانه باشد (Peng, 2000). ارقامی که عملکرد بیولوژیکی بالاتری دارند، در صورتی‌که شاخص برداشت پایین‌تری داشته باشند از کارآیی انتقال مواد فتوسنتزی کم‌تری نسبت به سایر ارقام برخوردار هستند (Pirdashti, 2000). اگرچه طول خوشه مستقیماً در محاسبه عملکرد دانه نقشی ندارد، ولی به‌عنوان یکی از صفات ارزیابی افزایش عملکرد مورد توجه است؛ معمولاً ارقامی با طول خوشه بلندتر عملکرد بیشتری دارند. هم‌چنین، تعداد دانه پر یکی از اجزای اصلی عملکرد برنج است که می‌تواند به‌عنوان معیاری جهت انتخاب ارقام و لاین‌های پرمحصول برنج باشد (Miller *et al.,* 1991). عملکرد دانه همبستگی مثبتی با تعداد دانه در خوشه دارد (Yoshida, 1983). یکی دیگر از عواملی که در میزان عملکرد برنج نقش مهمی دارد، تعداد کل دانه در خوشه است. دانه کل در خوشه یک صفت ژنتیکی است که پتانسیل واریته‌ها با هم فرق می‌کند و در اثر شرایط محیط قابل تغییر است به‌طوری‌که هرچه تعداد کل دانه در خوشه بیشتر باشد، میزان محصول نیز افزایش می‌یابد (Yoshida & Parao, 1976). اصولاً تعداد دانه پر در خوشه شاخص خوبی در افزایش عملکرد محسوب می‌شود و تعداد دانه‌ی پر نشان دهنده تخصیص بهتر مواد فتوسنتزی از کل مواد بیولوژیکی به دانه‌ها است و موجب افزایش عملکرد خواهد شد (Rahim-Soroush *et al.,* 2009).

با توجه به جدول تجزیه واریانس امی، اثرات ژنتیک، محیط و اثر متقابل آن‌ها بسیار معنی‌دار بوده اند. هم‌چنین، مشاهده شد که مؤلفه اول تقریباً تمامی تنوع موجود در اثر متقابل را در خود توجیه کرده است، در نتیجه تنها با داشتن مؤلفه اول می‌توان به گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها پرداخت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

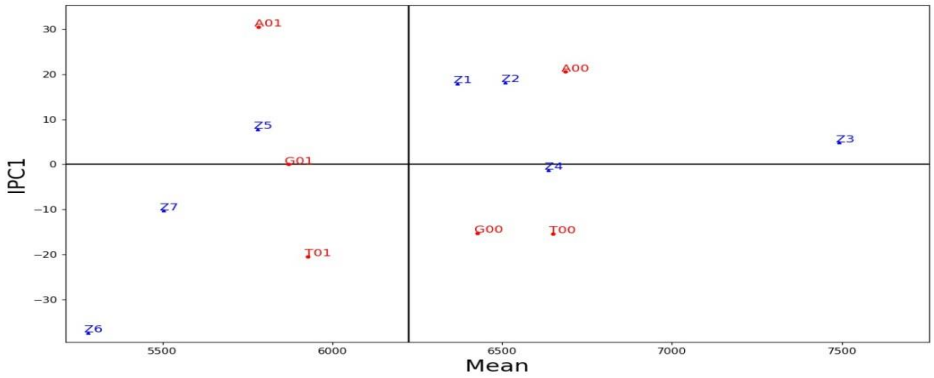
جدول ۶- تجزیه واریانس امی برای عملکرد در شش منطقه

Table 6. AMMI analysis of variance for yield in six locations

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	سطح معنی‌داری (SL)
کل Total	125	1.47E+08	1178385	
تیمار Treatment	41	1.09E+08	2663008	0.00000***
ژنوتیپ Genotype	6	62770524	10461754	0.00000***
محیط Enviroment	5	17690361	3538072	0.00000***
GxE	30	2872240	957414.7	0.004**
IPC1	10	15016268	1501627	0.004**
IPC2	8	9396730	1174591	0.99309
IPC3	6	2396719	399453.2	0.657849
IPC4	4	1310015	327503.7	0.648309
باقیمانده Noise	2	602707.5	301353.8	
خطا Error	84	38114838	453748.1	
بلوک داخل محیط Block (environment)	12	7907932	658994.3	0.119855
خطای خالص Pure Error	72	30206906	419540.4	

ns، * و **: به‌ترتیب اختلافات غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non- significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- بای‌پلات میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCI

Figure 1. The biplot of genotype yield mean versus IPCI scores

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نمودار امی در شکل بالا دیده می‌شود که دو ژنوتیپ Z3 و Z4 با داشتن بالاترین عملکرد و پایداری بالا، بهترین ژنوتیپ‌ها در این آزمایش بوده‌اند. دو ژنوتیپ Z1 و Z2 با فاصله کمی از Z4 قرار گرفته‌اند، اما از نظر پایداری کمی ضعیف‌تر از Z4 بوده‌اند. هم‌چنین ژنوتیپ Z3 در تمام مناطق برتر است و ژنوتیپ‌های Z2 و Z4 در رتبه‌های بعدی برتری محیطی قرار می‌گیرند. لذا در این آزمایش، ژنوتیپ Z3 و پس از آن، دو ژنوتیپ Z2 و Z4 برای معرفی پیشنهاد می‌گردند.

تشکر و قدردانی

مؤلفین لازم می‌دانند از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت تأمین هزینه اجرایی این پروژه قدردانی نمایند.

References

Abdon, J., & Gauch-Jr, H. G. (2002). Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Analysis of National Turfgrass Performance Trials: I. Interpretation of Genotype × Environment Interaction. *Crop Science*, 42(2), 489-496.

Baradhan, G., & Thangavel, P. (2011). Phenotypic Stability of Rice. *Plant Archives*, 11(1), 457-477.

Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests, Proceedings of the Royal Society of London. *Series A-Mathematical and Physical Sciences*, 160.901, 268-282.

Becker, H. C., & leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breed*. 101(1), 1-230.

Biswas, P. L., Barman, H. N., Ghosal, S., Tohiduzzan, S., & Hazarat, A. M. (2011). Stability for growth duration and grain yield of exotic hybrid rice genotypes. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36(1), 97-102.

Crossa, J. (1990). Statistical analysis of multilocation trials. Adv. Agron. 44, 55-85.

Deng, X., Xu, Y., Han, L., Yu, Z., & Yang, M. (2015). Assessment of river health based on an improved entropy-based fuzzy matter-element model in the Taihu Plain, *China. Ecological Indicators*, 57, 85-95.

Dushyanthakumar, D. M., & Shadadshari, Y. G. (2007). Stability analysis of P.U. Belliyappa local rice mutants. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20, 724-726.

Falconer, D. S. (1952). The problem of environment and selection. *The American Naturalist*, 86(830), 293–298.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

Gauch, H. G. (2006). Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*, 46, 1488–1500.
Gauch, H. G. (2013). A simple protocol for AMMI analysis of yield trials. *Crop Science*, 53, 1860–1869. doi:10.2135/cropsci2013.04.0241.
Greenfield, S. M., Fisher, K. S., & Dowling, N. G. (1998). Sustainability of rice in the global food system. 1st Edition. *International Rice Research Institute*. Los Banos.
Hiltbrunner, J., Streit, B., & Lidgens, M. (2007). Are seeding densities an opportunity to increase the grain yield of winter Wheat in living mulch of white clover? *Field Crop Research*, 102, 163-171.
International Rice Research Notes, (2001). *International Rice Research Institute*, MCPOBox 3127, Makati City, Philippines.
IRRI, (2013). Standard Evaluation System for Rice. *International Rice Research Institute*. November, 2013. 56p.
Jafari-Telobaghi, M. R., Sam-Daliri, M., Mazloum, P., Rameeh, V., & Moballeghi, M. (2020). Evaluation of Adaptation and Yield Comparison of Native Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes to Mazandaran Climatic Conditions. *Bi-Quarterly Journal of Plant Production*, 10(1), 48-57. [In Persian]
Kulsum, M. U., Sarker, U., Karim, M. A., & Mian, M. A. K. (2012). Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI) Analysis for Yield of Hybrid Rice in Bangladesh. *Tropical Agriculture and Development*, 56(2), 53-61. [In Persian]
Lin, C. S. & Binns. M. R. (1991). Genetic properties of four types of stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, 82, 505-509.
Miller B. C., Hill, J. E., & Roberts, S. R. (1991). Plant population effects on growth and yield in water-seeded rice. *Agronomy Journal*, 83 291-297.
Mohaddesi, A. (2010). Examining the compatibility and stability of promising rice lines in the regional performance comparison test. Publications of the Agricultural Research, Education, and Promotion Organization. *Iran Rice Research Institute – Mazandaran*. [In Persian]
Momeni, A. (1996). Correlation study and causality analysis for several important agricultural traits related to yield in rice varieties and hybrids. *Master's thesis, Faculty of Agriculture*, University of Tehran. [In Persian]
Mominizadeh, T., Najafi Zarini, H. Nowrozi M., & Nabipur. A. (2014). study of the interaction effect of genotype × environment in a number From pure rice lines in Mazandaran province. *Crop Breeding Research Paper*, 7(16), 168-175. [In Persian]
Moumeni, A., Mohaddesi, A., Amooughli-Tabari, M., Tavassoli-Larijani, F., & Khosravi, V. (2019). Stability analysis and genotype × environment interaction for grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) promising breeding lines. *Iranian Journal Crop Science*, 20(4), 329-343. [In Persian]
Nabipour, A. (2017). Preparation of statistical software to perform different stability analysis methods. Final report of the research project. Publications of the Agricultural Research, Education, and Promotion Organization. *Iran Rice Research Institute - Mazandaran Vice-Chancellor*. 35 pages. [In Persian]
Nasiri, M., & Arjamandi, M. (2012). Comparison of agricultural characteristics and performance of improved cultivars and superior lines of rice with control cultivars in different regions of the country's rice-growing provinces. *Publications of the Agricultural Research, Education, and Promotion Organization. Rice Research Institute. Deputy of Mazandaran*. 68 pages. [In Persian]
Nasiri, M., Khosravi, V., Amvakali-Tabari, M., Mohammadian, M., Rostami, M., & Omrani, M. (2022). Technical management of rice production. *National Rice Research Institute*. 43 pages. [In Persian]
Nasiri, M., Tusli, F., Esco, T., Nouri, M. Z., Mohaddesi, A., & Kayani, S. (2000). Compatibility and stability of promising rice lines in different regions of Mazandaran province. Publications of the Agricultural Research, Education and Promotion Organization. *Rice Research Institute. Deputy of Mazandaran*. 28 pages. [In Persian]
Nassir, A. L., & Ariyo, O. J. (2011). Genotype x environment interaction and yield stability analyses rice grown in tropical inland swamp. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39, 220-225.
Natarajan, S. K., Ganapathy, M., Nagarajan, R., & Somasundaram, S. (2005). Screening of rice accessions for yield and yield attributes contributing to salinity tolerance in coastal saline soils of Tamil Nadu, South India. *Asian Journal of Plant Sciences,* 4(4), 435-437.
Nomani, M., Rashidi, V., Abdollahi, S., & Rahim-Soroush, H. (2011). Evaluation of yield stability promising lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal. Crop Weed Ecophys*, 4(16), 109-120. [In Persian]
Peng, S. (2000). Single-leaf and canopy photosynthesis of rice. In: Redesigning rice photosynthesis to increase yield. J.E. Sheehy, P>L. Mitchell and Hardy. International *Rice Research Institute*. Los Banos, Philippines.
Pirdashti, H. (2000). The effect of planting date on the yield and yield components of several rice varieties, *Journal of Agricultural Sciences*, 16(2), 146-158. [In Persian]
Prakash, K. S,. & Prakash, B. G. (1987). A path coefficient analysis of panicle traits. IRRI Note. 18(1), 20-21.
Rahim-Soroush, H., Rabiei, B., Nahovi, M., & Qudsi, M. (2009). Study of some qualitative agronomic traits and yield stability of rice genotypes. *Pajoosh and Sazandegi,* 75, 25-32. [In Persian]
Ramazani, A. (2012). The study of yield stability of rice genotypes in Isfahan province. *Cereal Reserch*, 2(3), 181-192. [In Persian]

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]

Rashmi, K. P., Dushyanthakumar, B. M., Nishanth, G. K., & Gangaprasad, S. (2017). Stability analysis for yield and its attributing traits in advanced breeding lines of rice (*Oryza sativa*L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,* 6(5), 1579 -1589.

Saeedzadeh, F. (1389). Studying the compatibility of 3 rice genotypes. (*Oryza sativa* L.) to the climatic conditions of West Gilan – Astara. *Journal of Ecophysiology of Crop Plants and Weeds*, 4(15), 111-126. [In Persian]

SAS Institute Inc. (2013). SAS 9.4. Cary, NC: SAS Institute. Inc.

Sedghi- Azar, M., Ranjbar, G. A., Rahimian, H.. & Arefi, H. (2008). Grain yield stability and adaptability study on rice (Oryza sativa) promising lines. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 4, 27–30. [In Persian]

SES. (2002). Standard Evaluation System for Rice. *IRRI. The Philippines*.

Seyou, M., Alamerew, S., & Bantte, K. (2016). Stability analysis of grain yield in rice genotypes across environments of Jimma Zone, Western Ethiopia. *Journal Cereals Oilseeds*, 7(3), 27 -33.

Sharifi, P., Erfani, A., Mohaddisi, A., Abbasian, A., Aminpanah, H., Yousfi, M., & Saidi, M. (2019). Analysis of grain yield stability of some rice genotypes with parametric and non-parametric univariate methods. *Crop Production Journal*, 13(3), 85-106. [In Persian]

Surekha, K., Rao, K. V., Shobha- Rani, N., Latha, P. C., & Kumar, R. M. (2013). Evaluation of organic and conventional rice production systems for their productivity, profitability, grain quality, and soil health. *Agrotechnology*, 11, 2-6. DOI: 10.4172/2168-9881.1000S11-006

Tarang, A. R., & Bakhshipour, S. (2016). Evaluation of agronomic characteristics and grain yield stability of promising lines of rice in Guilan province. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(18), 139-150. [In Persian]

Tarang, A., Hossieni- Chaleshtary, M., Tolghilani, A., & Esfahani, M. (2013). Evaluation of grain yield stability of pure lines of rice in Guilan province. *Iranian Journal Crop Science*, 15(1), 24-34. [In Persian]

Wang, Y., Sung, H. Y., Yao, T., Lightwood, J., & Max, W. (2017). Factors associated with short-term transitions of non-daily smokers: socio-demographic characteristics and other tobacco product use. Addiction. *National Center for Biotechnology Information,* 112(5), 864–872. doi:10.1111/add.13700.

Yan, W., Kang, M. S. Ma, B. Woods, S & Cornelius, P. L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by- environment data. *Crop Science*, 47, 643-655.

Yi, M., Than New, K., Vanavichit, A., Chai-arree, W., & Toojinda. T. (2009). Marker-assisted backcross breeding to improve cooking quality traits in Myanmar rice cultivar Manawthukha. *Field Crop Research,* 113, 178-186.

Yoshida, S. (1983). Rice symposium on the potential productivity of field crops under different environments International. *Rice Research Institute*. 103-129.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1583]