J. Crop Prod. Process. 2025, 15(2), 41-59; DOI: 10.47176/jcpp.15.2.35592

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Evaluation of Physicochemical Grain Traits in Promising Rice Lines in Comparison with Local Check Varieties

Roya Jamalzadeh[1], Atefeh Sabouri[2*] and Ali Akbar Ebadi[3]

1. Former Master's student of Genetics and Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, and Expert at the Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
2. Associate Proffesor of Genetics and Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. Associate Proffesor of Genetics and Plant Breeding, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

Extended Abstract

Introduction: Rice is Iran's second most strategic crop after wheat, serving as a staple food with significant economic and cultural importance. Its high consumption highlights its key role in food security, household diets, and the nation's agricultural economy. Among the various attributes valued by Iranian consumers, cooking and eating quality traits such as grain appearance, elongation after cooking, texture, and aroma are paramount. These traits directly affect consumer preferences and market demand, thereby playing a critical role in determining the commercial success of a variety. Therefore, a major goal of rice breeding programs in Iran is to combine the cooking and eating quality of local varieties with the high yield of improved lines. In this context, the present study was conducted to evaluate the grain quality characteristics of a set of rice lines developed through backcrossing and crossing strategies involving both local and improved varieties, aiming to identify lines with improved eating quality suitable for further development and release.

Materials and Methods: The experiment was carried out during the 2022 cropping season at the research farm of the Rice Research Institute of Iran in Rasht. A total of 40 genotypes, including 36 advanced lines and four check varieties (Anam, Hashemi, Domsiah, and Hasansarai), were evaluated in a randomized complete block design with three replications. Genotypes were cultivated in plots of 3 × 3 meters. Transplanting was performed at a spacing of 20 × 20 cm with single seedlings at four weeks of age, corresponding to the three- to four-leaf stage. After harvesting, grain quality traits were measured, including paddy length and width, milled grain length and width, cooked grain length, elongation ratio, amylose content, and gelatinization temperature. Paddy length and width, as well as milled grain length and width, were measured using a photo enlarger device. For each trait, the mean of measurements taken on five random samples was recorded. Statistical analyses, including analysis of variance (ANOVA), mean comparisons, cluster analysis, and measuring person correlation coefficients, were performed using SAS and SPSS software and packages "metan" and "ggpubr" in R to assess variability and identify superior genotypes.

Results and Discussion: The analysis of variance revealed significant differences (P<.05) among the genotypes for all evaluated traits, indicating the presence of substantial genetic variation that can be exploited in breeding programs.

Received: Jan. 10, 2025; Revised: Spr. 17, 2025; Accepted: Apr. 21, 2025; Published Online: Jun. 16, 2025.

* Corresponding Author: a.sabouri@guilan.ac.ir

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Mean comparison showed that lines BC2F4-18-2-1 and BC2F4-37-2-3 outperformed others in terms of paddy length, milled grain length, and cooked grain length, traits that are highly valued by consumers for their contribution to the visual and textural appeal of cooked rice. These lines exhibited high elongation ratios and medium amylose content, both associated with desirable cooking quality. Cluster analysis grouped the genotypes into three main clusters, with the first cluster including lines that combined favorable physicochemical traits with cooking quality comparable to that of local varieties. Mean comparison of the clusters showed that Cluster I had higher averages for paddy length and width, and grain length, and was classified as having medium amylose content (20-25%), similar to local check varieties (Hashemi, Hasansarai, and Domsiah). From the perspective of Iranian consumers, this group possessed the best lines in this study regarding marketability and desirability, as high-quality rice is characterized by good grain shape, strong aroma, proper cooking, soft texture, lightness, and lack of cracking. Cluster II consisted of 10 lines, which had higher average amylose content compared to the other two groups. The improved variety Anam, with 25% amylose, was in this group. Cluster III included 6 lines that showed higher averages for cooked grain length and elongation. They also had lower averages for gelatinization temperature and amylose content (18.55%) compared to other groups. Because low amylose content leads to sticky and gummy rice that does not expand in volume, this group has low desirability among Iranian consumers from this perspective.

Conclusion: The study highlighted the effectiveness of using backcross and cross-breeding approaches to enhance cooking and eating quality traits in rice. The identification of superior lines with characteristics similar to high-quality local varieties but with potentially improved performance supports the ongoing efforts in rice breeding programs in Iran. These results indicate success in improving rice cooking and eating quality through genetic improvement and selection of superior lines, which can enhance the marketability and economic value of rice in Iran.

Keywords: Amylose, Cluster analysis, Gelatinization Temperature, Cooking and eating quality**.**

How to Cite: Jamalzadeh R., Sabouri A., Ebadi A. A. Evaluation of Physicochemical Grain Traits in Promising Rice Lines in Comparison with Local Check Varieties. *J. Crop Prod. Process*. 2025, 15(2), 41-59 (*In Persian*). DOI: 10.47176/jc pp.15.2.35592.

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۲، صص. ۵۹-۴۱، DOI: 10.47176/jcpp.15.2.35592

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه برنج در لاین‌های امیدبخش در مقایسه با ارقام شاهد محلی

رویا جمالزاده[۱]، عاطفه صبوری*[۲] و علی اکبر عبادی[۳]

چکیده– برنج دومین محصول استراتژیک در ایران بوده و کیفیت پخت و خوراک آن برای مصرف کنندگان ایرانی اهمیت بسزائی دارد. یکی از اهداف مهم در اصلاح ارقام برنج، بهبود کیفیت پخت و خوراک است که نقش کلیدی در بازارپسندی و ارزش اقتصادی آن دارد. در این تحقیق تعداد ۳۶ لاین مشتق از روش تلاقی برگشتی و تلاقی با ارقام محلی و اصلاح‌شده، به همراه چهار رقم شاهد (آنام، هاشمی، دم‌سیاه و حسن‌سرائی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور رشت در سال زراعی ۱۴۰۱ کشت شدند. طول و عرض شلتوک، طول و عرض دانه سفید، شکل دانه، طول دانه پخته، ری‌آمدن، میزان آمیلوز و دمای ژلانیته‌شدن ارزیابی شدند. تجزیه واریانس نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار (P<0.05) *بین ۴۰ ژنوتیپ از نظر کلیه صفات بود. ژنوتیپ‌های* BC2F4-18-2-1 و BC2F4-37-2-3 (لاین‌های ۳۰ و ۸) دارای بیش‌ترین میزان طول شلتوک، طول دانه سفید و طول دانه پخته بودند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به سه خوشه تقسیم‌بندی کرد. لاین‌های خوشه اول شامل لاین‌هایی با درصد آمیلوز متوسط و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مطلوب بودند و از نظر کیفیت پخت برتر از ارقام محلی بوده و پتانسیل بالایی برای توسعه ارقام برنج با کیفیت بالا در ایران دارند.این نتایج نشان‌دهنده موفقیت در بهبود کیفیت پخت و خوراک برنج از طریق بهبود ژنتیکی و انتخاب لاین‌های برتر است که می‌تواند به افزایش بازارپسندی و ارزش اقتصادی برنج در ایران کمک کند.

واژه‌های کلیدی: آمیلوز، تجزیه خوشه‌ای، دمای ژلاتینه شدن، کیفیت پخت و خوراک.

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۱، بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱، اولین انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۲۶

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد ژنتیک و به نژادی گیاهی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان و کارشناس مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۲. دانشیار ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۳. دانشیار ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

*: نویسنده مسئول، رایانامه: a.sabouri@guilan.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.)، از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان است که غذای بیش از یک سوم جمعیت کره زمین را تشکیل می‌دهد. این گیاه خودگشن، از خانواده Gramineae است و از میان ۲٤ گونه برنج، تنها دو گونه *Oryza sativa* (برنج آسیایی) و *Oryza glaberrima* (برنج آفریقایی) به‌صورت زراعی کشت می‌شوند (۲۱). برنج به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین غلات، در بیش از ۱۰۰ کشور، عمدتاً در آسیا، با کیفیت‌های متنوع تولید می‌شود (٦ و ۳۱). آسیا با تولید حدود ۹۰/۵ درصد، آمریکای ۵/۲ درصد و آفریقا ۳/۷ درصد، به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم تولید جهانی برنج را به خود اختصاص داده‌اند (٦).

با توجه به نقش حیاتی برنج در امنیت غذایی جهانی (۲۳) و اهمیت آن به‌عنوان منبع اصلی کالری در رژیم غذایی بسیاری از کشورها (۲٦)، بهبود کیفیت دانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اصلاح ارقام برنج، مطمئن‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای ارتقاء کیفیت دانه است (۱۷). دستیابی به ارقام جدید با عملکرد و کیفیت پخت مطلوب، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و پاسخ مناسب به کود، مستلزم وجود تنوع ژنتیکی بالا در ژرم‌پلاسم و ارزیابی دقیق آن است (۱۹). در ایران و بسیاری از کشورهای در حال توسعه، برنج نقش اساسی در اقتصاد و تغذیه مردم ایفا می‌کند (۳۰). بنابراین، توجه به جنبه‌های تغذیه‌ای آن، پس از عملکرد، به‌عنوان دومین هدف اصلاحی، از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۷).

کیفیت برنج، مانند سایر غلات، از اهمیت بالایی برخوردار است و با ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، پخت و ارزش تغذیه‌ای آن تعیین می‌شود (۸). کیفیت دانه از نظر مصرف کنندگان به کیفیت ظاهری، کیفیت تبدیل، کیفیت پخت و کیفیت تغذیه‌ای تقسیم می‌شود (۱۸). کیفیت دانه در برنج، عامل تعیین‌کننده بازارپسندی و فروش آن است (۱٤) و از دیدگاه مصرف‌کنندگان، شامل ویژگی‌هایی مانند شکل قلمی، عطر قوی، ری آمدن بالا، بافت نرم، سبکی و عدم ترک است (۹).

ارقام تجاری موفق، علاوه بر عملکرد بالا، باید نیازهای تولیدکننده، کارخانه‌دار و مصرف‌کننده را با کیفیت تبدیل، ظاهر دانه و کیفیت پخت مطلوب برآورده سازند (۱۱). تعریف کیفیت برنج، با توجه به سلیقه مصرف‌کنندگان در مناطق مختلف جهان متفاوت است؛ برای مثال، در ژاپن برنج‌های بسیار چسبنده و نرم پس از پخت ترجیح داده می‌شود، درحالی‌که در ایران برنج‌های دانه بلند، مجزا، و فاقد لعاب چسبنده مورد توجه است (۲۷). مصرف‌کنندگان ایرانی دانه‌های بلند و نسبتاً عطری با طول بلند پس از پخت، دانه‌های مجزا و عرض کم را می‌پسندند. برای به‌نژادگران در تعیین اهداف به‌نژادی و ارزیابی ارقام جدید، میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن حائز اهمیت است (۸). علاوه بر دمای ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز خواص فیزیکی دانه به‌عنوان شاخص‌های مهم در کیفیت پخت، مورد توجه قرار می‌گیرند.

دمای ژلاتینه شدن، زمان مورد نیاز برای پخت دانه‌های برنج را نشان می‌دهد (۱۲). دمای ژلاتینه شدن بالاتر، به برنج پخته شده‌ای سفت و خشک و دمای پایین‌تر به برنجی چسبنده منجر می‌شود (۱۲). میزان آمیلوز در آندوسپرم برنج، که معمولاً بین ۱ تا ۳۵ درصد متغیر است (۱٦)، بر کیفیت پخت تأثیر قابل‌توجهی دارد. آمیلوز کم، به برنج نرم، چسبنده و فاقد انبساط حجمی و آمیلوز زیاد به برنج سفت و خشک منجر می‌شود (۱۲). بنابراین، میزان آمیلوز متوسط (۲۰–۲۵ درصد) برای کیفیت پخت مطلوب ترجیح داده می‌شود. برنج‌های گروه واکسی با آمیلوز بسیار کم یا بدون آمیلوز، بسیار چسبنده و نرم هستند (۲ و ۲۰).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که علی‌رغم شباهت در برخی ویژگی‌های شیمیایی مانند میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و پروتئین، ارقام مختلف برنج، کیفیت پخت متفاوتی دارند (۳). اله‌قلی‌پور و همکاران (۳)، شش رقم محلی (هاشمی، بینام، سالاری، دم سیاه، غریب، و حسن سرائی) و شش رقم اصلاح شده (خزر، سپیدرود، هیبرید بهار ۱، درفک، صالح، و کادوس) را از نظر خصوصیات چسبندگی نشاسته

مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که ارقام محلی، میزان آمیلوز متوسطی داشتند.

رمضان‌پور و همکاران (۲۹) در مطالعه‌ای بر روی ۱۰ لاین امیدبخش برنج (حاصل از تلاقی رقم نعمت با ارقام محلی با کیفیت) و چهار رقم هاشمی، کادوس، بهار ۱ و نعمت، لاین ۲۲۳ را به‌دلیل میزان آمیلوز متوسط (۲۲/۳ درصد)، دمای ژلاتینه شدن متوسط (٤/٦۳) و افزایش طول دانه خوب (نسبت طول دانه بعد از پخت به قبل از پخت، ۱/۵۹)، دارای کیفیت بالاتر تشخیص دادند. در این مطالعه، میزان آمیلوز در ژنوتیپ‌های مورد بررسی بین ۱۷/۵ تا ۲۵ درصد متغیر بود و صفات کیفی دیگری مانند طول و عرض شلتوک، طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه و میزان ری‌آمدن نیز ارزیابی شدند.

حسینی‌چالشتری و همکاران (۱۳) با هدف اصلاح ارقام با کیفیت پخت، عملکرد و ارتفاع مناسب، از تلاقی بین ارقام دم سیاه و خزر استفاده کردند. پس از سه نسل تلاقی برگشتی با رقم دم سیاه و انتخاب شجره‌ای، لاین‌های RI82-98 و RI82-64 به دلیل داشتن کیفیت پخت مناسب، عملکرد و ارتفاع مناسب، به‌عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند.

طول دانه نیز از ویژگی‌های کیفی مهم برنج است (۲۵). مطالعات نشان داده‌اند که لاین‌های با طول دانه بیشتر، بازارپسندی بالاتری دارند. در مطالعه‌ای بر روی ۲۰ لاین پیشرفته برنج، لاین‌های NA12، NA5 و NA6 بیشترین طول شلتوک و دانه را داشتند، در حالی که لاین NA8 کوتاه‌ترین طول را نشان داد. با این حال، به جز لاین‌های NA3، NA8 و NA10، بقیه لاین‌ها با طول دانه بیش از ۷/۵ میلی‌متر، در دسته برنج‌های دانه بلند قرار می‌گیرند (۲۵).

همانگونه که تشریح شد کیفیت پخت برنج، تحت تأثیر فاکتورهای متعددی است و شناسایی لاین‌ها و ارقام برتر نیازمند ارزیابی جامع صفات مختلف به‌صورت همزمان است و تجربه نشان داده است که تولید صرفاً بر اساس افزایش کمیت بدون توجه به کیفیت، با استقبال مصرف‌کنندگان مواجه نشده است و بررسی کیفیت برنج برای بازار داخلی و صادرات ضروری است. بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی ویژگی‌های مختلف دانه در لاین‌های امیدبخش برنج و مقایسه‌ی آنها با ارقام شاهد محلی بود. این ارزیابی شامل اندازه‌گیری‌های مورفولوژیکی (طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه و شلتوک) و فیزیکوشیمیایی (میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و میزان ری‌آمدن) بود تا لاین‌های برتر از نظر کیفیت پخت و بازارپسندی شناسایی شده و پیشنهاداتی برای برنامه‌های به‌نژادی آینده جهت بهبود کیفیت دانه و عملکرد ارائه شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی ٤۰ ژنوتیپ برنج شامل ۳٦ لاین مشتق‌شده از تلاقی برگشتی و تلاقی با ارقام محلی و اصلاح‌شده به‌همراه چهار رقم شاهد (آنام، هاشمی، دم‌سیاه و حسن‌سرائی) در موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد (جدول ۱).

کشت ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) انجام گرفت. ابعاد هر کرت ۳ × ۳ متر بود و نشاکاری با فاصله‌ی ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر و به‌صورت تک‌بوته در سن چهار هفتگی در مرحله سه الی چهار برگی انجام شد.

نتیجه آزمون خاک مزرعه تحقیقاتی (جدول ۲) نشان داد که خاک این مزرعه با ٤۲ درصد رس، ٤٤ درصد سیلت و ۱٤ درصد شن در کلاس بافتی سیلتی و از نظر پتاسیم، فسفر و مقدار نیتروژن در شرایط متوسط قرار دارد. کربن آلی برای کشت برنج محدودیت نداشت.

صفات مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی زیر، بر اساس دستورالعمل‌های استاندارد ارزیابی صفات برنج (۱۵) اندازه‌گیری شدند. این صفات شامل طول شلتوک، عرض شلتوک، طول دانه سفید، عرض دانه سفید، نسبت طول به عرض دانه سفید (شکل دانه)، طول دانه پخته‌شده، میزان ری‌آمدن، درصد آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن بودند.

برای اندازه‌گیری طول و عرض شلتوک و دانه سفید از دستگاه فتوانلارجر (Photo Enlarger) استفاده شد. برای هر

جدول ۱. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و شجره آنها

ردیف	ژنوتیپ	تلاقی	تلاقی اول به صورت برگشتی	تلاقی دوم با رقم محلی	تلاقی سوم با رقم محلی
1	BC2F4-5-1-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاش شی	–
2	BC2F4-5-1-2	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
3	BC2F4-5-5-2-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
4	BC2F4-11-2-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
5	BC2F4-11-7-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
6	BC2F4-11-8-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
7	BC2F4-11-9-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
8	BC2F4-18-2-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
9	BC2F4-18-4-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
10	BC2F4-18-6-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	–
11	BC3F4-1-3-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	هاشمی
12	BC3F4-4-10-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	هاشمی
13	BC3F3-8-1-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	هاشمی	هاشمی
14	BC2F4-19-1-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	–
15	BC2F4-19-3-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	–
16	BC2F4-19-3-2	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	–
17	BC3F4-15-2-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	دم‌سیاه
18	BC3F4-15-2-2	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	دم‌سیاه
19	BC3F4-15-4-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	دم‌سیاه
20	BC3F4-15-4-2	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	دم‌سیاه
21	BC3F4-15-7-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	دم‌سیاه
22	BC3F4-15-7-2	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	دم‌سیاه
23	BC3F4-15-11-4	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	دم‌سیاه	دم‌سیاه
24	BC3F4-5-5-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	حسن‌سرائی	حسن‌سرائی
25	BC3F4-25-3-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	حسن‌سرائی	حسن‌سرائی
26	BC2F4-22-1-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	–
27	BC2F4-22-1-2	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	–
28	BC2F4-37-1-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	–
29	BC2F4-37-2-2	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	–
30	BC2F4-37-2-3	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	–
31	BC2F4-37-3-1	آی‌آر۸ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	–
32	BC3F4-12-2-1	آی‌آر٦٤ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	صدری
33	BC3F4-36-5-1	آی‌آر٦٤ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	صدری
34	BC3F4-36-15-1	آی‌آر٦٤ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	صدری
35	BC3F4-38-12-1	آی‌آر٦٤ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	صدری
36	BC3F4-38-13-1	آی‌آر٦٤ × طارم‌محلی	طارم محلی	صدری	صدری
37	آنام				
38	هاشمی	–	–	–	–
39	حسن‌سرائی	–	–	–	–
40	دم‌سیاه	–	–	–	–

جدول ۲. برخی ویژگی‌های خاک مزرعه موسسه تحقیقات برنج کشور-رشت

واکنش خاک خمیر اشباع	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	رس	سیلت	شن	بافت
دسی زیمنس برمتر		درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم		درصد			
۷/۱۳	۲/٤	۲/۵۱	۰/۲۱	۱۱	۱۱۰	٤۲	٤٤	۱٤	**سیلتی‌رسی**

جدول ۳. طبقه بندی طول دانه برنج از لحاظ اندازه (۱۵)

طول (میلی‌متر)	اندازه
حداقل ۷/۵۰	خیلی بلند
٦/۸۰ تا ۷/٤۹	بلند
٦/۰۰ تا ٦/۷۹	متوسط
حداکثر ۵/۹۹	کوتاه

جدول ٤. طبقه بندی دانه برنج از نظر شکل (۱۵)

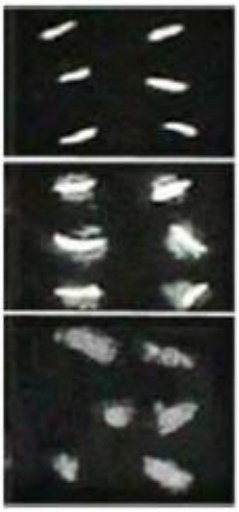
شکل	نسبت طول به عرض
باریک	بیشتر از ۳/۰
متوسط	۲/۱ — ۳/۰
گرد	۲/۰ یا کمتر

صفت، میانگین اندازه‌گیری‌های انجام‌شده بر روی پنج نمونه تصادفی ثبت شد.

دانه برنج از نظر اندازه به چهار قسم (جدول ۳) و از نظر شکل یا همان نسبت طول به عرض دانه به سه قسم (جدول ٤) تقسیم بندی می‌شود (۵ و ۳۳). بر همین اساس اندازه و شکل دانه مربوط به ژنوتیپ‌های مورد آزمایش تعیین شدند.

برای اندازه‌گیری طول دانه پخته، ۲۵ دانه سالم برنج انتخاب و ده میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. بعد از ٤ الی ۵ دقیقه، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس شش دانه برنج پخته سالم بر روی کاغذ صافی داخل پتری دیش قرار داده شد و با دستگاه فتوانلارجر با بزرگنمایی ده برابر، طول دانه پخته شده اندازه‌گیری شد. سپس برای اندازه‌گیری صفت میزان ری‌آمدن از نسبت طول دانه پخته به طول دانه سفید خام، استفاده شد (۳).

برای اندازه‌گیری میزان آمیلوز، بر اساس روش جولیانو (۱٦)، ابتدا ۱۰۰ میلی‌گرم آرد برنج را پس از توزین در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و ۱ میلی‌لیتر اتانول به آن اضافه شد. سپس با استفاده از ۹ میلی‌لیتر سود ۱ نرمال و با قراردادن در حمام آب جوش ژلاتینه شد. پس از سردشدن، محلول با آب مقطر به حجم رسانده شد و به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۳۰



گروه اول: **دمای ژلاتینی‌شدن بالا** با بیشتر از ۷٤ درجه سلسیوس (امتیازهای ۱ تا ۳).

گروه دوم: **دمای ژلاتینی‌شدن متوسط** با دمای بین ۷۰ تا ۷٤ درجه سلسیوس (امتیازهای ٤ و۵).

گروه سوم: **دمای ژلاتینی‌شدن پایین** با دمای کمتر از ۷۰ درجه سلسیوس (امتیازهای ٦ و۷).

شکل ۱. گروه‌بندی دمای ژلاتینی‌شدن دانه‌های اراقم برنج از لحاظ میزان تغییرات دانه های برنج در محیط قلیایی پتاس ۱/۷ درصد (تصویر اقتباس از منبع ۲۲)

درجه سلسیوس نگهداری شد. در روز بعد، پنج میلی‌لیتر از محلول فوق را به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده، یک میلی‌لیتر اسیداستیک و دو میلی‌لیتر ید به آن افزوده شد. پس از کمی هم‌زدن و گذشت ۲۰ دقیقه، میزان جذب نور توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٦۲۰ نانومتر خوانده شد. درنهایت توسط منحنی‌های استاندارد میزان آمیلوز بر حسب درصد محاسبه شد. لازم به ذکر است که ارقام با آمیلوز خیلی پایین، پایین، متوسط و بالا به‌ترتیب دارای ۱۰-۲، ۲۰-۱۰، ۲۵-۲۰ و بالاتر از ۲۵ درصد آمیلوز هستند. ارقام با آمیلوز پایین پس از پخت، لزج و چسبنده و لعاب‌دار می‌شوند و در مقابل ارقام با آمیلوز بالا، سفت و خشک می‌شوند (۱٦). بر اساس زائقه مصرف‌کنندگان ایرانی برنج‌های با میزان آمیلور متوسط (۲۰-۲۵) مناسب و اصطلاحاً کیفی هستند (۱٦).

جهت اندازه‌گیری دمای ژلاتینی‌شدن، مطابق روش لیتل و همکاران، (۲۲) شش دانه سفید کامل و بدون ترک در داخل ظروف پلاستیکی قرار داده شد. یک میلی‌لیتر هیدروکسیدپتاسیم ۱/۷ درصد به آن اضافه شد و سپس در داخل آون در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و به مدت ۲۳ ساعت گذاشته شد. دانه‌های برنج در محیط قلیا تغییرات متفاوتی را از خود نشان می‌دهند که با توجه به ارقام شاهد استاندارد با دمای ژلاتینی‌شدن بالا، متوسط و پایین، این تغییرات به‌صورت امتیازبندی زیر ثبت شدند (۲۲).

امتیاز ۱: دانه‌ها تحت تأثیر محلول واقع نمی‌شوند.

امتیاز ۲: دانه‌ها سالم و فقط کمی باد کرده هستند.

امتیاز ۳: دانه‌ها باد کرده و لایه خارجی دانه برنج به‌طور ناقص نازک شده و میل به حرکت به درون محلول دارد.

امتیاز ٤: دانه‌ها باد کرده و لایه خارجی کاملاً مشخص و تمایل به پخش از هسته دانه دارند.

امتیاز ۵: دانه‌ها شکسته یا شکاف برداشته و لایه خارجی برنج به‌طور کامل عریض و وارد محلول می‌شوند.

امتیاز ٦: دانه‌ها پخش شده و با لایه خارجی برنج در هم آمیخته و تقریباً به صورت ژل برنج در می‌آید.

امتیاز ۷: دانه‌ها حل شده و اختلاف دانه‌ها و لایه خارجی مشهود نباشند و دانه‌ها در داخل محلول به رنگ محلول یا بی-رنگ درآیند.

بر این اساس ارقام برنج را می‌توان از لحاظ میزان دمای ژلاتینی‌شدن به سه گروه طبقه‌بندی نمود (۲۲): که در شکل ۱

جدول ۵. صفات ارزیابی شده در مجموعه لاین‌های حاصل از تلاقی برگشتی برنج و ارقام شاهد

صفت	ضریب تغییرات ژنوتیپی (درصد)	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)	اشتباه معیار	میانگین	دامنه تغییرات	حداکثر	حداقل
طول شلتوک (میلی‌متر)	۲/۸۵	۳/۵٦	۰/۰٤	۱۰/۰۰	۲/۸٤	۱۱/۵٦	۸/۷۲
عرض شلتوک (میلی‌متر)	٤/۹۵	۵/٦٦	۰/۰۲	۲/۵۰	۰/۸۰	۲/۷۸	۱/۹۸
طول دانه سفید خام (میلی‌متر)	۲/۸۳	۲/۸۷	۰/۰۲	۷/۳۰	۰/۹۸	۷/۹٤	٦/۹٦
عرض دانه سفید خام (میلی‌متر)	۳/٦۸	۳/۷٦	۰/۰۱	۲/۰۰	۰/۵۲	۲/۱۲	۱/٦۰
طول دانه پخته (میلی‌متر)	٦/۳٤	٦/۳۷	۰/۰۷	۱۱/٤۰	۳/۵۲	۱۳/٦٦	۱۰/۱٤
نسبت طول به عرض دانه (شکل دانه)	٤/۵۸	٤/٦۸	۰/۰۲	۳/۷۰	۱/۰۷	٤/٤۵	۳/۳۸
ری آمدن	۵/٤۳	۵/٤۷	۰/۰۱	۱/٦۰	۰/٤۲	۱/۸۳	۱/٤۲
آمیلوز (درصد)	۷/٦۱	۷/۷٤	۰/۱٦	۲۱/٦۰	۸/۲۰	۲۵/۲۰	۱۷/۰۰
دمای ژلاتینه شدن	۱۱/٦۷	۱۲/٦۵	۰/۰۵	۳/۹۰	۲/۳۰	۵/۳۰	۳/۰۰

به‌صورت میزان تغییرات دانه‌های برنج در محیط قلیایی پتاس ۱/۷ درصد نشان داده شده است.

در این راستا باید اشاره نمود دمای ژلاتینی شدن پایین یا متوسط در برنج نشانه کیفیت بالاست. برنج‌های با دمای ژلاتینی شدن بالا، سخت‌تر و زمان پخت بیشتری نیاز دارند. برعکس، برنج‌های با دمای ژلاتینی شدن پایین، نرم‌تر و چسبنده‌تر است (٤).

تمام اندازه‌گیری‌های فیزیکی و شیمیایی در آزمایشگاه کیفیت مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) انجام شد.

در نهایت پس از ثبت کلیه داده‌ها، پس از بررسی و تأیید برقراری فرضیات آزمون، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD با استفاده از نرم‌افزار SAS، نسخه ۹/٤ انجام شد.

برای محاسبه ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV)، ژنوتیپی (GCV) از روابط ۱ و ۲ استفاده شد:

$$PCV(\%) = \frac{\sqrt{\sigma^2{}_{ph}}}{\bar{X}} \times 100 \qquad (۱)$$

$$GCV(\%) = \frac{\sqrt{\sigma^2{}_{g}}}{\bar{X}} \times 100 \qquad (۲)$$

در روابط بالا PCV و GCV به‌ترتیب ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی هستند. $\sigma^2{}_{ph}$ و $\sigma^2{}_{g}$ برآوردی از واریانس فنوتیپی و ژنوتیپی هستند که با استفاده از امیدهای ریاضی در جدول تجزیه واریانس محاسبه شدند. مقدار $\bar{X}$، میانگین کل صفت است. این محاسبات با استفاده از اکسل انجام شد. برای انجام تجزیه خوشه‌ای به‌منظور بررسی تنوع و تعیین میزان شباهت ژنوتیپ‌ها، ابتدا فاصله آنها با روش فاصله توان دوم اقلیدسی محاسبه و پس از بررسی روش‌های مختلف گروه‌بندی، از روش وارد (Ward) برای گروه‌بندی و تفسیر استفاده شد. همچنین برای بررسی صحت گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS، برای انجام تجزیه خوشه‌ای، تابع تشخیص و ترسیم دندروگرام استفاده شد و به‌منظور محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مختلف موفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی دانه ارقام برنج از برنامه R و بسته metan و ggpubr استفاده شد.

نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی

جدول ۵ آماره‌های توصیفی صفات مورد مطالعه در دانه برنج را نشان می‌دهد. میانگین صفات طول و عرض شلتوک به‌ترتیب ۱۰ و ۲/۵ میلی‌متر بود. میانگین طول و عرض برنج سفید نیز ۷/۳ و ۲ میلی‌متر و میانگین نسبت طول به عرض دانه ۳/۷ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین طول دانه برنج پخته معادل ۱۱/٤ میلی‌متر برآورد شد. میانگین ری‌آمدگی ۱/٦ میلی‌متر

جدول ٦. تجزیه واریانس صفات برای ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول شلتوک	عرض شلتوک	طول دانه سفید	عرض دانه سفید	طول دانه پخته	نسبت طول به عرض	ری آمدن	آمیلوز	دمای ژلاتینه
	میانگین مربعات									
بلوک	۲	۰/۱۸^{ns}	۰/۰۹**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰٤٥*	۰/۰۳۱**	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۰/۰۷۹^{ns}
ژنوتیپ	۳۹	۰/۳۸**	۰/۰٦**	۰/۱۳۲**	۰/۰۱۷**	۱/۵۸**	۰/۰۹**	۰/۰۲۳**	۸/۳۸**	۰/۷۳**
خطا	۷۸	۰/۱۳٦	۰/۰۱٤	۰/۰۰٤	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰٤	۰/۰۰۰۳	۰/۲۸	۰/۱۰۹
ضریب تغییرات (درصد)		۳/٦۸	٤/۸۸	۰/۸۸	۱/۳۷	۰/۹۲	۱/۸۲	۱/۱۵	۱/٤٥	۸/٤٦

ns، *و **به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

براورد شد که نشان‌دهنده‌ی ری‌آمدن (Elongation) مناسب ژنوتیپ‌ها و عاملی مهم در بازارپسندی آن‌هاست. اشتباه معیار نسبت طول به عرض برنج سفید ۰/۰۲ بود و این صفت با میانگین ۳/۷۰ در بازه‌ی بین ۳/۳۸ تا ٤/٤٥ (دامنه تغییرات ۱/۰۷ میلی‌متر) نوسان داشت. میانگین آمیلوز ۲۱/٦ و دمای ژلاتینه شدن بین ۳ تا ۵/۳ متغیر بود. این نتایج نشان از کیفیت مطلوب بسیاری از لاین‌های مورد بررسی و مطابقت آن‌ها با ذائقه‌ی مصرف‌کننده دارد. علاوه بر شاخص‌های فوق، نتایج برآورد PCV و GCV صفات مورد مطالعه نیز در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به اینکه ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی صفات نقش مهمی در تعیین وجود تنوع دارند، مقایسه این ضرایب اثر عوامل محیطی بر صفات را نشان می‌دهد. ضریب تنوع ژنوتیپی همواره کمتر از ضریب تنوع فنوتیپی است، زیرا بخشی از آن محسوب می‌شود. اختلاف اندک میان ضرایب ژنتیکی و فنوتیپی بیانگر آن است که تنوع عمدتاً ناشی از تفاوت ژنوتیپی بوده و محیط تأثیر کمی دارد. نسبت بالای تنوع ژنوتیپی به فنوتیپی باعث افزایش بازدهی انتخاب و شناسایی بهتر ژنوتیپ‌های مطلوب می‌شود. دمای ژلاتینه شدن، بیشترین و طول دانه سفید، کم‌ترین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی را نشان دادند.

تجزیه واریانس

جدول ٦، نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه را برای ژنوتیپ‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها ($P<0.01$) برای تمام صفات بود که بیانگر تنوع ژنتیکی بالای جمعیت مورد مطالعه است و تفاوت بسیار معنی‌داری بین ٤۰ ژنوتیپ برنج از نظر تمام صفات مورد بررسی مشاهده شد. ضریب تغییرات صفات از ۰/۸۸ درصد (طول دانه سفید) تا ۸/٤٦ درصد (دمای ژلاتینه شدن) متغیر بود، که نشان‌دهنده‌ی دقت مطلوب و مناسب اندازه‌گیری‌ها در آزمایش است.

مقایسه میانگین‌ها

نتایج مقایسه میانگین کلیه صفات مورد بررسی در جدول ۷ ارائه شده است. بلندترین طول شلتوک با میانگین ۱۰/۸ میلی‌متر مربوط به ژنوتیپ BC2F4-18-2-1، (لاین ۸) و بعد از آن ژنوتیپ BC2F4-5-1-2، (لاین۲) با میانگین ۱۰/۷ میلی‌متر و ژنوتیپ BC2F4-37-2-3، (لاین ۳۰) بود. کوتاه‌ترین طول شلتوک با میانگین ۹/۳٤ میلی‌متر در ژنوتیپ BC2F4-19-3-1 (لاین ۱۵) اندازه‌گیری شد. بنابراین تمامی لاین‌های مورد بررسی جزء لاین‌های دانه بلند محسوب می‌شوند. ذکر این نکته نیز ضروری است که این لاین‌ها از یک یا چند بار تلاقی با ارقام محلی به‌دست آمده‌اند و براساس سلیقه مصرف‌کنندگان ایرانی، در این پروسه سعی شده است بیشتر لاین‌های دانه بلند از جمعیت‌های در حال تفرق انتخاب و به نسل‌های بعدی هدایت شدند.

جدول ۷. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های برنج از لحاظ صفات مختلف

ژنوتیپ	طول شلتوک (میلی-متر)	عرض شلتوک (میلی‌متر)	طول دانه سفید (میلی-متر)	عرض دانه سفید (میلی‌متر)	طول دانه پخته (میلی‌متر)	نسبت طول به عرض دانه	میزان ری آمدن	آمیلوز (درصد)	دمای ژلاتینه-شدن
۱	۹/۷۸$^{g-m}$	۲/۶۸$^{a-c}$	۷/۱۴$^{g-m}$	۲/۰۴^{bc}	۱۲/۱۶^{d}	۳/۵۰^{lm}	۱/۷۰^{b}	۲۰/۸۰$^{p-r}$	۳/۱۸^{mn}
۲	۱۰/۷۶^{ab}	۲/۶۳$^{a-e}$	۷/۲۳^{fg}	۲/۰۹^{a}	۱۲/۲۰^{d}	۳/۴۵^{m}	۱/۶۸^{b}	۲۱/۹۰$^{i-o}$	۳/۱۶^{mn}
۳	۹/۶۳$^{i-m}$	۲/۵۴$^{a-j}$	۷/۱۵$^{g-l}$	۲/۰۲$^{b-e}$	۱۱/۰۶^{qr}	۳/۵۳$^{k-m}$	۱/۵۴^{jk}	۲۲/۹۰$^{d-g}$	۴/۶۰^{bc}
۴	۱۰/۰۸$^{c-k}$	۲/۴۹$^{c-k}$	۷/۳۲^{ef}	۱/۹۸$^{e-i}$	۱۲/۱۰^{d}	۳/۶۸$^{e-g}$	۱/۶۵^{cd}	۲۱/۲۰$^{n-r}$	۳/۳۷$^{l-n}$
۵	۱۰/۴۴$^{a-f}$	۲/۶۹^{ab}	۷/۴۳^{cd}	۱/۹۸$^{e-i}$	۱۳/۵۶^{a}	۳/۷۴$^{d-f}$	۱/۸۲^{a}	۱۸/۹۰^{u}	۴/۱۰$^{c-g}$
۶	۹/۶۸$^{h-m}$	۲/۶۹^{ab}	۷/۱۳$^{g-m}$	۲/۰۰$^{c-h}$	۱۲/۰۶^{d}	۳/۵۵$^{i-m}$	۱/۶۹^{b}	۱۹/۱۰^{tu}	۴/۰۰$^{d-j}$
۷	۹/۷۲$^{h-m}$	۲/۵۵$^{a-i}$	۷/۱۴$^{g-m}$	۲/۰۴^{bc}	۱۲/۱۴^{d}	۳/۴۹^{lm}	۱/۶۹^{b}	۲۲/۴۰$^{e-k}$	۴/۰۳$^{d-i}$
۸	۱۰/۸^{a}	۲/۵۶$^{a-h}$	۷/۷۴^{ab}	۱/۹۸$^{e-i}$	۱۲/۷۸^{b}	۳/۸۹^{bc}	۱/۶۵^{cd}	۲۱/۷۰$^{j-o}$	۴/۱۳$^{c-g}$
۹	۱۰/۲۱$^{a-i}$	۲/۵۲$^{a-k}$	۷/۲۰$^{g-i}$	۱/۹۴$^{j-m}$	۱۱/۴۴$^{g-i}$	۳/۷۱$^{d-g}$	۱/۵۸^{gh}	۲۱/۹۰$^{i-o}$	۳/۸۵$^{e-l}$
۱۰	۹/۹۰$^{f-l}$	۲/۱۶^{no}	۷/۱۱$^{h-m}$	۱/۶۲^{n}	۱۱/۲۲$^{l-q}$	۴/۳۷^{a}	۱/۵۷^{hi}	۲۲/۲۰$^{f-l}$	۳/۵۰$^{i-n}$
۱۱	۱۰/۲۸$^{a-h}$	۲/۳۴$^{k-o}$	۷/۲۳^{fg}	۱/۹۸$^{f-j}$	۱۱/۱۸$^{m-q}$	۳/۶۵$^{f-i}$	۱/۵۴^{jk}	۲۳/۱۰$^{c-e}$	۴/۰۳$^{d-i}$
۱۲	۹/۹۹$^{d-l}$	۲/۳۳$^{m-o}$	۷/۱۴$^{g-m}$	۱/۹۰^{lm}	۱۲/۱۳^{d}	۳/۷۵$^{d-f}$	۱/۷۰^{b}	۲۰/۷۰$^{q-s}$	۴/۰۳$^{d-i}$
۱۳	۹/۵۸$^{k-m}$	۲/۳۷$^{h-m}$	۷/۱۶$^{g-k}$	۲/۰۲$^{b-f}$	۱۱/۲۷$^{j-o}$	۳/۵۴$^{J-m}$	۱/۵۷$^{h-j}$	۲۳/۳۰^{cd}	۴/۰۳$^{d-i}$
۱۴	۹/۵۸$^{k-m}$	۲/۴$^{g-m}$	۷/۰۴^{mn}	۱/۹۳$^{k-m}$	۱۱/۳۷$^{h-l}$	۳/۶۴$^{f-j}$	۱/۶۱$^{e-g}$	۱۸/۸۰^{u}	۴/۰۶$^{c-h}$
۱۵	۹/۴۳^{m}	۲/۴۳$^{f-l}$	۶/۹۸^{n}	۱/۹۶$^{h-k}$	۱۰/۳۰^{tu}	۳/۵۵$^{i-m}$	۱/۴۸^{no}	۱۸/۶۰^{u}	۳/۵۰$^{i-n}$
۱۶	۹/۷۴$^{g-m}$	۲/۷۰^{ab}	۷/۱۲$^{h-m}$	۲/۰۴^{bc}	۱۰/۹۶^{r}	۳/۴۸^{lm}	۱/۵۴^{kl}	۱۷/۵۰^{v}	۳/۷۷$^{f-l}$
۱۷	۱۰/۱۸$^{b-k}$	۲/۶۴$^{a-d}$	۷/۱۶$^{g-k}$	۲/۰۵^{ab}	۱۰/۵۸^{s}	۳/۴۸^{lm}	۱/۴۷$^{n-p}$	۲۲/۰۰$^{h-n}$	۴/۰۶$^{c-h}$
۱۸	۱۰/۲$^{A-i}$	۲/۷۰^{a}	۷/۴۸^{c}	۲/۰۲$^{b-e}$	۱۱/۱۸$^{n-q}$	۳/۶۹$^{e-g}$	۱/۴۹$^{m-o}$	۲۳/۹۰^{bc}	۳/۵۳$^{h-n}$
۱۹	۹/۸۷$^{f-l}$	۲/۴۹$^{c-k}$	۷/۱۲$^{h-m}$	۱/۹۹$^{d-h}$	۱۱/۵۶^{fg}	۳/۵۷$^{h-l}$	۱/۶۲^{de}	۲۳/۱۶$^{c-e}$	۴/۴۰^{cd}
۲۰	۱۰/۲$^{b-j}$	۲/۵۲$^{a-k}$	۷/۱۵$^{g-l}$	۲/۰۴^{bc}	۱۱/۴$^{g-k}$	۳/۵۰^{lm}	۱/۵۹$^{f-h}$	۲۳/۰۳$^{d-f}$	۳/۰۶^{n}
۲۱	۱۰/۵۶$^{a-d}$	۲/۵۹$^{a-g}$	۷/۱۴$^{g-m}$	۲/۰۳$^{b-d}$	۱۰/۱۹^{u}	۳/۵۱^{lm}	۱/۴۳^{q}	۲۱/۰۶$^{o-r}$	۴/۲۲$^{c-f}$
۲۲	۹/۹۸$^{d-l}$	۲/۴۴$^{e-l}$	۷/۰۹$^{k-m}$	۱/۹۴$^{j-m}$	۱۰/۴۵st	۳/۶۵$^{f-i}$	۱/۴۷^{op}	۲۲/۷۶$^{d-h}$	۳/۸۱$^{e-l}$
۲۳	۹/۷۹$^{g-m}$	۲/۴۹$^{c-k}$	۷/۱۰$^{j-m}$	۱/۹۸$^{e-i}$	۱۰/۲۷^{u}	۳/۵۷$^{h-l}$	۱/۴۴^{q}	۲۲/۵۰$^{d-j}$	۳/۵۰$^{i-n}$
۲۴	۱۰/۱۰$^{c-k}$	۲/۲۶$^{l-o}$	۷/۱۰$^{j-m}$	۱/۹۱^{lm}	۱۰/۴۶st	۳/۷۱$^{d-g}$	۱/۴۷$^{n-p}$	۲۱/۵۰$^{l-q}$	۳/۸۵$^{e-l}$
۲۵	۹/۶۰$^{j-m}$	۲/۶۷$^{a-c}$	۷/۱۴$^{g-m}$	۲/۰۲$^{b-e}$	۱۱/۱۰$^{p-r}$	۳/۵۲$^{k-m}$	۱/۵۵$^{i-k}$	۲۲/۷۳$^{d-i}$	۳/۶۳$^{g-m}$
۲۶	۱۰/۱۸$^{b-k}$	۲/۵۶$^{a-h}$	۷/۱۳$^{g-m}$	۱/۹۴$^{i-l}$	۱۱/۶۳^{ef}	۳/۶۶$^{f-h}$	۱/۶۳^{de}	۲۳/۰۰$^{d-f}$	۳/۷۴$^{f-l}$
۲۷	۹/۸۳$^{g-l}$	۲/۱۴^{o}	۷/۱۰$^{i-m}$	۲/۰۵^{ab}	۱۱/۳۰$^{i-o}$	۳/۴۶^{m}	۱/۵۹$^{f-h}$	۲۴/۷۰^{ab}	۴/۰۶$^{c-h}$
۲۸	۹/۷۲$^{h-m}$	۲/۶۲$^{a-f}$	۷/۲۱^{gh}	۱/۹۹$^{d-h}$	۱۱/۱۵$^{o-q}$	۳/۶۲$^{g-k}$	۱/۵۴^{jk}	۲۱/۴۰$^{l-q}$	۳/۹۳$^{d-k}$
۲۹	۱۰/۵۳$^{a-e}$	۲/۵۷$^{a-g}$	۷/۶۴^{b}	۱/۹۱^{lm}	۱۱/۵$^{f-h}$	۳/۹۹^{b}	۱/۵۰^{mn}	۱۸/۴۰^{u}	۳/۵۳$^{h-n}$
۳۰	۱۰/۳۳$^{a-g}$	۲/۳۶$^{i-n}$	۷/۷۴^{a}	۲/۰۳$^{b-d}$	۱۲/۵۹^{c}	۳/۸۱^{cd}	۱/۶۲^{de}	۲۱/۱۰$^{o-r}$	۴/۳۳$^{c-e}$

ادامه جدول ۷

۳۱	۱۰/۶۰$^{a-c}$	۲/۵۰$^{b-k}$	۷/۶٤^{ab}	۲/۰٤^{bc}	۱۱/۳$^{i-o}$	۳/۷٤$^{d-f}$	۱/٤۷$^{n-p}$	۲۱/۲٦$^{m-r}$	۵/۰۰^{ab}
۳۲	۹/۹۲$^{f-l}$	۲/٤٦$^{d-k}$	۷/۰۵$^{l-n}$	۲/۰۱$^{b-g}$	۱۰/۲٤^{u}	۳/۵۰^{lm}	۱/٤۵^{pq}	۲۱/۵٦$^{k-p}$	٤/۲۱$^{c-f}$
۳۳	۹/۹٤$^{e-l}$	۲/٤۱$^{g-m}$	۷/۷۱^{ab}	۱/۹۸$^{f-j}$	۱۱/٤۲$^{g-j}$	۳/۸۹^{bc}	۱/٤۸^{no}	۲۱/۵۳$^{l-q}$	۳/٤٦$^{j-n}$
۳٤	۱۰/۱۲$^{c-k}$	۲/٤٦$^{d-k}$	۷/٤٤^{cd}	۱/۹۹$^{d-h}$	۱۲/۰٤^{d}	۳/۷۳$^{d-f}$	۱/٦۱^{ef}	$^{g-}$۲۲/۱۰^{m}	۳/۹۳$^{d-k}$
۳۵	۱۰/۲۵$^{a-h}$	۲/۳۵$^{j-n}$	۷/٤٤^{cd}	۱/۹٦$^{h-k}$	۱۱/۲٤$^{k-p}$	۳/۷۹$^{c-e}$	۱/۵۱^{m}	۱۹/۹۰st	۳/۱۹^{mn}
۳٦	۹/۹۰$^{f-l}$	۲/٤۷$^{d-k}$	۷/۰٤^{mn}	۱/۹۳$^{k-m}$	۱۱/۸۰^{e}	۳/٦٤$^{f-j}$	۱/٦۷^{bc}	$^{g-}$۲۲/۰٦^{m}	۳/٤٦$^{j-n}$
۳۷	۱۰/۲۲$^{a-i}$	۲/۳۵$^{j-n}$	۷/۱٤$^{g-m}$	۱/۹۰^{lm}	۱۱/۳٤$^{h-n}$	۳/۷۵$^{d-f}$	۱/۵۸^{gh}	۲۵/۰۰^{a}	۳/۹٦$^{d-k}$
۳۸	۹/۹٦$^{d-l}$	۲/۵۹$^{a-g}$	۷/۵۰^{c}	۱/۹۷$^{g-k}$	۱۱/۳۵$^{h-m}$	۳/۸۰^{cd}	۱/۵۱^{lm}	۲۰/۵۰^{rs}	۳/٤۳$^{k-n}$
۳۹	۹/۲۰^{m}	۲/٤٦$^{d-k}$	۷/۳٦^{de}	۲/۰۳$^{b-d}$	۱۲/۰٦^{d}	۳/٦۲$^{g-k}$	۱/٦۳^{de}	۲۱/۸٦$^{j-o}$	۵/۰۳^{ab}
٤۰	۱۰/۲٤$^{a-h}$	۲/٤۲$^{g-m}$	۷/۲۰$^{g-j}$	۱/۹۰^{m}	۱۱/٤٦$^{g-i}$	۳/۷۹$^{c-e}$	۱/۵۹$^{f-h}$	$^{g-}$۲۲/۱۰^{m}	۵/۲۱^{a}
LSD	۰/٦۰۰٤	۰/۱۹۸	۰/۱۰۳۹	۰/۰٤٤۳	۰/۱۷۱۸	۰/۱۰۹	۰/۰۲۹۵	۰/۸٦۰٤	۰/۵۳٦۹

در هر ستون، میانگین‌های با حروف متفاوت، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند. اطلاعات ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

بیشترین عرض شلتوک با میانگین ۲/۷ میلی‌متر مربوط به ژنوتیپ BC3F4-15-2-2، (لاین ۱۸) و بعد از آن ژنوتیپ‌های BC2F4-11-7-1 و BC2F4-11-8-1 (لاین ٤ و ۵) با میانگین ۲/٦۹ میلی‌متر بود. کمترین عرض شلتوک در ژنوتیپ BC2F4-22-1 (لاین ۲۷) با میانگین ۲/۱٤ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

ژنوتیپ BC2F4-37-2-3، (لاین ۳۰) با میانگین ۷/۷٤ میلی‌متر بلندترین طول دانه را به خود اختصاص داد، بعد از آن ژنوتیپ‌های BC2F4-18-2-1 (لاین ۸)، BC3F4-36-5-1 (لاین ۳۳)، BC2F4-37-3-1 (لاین ۳۱)، به‌ترتیب با میانگین ۷/۷٤، ۷/۷۱، ۷/٦٤ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند که تفاوت معنی‌داری از هم نداشتند. کوتاه‌ترین طول دانه هم مربوط به ژنوتیپ BC2F4-19-3-1 (لاین ۱۵) با میانگین ٦/۹۸ میلی‌متر بود. لاین‌های مورد بررسی از نظر طول دانه سفید جزء ارقام دانه بلند محسوب می‌شوند، چون بر اساس دستورالعمل‌های استاندارد ارزیابی صفات برنج (۱۵)، طول دانه بیش‌تر از ٦/۸ میلی‌متر جزء ارقام دانه بلند تقسیم می‌شوند (جدول ۳)، البته با توجه به اینکه انتخاب لاین‌های مورد بررسی جمعیت‌های در حال تفرق حاصل از تلاقی با ارقام محلی و براساس سلیقه مصرف کنندگان ایرانی انجام شده بود، دانه بلند بودن آن‌ها دور از انتظار نبود. طول دانه یکی از خصوصیات کیفی در برنج است که بسته به ذائقه مصرف کنندگان، بعضی دانه‌های کوتاه و گرد و برخی متوسط و برخی بلند را ترجیح می‌دهند (۷). اهمیت اندازه و شکل دانه در نزد مصرف کنندگان مختلف، متفاوت است. به‌طور کلی مصرف کنندگان شبه قاره هند، برنج‌های دانه بلند را ترجیح می‌دهند ولی در جنوب شرقی آسیا تقاضا برای برنج‌های دانه متوسط و نسبتاً بلند زیاد است. در مناطق گرم نیز مصرف ارقام برنج دانه کوتاه متداول است. با این همه در بازارهای بین المللی تقاضای زیادی برای برنج‌های دانه بلند وجود دارد (۵).

نتایج تحقیق حاضر با نتایج رحیم سروش و همکاران (۲۸) مطابقت دارد، آنها نیز با بررسی کیفیت ظاهری دانه تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش گزارش کردند که اغلب ژنوتیپ‌ها با طول دانه بیش از ٦ میلی‌متر و جزء ژنوتیپ‌های

دانه بلند بودند و از بین آن‌ها لاین ۸۳۱ (IRFAON12) با بلندترین طول دانه نسبت به بقیه لاین‌ها برتری داشته اند.

در آزمایش حاضر، ژنوتیپ BC2F4-5-1-2 (لاین ۲) دارای بیشترین عرض دانه با میانگین ۲/۰۹ میلی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ BC3F4-15-2-1 (لاین ۱۷) با میانگین ۲/۰۵ میلی‌متر نداشت. کم‌ترین عرض دانه هم مربوط به ژنوتیپ BC2F4-18-6-1 (لاین ۱۰) با میانگین ۱/٦۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها بود.

نسبت طول به عرض دانه، شکل دانه ارقام را تعیین می‌کند و یک نوع رده بندی برای ارقام برنج است. نسبت طول به عرض دانه برنج در اکثر ارقام کیفی بومی جزو رده دانه قلمی یا بلند می‌باشد که نسبت بیش از ۳ دارند (۱۰). البته در ارقام پرمحصول نیز اندازه دانه بلند وجود دارد (۸). نتایج مقایسه میانگین مربوط به شکل دانه نشان داد که ژنوتیپ BC2F4-18-6-1 (لاین۱۰) بیشترین نسبت و بعد از آن ژنوتیپ BC2F4-37-2-2 (لاین ۲۹) با میانگین ۳/۹۹ می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ‌های BC2F4-11-9-1 (لاین ۷)، BC3F4-36-5-1 (لاین ۳۳)، با میانگین ۳/۸۹ ندارد. کمترین نسبت هم مربوط به ژنوتیپ‌های BC2F4-5-1-2 (لاین ۲) با میانگین ۳/٤٥ و BC2F4-22-1-2 (لاین ۲۷) با میانگین ۳/٤٦ بودند که اختلاف معنی‌داری از نظر نسبت طول به عرض دانه در این دو لاین مشاهده نشد.

همانگونه که ذکر شد کیفیت ظاهری دانه برنج عمدتاً شامل طول دانه و نسبت طول به عرض (شکل دانه) بود و سهم بسزایی در بازارپسندی محصول دارد، همگونی در شکل و اندازه اولین عامل در تاثیر کیفیت محسوب می‌شود. انتخاب یک رقم از نظر شکل و اندازه از شخصی به شخص دیگر متفاوت است. بعضی از مصرف‌کنندگان دانه‌های کوتاه و گرد را ترجیح داده، برخی دانه‌های متوسط و اغلب مصرف کنندگان ایرانی، دانه‌های قلمی و بلند را ترجیح می‌دهند (۱۱).

در صفت طول دانه پخته، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ BC2F4-11-7-1 (لاین ٥) دارای بلندترین طول دانه پخته با میانگین ۱۳/٥ میلی‌متر و در مرتبه بعدی ژنوتیپ BC2F4-18-2-1 (لاین ۸) با میانگین ۱۲/۸ میلی‌متر قرار دارد. در مقابل کوتاه‌ترین طول دانه پخته هم مربوط به ژنوتیپ‌های BC3F4-15-7-1 (لاین ۲۱)، BC3F4-12-2-1 (لاین ۳۲)، BC3F4-15-11-4 (لاین ۲۳)، به‌ترتیب با میانگین ۱۰/۲، ۱۰/۲، ۱۰/۳ میلی‌متر و با اختلاف غیرمعنی‌دار بود.

میزان ری‌آمدن یکی از خصوصیات مطلوب کیفی دانه برنج است که بین ارقام مختلف متفاوت است. بدین معنی که دانه بعضی از ارقام پس از پخت افزایش طول بیشتری از خود نشان می‌دهند. افزایش طول بدون افزایش عرض یک ویژگی مطلوب تلقی می‌شود (۸). برنج‌های باسماتی هند و پاکستان، بهارای افغانستان، دم‌سیاه ایران صد در صد در هنگام پخت انبساط طولی دارند (٥). مؤمنی و همکاران (۲٤) گزارش کردند که در بررسی نتایج ارزیابی خصوصیات کیفی دانه، نسبت طویل شدن دانه پس از پخت به‌عنوان یک عامل مهم و تعیین‌کننده در پذیرش رقم است.

میزان ری‌آمدن (نسبت طول دانه پخته به طول دانه سفید خام) نشان داد که ژنوتیپ BC2F4-11-7-1 (لاین ٥) با میانگین ۱/۸۲ بیشترین میزان ری‌آمدن را به خود اختصاص داد و بعد از آن ژنوتیپ‌های BC2F4-5-1-1، BC2F4-5-1-2، BC2F4-11-8-1، BC2F4-11-9-1، BC3F4-4-10-1 بودند که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها در این صفت مشاهده نشد. کمترین مقدار ری آمدن هم متعلق به ژنوتیپ‌های BC3F4-15-7-1 (لاین ۲۱) با میانگین ۱/٤۳ و BC3F4-15-11-4 (لاین ۲۳) با میانگین ۱/٤٤ بود که تفاوت معنی‌داری نداشتند. طبق سلیقه مصرف کنندگان ایرانی هرچه مقدار میزان ری‌آمدن در یک لاین بیشتر باشد آن رقم از نظر مصرف کنندگان کیفیت بالاتری دارد، طوری‌که حتی قیمت ارقام محلی نیز تحت تاثیر این صفت است. مثلاً ارقام صدری مانند دم‌سیاه که میزان ری آمدن بیشتری دارند در بازار نیز قیمت بالاتری نسبت به سایر ارقام

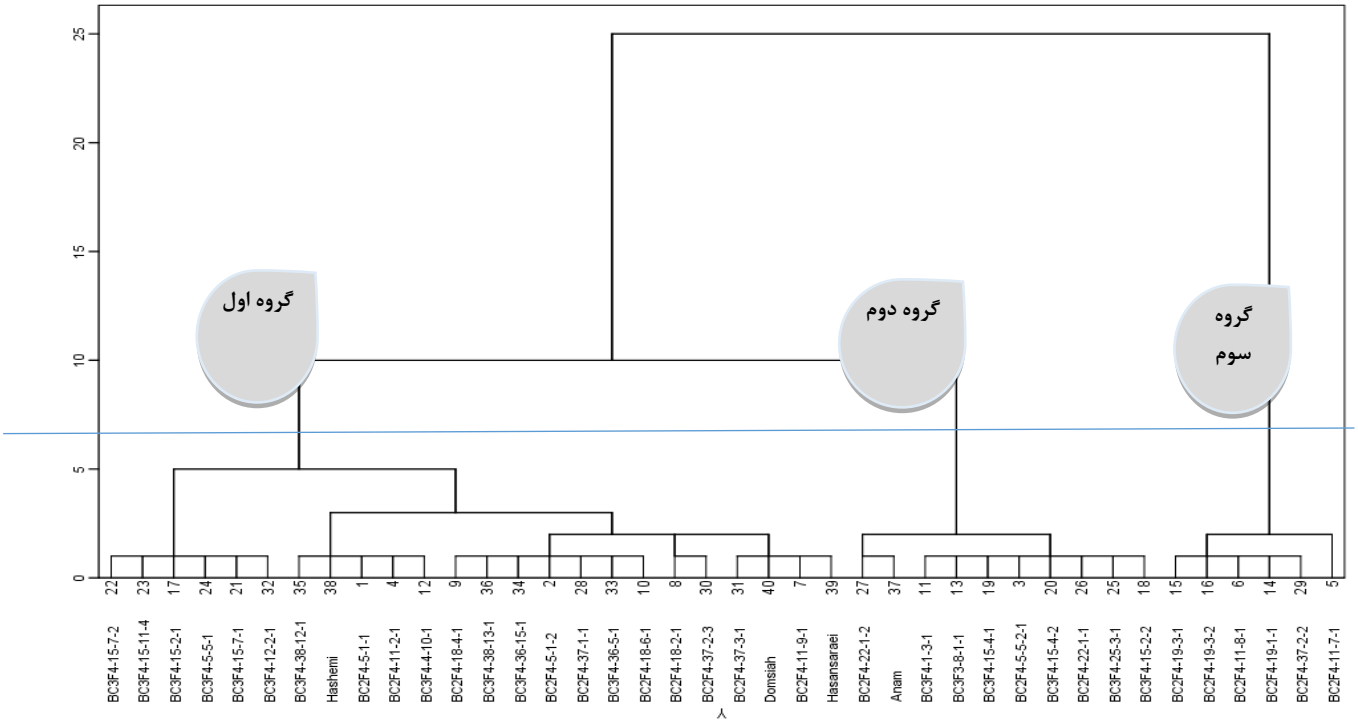
محلی مانند هاشمی و علی کاظمی دارند، بر همین اساس، در این پژوهش انتخاب‌های هدفمند در جمعیت‌های در حال تفرق صورت گرفت و لاین‌های انتخابی که مبتنی بر همین اصول گزینش شده‌اند، اغلب از میزان ری‌آمدن بالاتر از میانگین برخوردار هستند.

بالاترین مقدار آمیلوز ۲۵ درصد که مربوط به رقم شاهد آنام بود و بعد از آن بیشترین آمیلوز با میانگین ۲٤/۷ درصد در ژنوتیپ BC2F4-22-1-2، (لاین ۲۷) اندازه‌گیری شد که نتایج مقایسه میانگین تفاوت معنی‌داری در مقدار آمیلوز در این دو نشان نداد. پایین‌ترین میزان آمیلوز هم متعلق به ژنوتیپ BC2F4-19-3-2، (لاین ١٦) با میانگین ۱۷/۵ درصد و بعد از آن ژنوتیپ‌های BC2F4-11-7-1، (لاین ۵)؛ BC2F4-19-1-1، (لاین ١٤)؛ BC2F4-19-3-1، (لاین ۱۵) و BC2F4-37-2-2، (لاین ۲۹)، به‌ترتیب با میانگین آمیلوز ۱۸/۹، ۱۸/۸، ۱۸/٦ و ۱۸/٤ درصد اندازه‌گیری شد، که تفاوت معنی‌داری در این ژنوتیپ‌ها از لحاظ میزان آمیلوز دیده نمی‌شود. میزان آمیلوز لاین‌های مورد بررسی بجز (لاین ۲۷) بقیه در محدوده متوسط ۱۸ تا ۲٤ درصد بود که البته با توجه به اینکه لاین‌های مورد بررسی از جمعیت‌های حاصل دو تا سه بار تلاقی با ارقام محلی به‌دست آمده‌اند، این میزان آمیلوز دور از انتظار نبود. شایان ذکر است ارقام دارای درصد آمیلوز بالا به‌علت عدم استقبال مصرف کنندگان زیاد مورد کشت و کار قرار نمی‌گیرند. میزان آمیلوز عامل اصلی و تعیین کننده کیفیت رقم بوده و تفاوت در میزان آن اساساً به نوع رقم و شرایط محیطی وابسته است. از جمله عوامل تأثیرگذار بر میزان آمیلوز دانه برنج، می‌توان به موقعیت جغرافیایی منطقه کشت (عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا)، شرایط آب و هوایی (دما، شدت تشعشع و بارندگی)، طول روز و همچنین عملیات زراعی اشاره نمود (۸). اختلاف بین آمیلوز نقش تعیین کننده‌ای در کیفیت پخت و خوراک داشته و مقدار کم آن باعث می‌شود که برنج حالت چسبنده و لعاب‌دار پیدا کرده و از نظر حجم، انبساط پیدا نکند. درحالی‌که مقدار زیاد آن موجب سفت و خشک شدن برنج پخته می‌شود. بنابراین مناسب‌ترین میزان آن حد متوسط (۲۰–۲۵ درصد) بوده که در این حالت برنج پخته، نرم و ملایم بوده و پس از سرد شدن سخت نمی‌شود (۳٤).

بالاترین دمای ژلاتینه شدن مربوط به رقم شاهد دم‌سیاه با میانگین ۵/۲۱ و بعد از آن رقم شاهد حسن‌سرایی با میانگین ۵/۰۳ و ژنوتیپ BC2F4-37-3-1، (لاین ۳۱) با میانگین ۵، که اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند. پایین‌ترین دمای ژلاتینه شدن هم مربوط به ژنوتیپ BC3F4-15-4-2، (لاین ۲۰) با میانگین ۳/۰٦ و در مرتبه بعدی ژنوتیپ‌های BC2F4-5-1-2، (لاین ۲) با میانگین ۳/١٦، ژنوتیپ BC2F4-5-1-1، (لاین ۱) با میانگین ۳/۱۸، و ژنوتیپ BC3F4-38-12-1، (لاین ۳۵) با میانگین ۳/۱۹، قرار داشتند که تفاوت معنی‌داری از هم نشان ندادند. تمامی لاین‌های مورد بررسی از نظر این صفت در محدوده ۳/۳–۵ قرار گرفتند که یک محدوده مناسب برای ارقام ایرانی و مورد پسند و سلیقه مصرف کنندگان ایرانی است. دمای ژلاتینی شدن پایین یا متوسط یک خصوصیت مطلوب برای رقم برنج با کیفیت بالا است (٤). طبق شاخص های کیفیت هرچه دمای ژلاتینه شدن رقمی پایین‌تر باشد، دمای ژلاتینی شدن بالاتری داشته و زمان لازم برای پخت آن طولانی‌تر می‌شود و موجب سفت و سخت شدن دانه برنج پس از پخت می‌شود (۲۹). برنج با دمای ژلاتینه بالا، سخت و سفت هستند و وقتی در شرایط استاندارد پخت می‌شود آب و زمان بیشتری برای پخت نسبت به ارقام با دمای ژلاتینه پایین و متوسط نیاز دارد. درحالی‌که در ارقام با دمای ژلاتینه پایین برنج‌های پخته حالت چسبنده دارند (۸).

تجزیه خوشه‌ای

یکی از روش‌هایی که با استفاده از آن می‌توان ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات مختلف مورد مطالعه گروه‌بندی کرد، تجزیه خوشه‌ای است. از اهداف تجزیه خوشه‌ای، قرار دادن افراد در گروه‌های مختلف است به‌طوری‌که افراد داخل هر گروه بیشترین شباهت و افراد گروه‌های مختلف حداکثر تفاوت را از هم داشته باشند. این روش ابزاری کارآمد برای گروه‌بندی



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) **جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه**

ژنوتیپ‌های مختلف بر اساس صفات مختلف مورفولوژیکی، عملکردی و ... است. تجزیه خوشه‌ای به شناسایی واریته‌هایی که برای شرایط خاص مناسب‌ترند کمک کرده و با انتخاب واریته‌هایی با ویژگی‌های مطلوب مانند عملکرد بالاتر، مقاومت به بیماری‌ها و سازگاری با تغییرات اقلیمی، و غیره کارایی برنامه‌های به‌نژادی را افزایش می‌دهد (۳۲).

بدین منظور در مطالعه حاضر از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. از بین روش‌های مختلف روش وارد (Ward) با ارائه بهترین دندروگرام در مقایسه با سایر روش‌ها انتخاب شد. پس از ترسیم دندروگرام، برش آن از فاصله بین پنج تا ده واحد انجام شد و لاین‌ها در سه گروه مجزا گروه‌بندی شدند (شکل ۲). نتایج تجزیه تابع تشخیص بیانگر صحت گروه‌بندی برابر با ۹۵ درصد بود و بین گروه‌های ایجاد شده با مقدار لاندای ویلک برابر با ۰/۱٦٤، معنی‌دار ($P<0.01$) بود.

گروه اول که دارای بیشترین تعداد عضو (۲٤ عضو) هستند، شامل ارقام شاهد محلی هاشمی، حسن‌سرایی، دم‌سیاه و لاین‌های ۲۲، ۲۳، ۱۷، ۲٤، ۲۱، ۳۲، ۳۵، ۱، ٤، ۱۲، ۹، ۳٦، ۳٤، ۲، ۲۸، ۳۳، ۱۰، ۸، ۳۰، ۳۱ و ۷ و گروه دوم، شامل رقم شاهد اصلاح شده، آنام و لاین‌های ۲۷، ۱۱، ۱۳، ۱۹، ۳، ۲۰، ۲٦، ۲۵ و ۱۸ بودند. گروه سوم هم لاین‌های ۱۵، ۱٦، ٦، ۱٤، ۲۹ و ۵ را به خود اختصاص داد.

قرار گرفتن اغلب ژنوتیپ‌ها با ارقام محلی در یک گروه، می‌تواند به این دلیل باشد که همان‌گونه که ذکر شد، لاین‌های مورد بررسی از جمعیت‌هایی انتخاب شده‌اند که حاصل دو تا سه بار تلاقی با ارقام محلی (شاهد در این تحقیق) بودند، انتخاب در طی نسل‌های در حال تفرق هم بر اساس ویژگی‌های کیفی دانه صورت گرفته است. بنابراین از نظر خصوصیات کیفی مورد بررسی مشابه والدین خود بودند و طبق انتظار در یک گروه قرار گرفتند. رقم اصلاح شده آنام از تلاقی رقم صالح (یک رقم اصلاح شده) با هاشمی بدست آمده است (۱)، و جزء ارقام اصلاح شده با کیفیت است و خصوصیات کیفی این رقم بجز میزان آمیلوز مشابه ارقام محلی برآورد شد.

جدول ۸. میانگین و انحراف از میانگین کل صفات گروه های حاصل از تجزیه خوشه ای

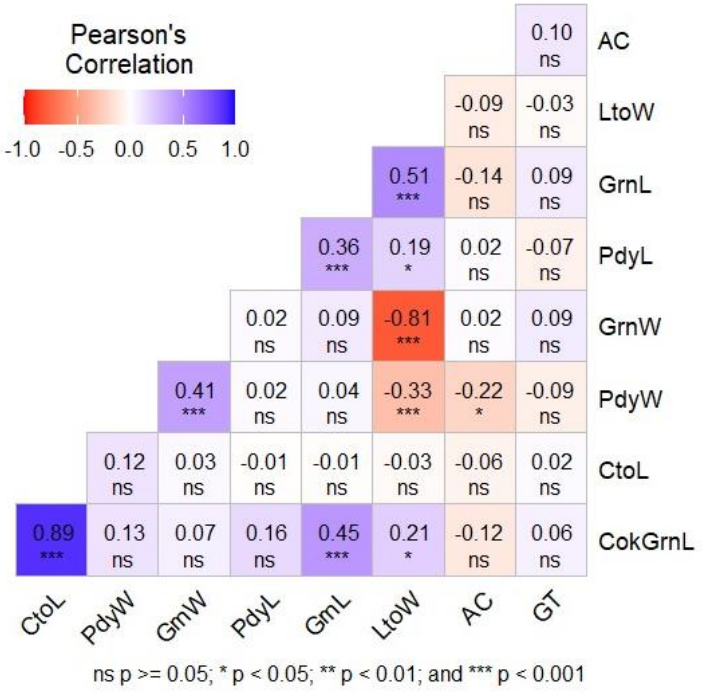
صفت	میانگین ± خطای استاندارد				درصد انحراف از میانگین کل		
	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳	میانگین کل	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳
طول شلتوک (میلی‌متر)	۹/۹۹±۰/۴۵	۹/۹۱±۰/۳۶	۹/۹۲±۰/۴۹	۹/۹۶±۰/۴۳	۰/۳۴	−۰/۵۵	−۰/۴۵
عرض شلتوک (میلی‌متر)	۲/۴۸±۰/۱۳	۲/۴۷±۰/۱۷	۲/۵۸±۰/۱۴	۲/۴۹±۰/۱۴	−۰/۵۴	−۰/۸۸	۳/۶۱
طول دانه سفید (میلی‌متر)	۷/۲۹±۰/۲۳	۷/۱۸±۰/۱۱	۷/۲۲±۰/۲۶	۷/۲۵±۰/۲۱	۰/۵۱	−۰/۹۹	−۰/۴
عرض دانه سفید (میلی‌متر)	۱/۹۷±۰/۰۹	۲±۰/۰۵	۱/۹۷±۰/۰۵	۱/۹۸±۰/۰۸	−۰/۳۱	۱	−۰/۴۲
طول دانه پخته (میلی‌متر)	۱۱/۴۵±۰/۷۷	۱۱/۳۰±۰/۱۹	۱۱/۶۳±۱/۱۱	۱۱/۴۴±۰/۷۳	۰/۰۹	−۱/۱۹	۱/۶۳
نسبت طول به عرض دانه	۳/۷۰±۰/۱۹	۳/۵۹±۰/۰۹	۳/۶۶±۰/۱۹	۳/۶۶±۰/۱۸	۰/۸۹	−۲/۰۷	−۰/۱۱
ری‌آمدن	۱/۵۷±۰/۰۹	۱/۵۷±۰/۰۴	۱/۶۱±۰/۱۳	۱/۵۷±۰/۰۹	−۰/۴۶	−۰/۱۹	۲/۱۴
آمیلوز (درصد)	۲۱/۵۸±۰/۶۸	۲۳/۴۸±۰/۷۹	۱۸/۵۵±۰/۵۷	۲۱/۶۰±۱/۶۷	−۰/۰۹	۸/۷۰	−۱۴/۱۳
دمای ژلاتینه‌شدن	۳/۹۱±۰/۵۷	۳/۹۰±۰/۴۴	۳/۸۳±۰/۲۷	۳/۹۰±۰/۵۰	۰/۳۷	۰/۱۹	−۱/۸
اعضای گروه ۱	BC3F4-15-7-2, BC3F4-15-11-4, BC3F4-15-2-1, BC3F4-5-5-1, BC3F4-15-7-1, BC3F4-12-2-1, BC3F4-38-12-1, Hashemi, BC2F4-5-1-1, BC2F4-11-2-1, BC3F4-4-10-1, BC2F4-18-4-1, BC3F4-38-13-1, BC3F4-36-15-1, BC2F4-5-1-2, BC2F4-37-1-1, BC3F4-36-5-1, BC2F4-18-6-1, BC2F4-18-2-1, BC2F4-37-2-3, BC2F4-37-3-1, Domsiah, BC2F4-11-9-1, Hasansaraei.						
اعضای گروه ۲	BC2F4-22-1-2, Anam, BC3F4-1-3-1, BC3F3-8-1-1, BC3F4-15-4-1, BC2F4-5-5-2-1, BC3F4-15-4-2, BC2F4-22-1-1, BC3F4-25-3-1, BC3F4-15-2-2						
اعضای گروه ۳	BC2F4-19-3-1, BC2F4-19-3-2, BC2F4-11-8-1, BC2F4-19-1-1, BC2F4-37-2-2, BC2F4-11-7-1.						

به‌منظور تعیین ویژگی‌ها و برتری هر گروه از نظر صفات مورد مطالعه، میانگین و درصد انحراف از میانگین کل صفات مختلف در هر گروه محاسبه و در جدول ۸ ارائه شد.

مقایسه میانگین گروه‌ها نشان داد گروه اول از نظر طول و عرض شلتوک و طول دانه دارای میانگین بالاتر از دو گروه دیگر قرار دارد و همراه با ارقام شاهد محلی (هاشمی، حسن‌سرائی و دم‌سیاه) در گروه آمیلوز متوسط (۲۵–۲۰ درصد) قرار داشتند. با توجه به اینکه از دیدگاه مصرف‌کنندگان، برنج مرغوب دارای ویژگی‌هایی مانند شکل دانه‌ای مناسب، عطر قوی، پخت مناسب، بافت نرم، سبکی و عدم ترک خوردگی است (۹)، از نظر زائقه مصرف‌کنندگان ایرانی، بازار پسندی و مطلوبیت، این گروه واجد بهترین لاین‌های این تحقیق بودند.

گروه دوم شامل ۱۰ لاین، در میزان آمیلوز نسبت به دو گروه دیگر دارای میانگین بالاتر بودند که رقم اصلاح شده آنام با مقدار آمیلوز ۲۵ درصد در این گروه قرار داشت.

گروه سوم شامل ٦ لاین از نظر صفات، طول دانه پخته و میزان ری‌آمدن، میانگین‌های بالاتری را به خود اختصاص دادند، و در صفت دمای ژلاتینه‌شدن و همچنین میزان آمیلوز، دارای میانگین (۱۸/۵ درصد) کمتری از سایر گروه‌ها قرار گرفت. همانگونه که قبلاً عنوان شد میزان آمیلوز عامل اصلی و تعیین کننده کیفیت رقم است و مقدار کم آن باعث می‌شود که برنج حالت چسبنده و لعاب‌دار پیدا کرده و از نظر حجم، انبساط پیدا نکند (۳٤)، لذا از این منظر، این گروه از مطلوبیت پایینی در بین مصرف کنندگان ایرانی برخوردار است.



شکل ۳. ضرایب همبستگی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های برنج

طول دانه شلتوک (PdyL)، عرض دانه خام (GrnW)، عرض شلتوک (PdyW)، ری‌آمدن (CtoL)، طول دانه پخته (CokGrnL)، دمای ژلاتینی‌شدن (GT)، مقدار آمیلوز (AC)، نسبت طول به عرض یا شکل دانه (LtoW)، طول دانه خام (GrnL).

*و ** به ترتیب معنی داری در سطح پنج و یک درصد را نشان می دهد.

بررسی ضرایب هبستگی

بررسی ارتباط با محاسبه ضرایب همبستگی خطی بین صفات مختلف باعث می‌شود تا بتوان ضمن تعیین وجود یا عدم وجود ارتباطات معنی‌دار بین صفات و شناسایی صفات مرتبط با یکدیگر، برای اهداف مختلف به‌نژادی استفاده کرد. در پژوهش حاضر ضرایب همبستگی بین ۹ صفت محاسبه و در شکل ۳ ارائه شده است. بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان ری آمدن با طول دانه پخته (۰/۸۹**) برآورد شد. بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار بین شکل دانه با عرض دانه سفید (۰/۸۱**-) بود که با یافته های رمضانپور و همکاران (۲۹) مطابقت داشت، همچنین صفت شکل دانه با صفات میزان آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن و میزان ری‌آمدن همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری را نشان داد. همچنین بر اساس نتایج، بین میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن با هیچ کدام از صفات موفولوژیکی مورد بررسی، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که برخی لاین‌های مورد مطالعه، از نظر طول و عرض شلتوک و دانه‌ی سفید، جزو لاین‌های دانه‌ی بلند هستند. لاین‌های BC2F4-18-2-1 و BC2F4-37-2-3 (لاین‌های ۳۰ و ۸) بیشترین طول شلتوک، طول دانه‌ی سفید و افزایش طول پس از پخت را نشان دادند. این صفات از پارامترهای مهم بازارپسندی محسوب می‌شوند. همچنین، نسبت طول به عرض دانه و میزان ری‌آمدن که از ویژگی‌های کیفی مهم هستند، در اکثر لاین‌ها در سطح مطلوبی قرار داشتند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای، لاین‌های گروه اول به دلیل میانگین دمای ژلاتینه شدن بالا و درصد آمیلوز متوسط، در

محدوده‌ی ارقام با کیفیت پخت مناسب، همانند ارقام محلی قرار گرفتند. با توجه به اهمیت اصلاح و معرفی ارقام برنج با کیفیت، لاین‌های اصلاحی جدید، بر اساس نتایج پژوهش حاضر ویژگی‌های کیفی مطلوبی از خود نشان دادند و انتظار می‌رود که معرفی شوند و مورد استقبال کشاورزان و مصرف‌کنندگان ایرانی قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش مستخرج از طرح تحقیقاتی با شماره ۲۶۷-۰۱۰-۰۱۲-۰۴-۰۴-۱۲ است که بدینوسیله از حمایت مادی و معنوی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و مؤسسه تحقیقات برنج کشور تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین نویسندگان بر خود لازم می‌دادند از حمایت‌های دانشگاه گیلان تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. Allahgholipour, M. and M. Hosseini Chaleshtori. 2019. Anam, New Variety of Rice, Publication Number 40. Rice Research Institute of Iran. AREEO Publication, Tehran. (In Farsi).
2. Allahgholipour, M., A. J. Ali, F. Alinia, T. Nagamine and Y. Kojima. 2006. Relationship between rice grain amylose and pasting properties for breeding better quality rice varieties. *Plant Breeding* 125(4): 357-362.
3. Allahgholipour, M., B. Rabiei, A. A. Ebadi, M. Hosseini and M. Yekta. 2010. Starch viscosity properties: New criteria for assessment of cooking quality of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12(2): 140-151. (In Farsi).
4. Babaei Raouf, H., A. Sabouri and M. Allahgholipour. 2019. Evaluation of Iranian and foreign rice genotypes based on grain physicochemical properties and microsatellite markers. *Iranian Journal of Field Crop Science* 50(2): 133-158. (In Farsi).
5. Dela Cruz, N. and G. S. Khush. 2000. Aromatic Rices. Science Publishers Inc., Enfield.
6. FAO (Food and Agriculture Organization). 2023. Statistics: FAOSTAT agriculture. http://fao.org/crop/statistics. Accessed 27 July 2023.
7. Fathi, N., H. Pirdashti, M. Nasiri and E. Bakhshaneh. 2017. Effect of temperature during grain filling stage on some grain quality characteristics of rice under different local climates in Mazandaran province. *Electronic Journal of Crop Production* 10(2): 141-154. (In Farsi).
8. Fathi, N. and A. Nabipour. 2020. Methods for Detecting Purity and Quality of Rice Cultivars. Technical Paper. Rice Research Institute of Iran, Rasht. (In Farsi).
9. Fathi, N., H. Pirdashti, M. Nasiri and E. Bakhshandeh. 2021. Influence of elevated air temperature during grain-filling stage on milling parameters and rice grain wastage under different local climates in Mazandaran province. *Plant Production Research* 28(1): 1-15. (In Farsi).
10. Habibi, F. 2013. Experimental Methods for Measuring Quality Characteristic in Rice Grain. Rice Research Institute of Iran, Rasht.
11. Habibi, F. and K. Tajadodi Talab. 2024. Rice Chemistry and Quality. Narvan Danesh Publications, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rice Research Institute of Iran, Rasht.
12. Heda, D. G. and G. M. Reddy. 1986. Studies on the inheritance of amylase content and gelatinization temperature in rice (*Oryza sativa* L.). *Genetics Agriculture* 40: 1-8.
13. Hosseini Chaleshtori, M., H. Rahimsoroush, M. Allahgholipour, M. Nahvi, M. Ghodsi and A. A. Abadi. 2014. Introducing of two rice pure line with good grain quality of (Khazar/Domsiah). In: Proceeding of 1th International Congress and the 13th Iranian Crop Science and Plant Breeding Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology conference, Seedling and Seed Breeding Research Institute, 4–6 Shahrivar, Karaj, Iran. (In Farsi).
14. Huang, R., L. Jiang, J. Zheng, T. Wang, H. Wang, Y. Huang and Z. Hong. 2013. Genetic bases of rice grain shape: so many genes, so little known. *Trends in Plant Science* 18(4): 218-226.
15. IRRI. 2013. Standard Evaluation System for Rice (5th ed.). International Rice Research Institute Publication, Los Baños, Philippines.
16. Juliano, B. O. 1971. A simplified assay of milled rice amylase. *Cereal Science Today* 16*:* 334-339.
17. Kibria, K., M. M. Islam and S. N. Begum. 2008. Screening of aromatic rice lines by phenotypic and molecular markers. *Bangladesh Journal of Botany* 37(2): 141-147.

18. Koutroubas, S. D., F. Mazzini, B. Pons and D. A. Ntanos. 2004. Grain quality variation and relationships with morpho-physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.) genetic resources in Europe. Field Crops Research, 86: 115-130.
19. Krichen, L., J. M. Audergon and N. Trifi-Farah. 2012. Relative efficiency of morphological characters and molecular markers in the establishment of an apricot core collection. *Heredity* 109: 163-172.
20. Kumar, I. and G. S. Khush. 1987. Genetic analysis of different amylase levels in rice. *Crop Science* 27: 1167-1172.
21. Lakshmi, V. G., M. Sreedhar, C. Gireesh and S. Vanisri. 2020. Genetic variability, correlation and path analysis studies for yield and yield attributes in African rice (*Oryza glaberrima*) germplasm. *Electronic Journal of Plant Breeding* 11: 399-404.
22. Little, R. R., G. B. Hilder and E. H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry* 35: 111-116.
23. Mohidem, N. A., N. Hashim, R. Shamsudin and H. Che Man. 2022. Rice for food security: Revisiting its production, diversity, rice milling process and nutrient content. *Agriculture* 12(741): 1-28.
24. Moumeni, A., M. Tabari, V. Khosravi, S. S. Hosseini-Imeni, M. Mohammadian, R. Asadi and L. Khazaei. 2020. Tolo, an early mature, dwarf, blast resistant and good cooking quality new rice cultivar. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops* 11(2): 81-95. (In Farsi).
25. Nabipour, A. and M. Norouzi. 2019. Genetic Diversity of agronomic traits in advanced breeding lines of rice (*Oryza Sativa*). *Journal of Crop Breeding* 11(30): 178-187. (In Farsi).
26. Nasiri, E., A. Sabouri, A. Forghani and M. Esfahani. 2019. Grouping of rice genotypes based on grain iron, zinc, manganese and protein and performance measurement of linked microsatellite markers. *Plant Genetics Researches* 5(2): 73-84. (In Farsi).
27. Rabiei, B., M. Valizadeh, B. Ghareyazie and M. Moghaddam. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research* 89: 359-367.
28. Rahimsoroush, H., B. Rabeie, M. Nahvi and M. Ghodsi. 2007. Study of some morphological, qualitative traits and yield stability of rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Pajouhesh and Sazandegi* 75: 25-32. (In Farsi).
29. Ramezanpour, A., H. Pirdashti, Sh. Abdollahi Mobarhan and S. H. Bahari Saravi. 2015. Investigation of the quality traits and their relationship with grain yield in promising lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)* 107: 8-16.
30. Sabouri, H., A. Sabouri and S. Navvabpour. 2012. Investigation of genetic control of traits related to salinity tolerance in rice seedling using line × tester method. *Journal of Crop Production and Processing* 1(2): 45-63. (In Farsi).
31. Sahu, P. K., R. Sao, D. K. Choudhary, A. Thada, V. Kumar, S. Mondal, B. K. Das, L. Jankuloski and D. Sharma. 2022. Advancement in the breeding, biotechnological and genomic tools towards development of durable genetic resistance against the rice blast disease. *Plants* 11(18): 2386.
32. Sharma, V. and R. Kumar. 2022. Multivariate statistical techniques in agriculture sciences: A review. *The Pharma Innovation Journal* 11(8S): 1-10.
33. Singh, R. K., U. S. Singh, and G. S. Khush. 2000. Aromatic Rices. Oxford and IBH Publishing Co Pvt. Ltd, New Delhi.
34. Tavasoli, F. 2003. Evaluation of Periodic Maintenance of Rice Cooking Quality. Rice Research Institute of Iran, Amol. (In Farsi).