

**Original Article**

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

Roya Jamalzadeh<sup>1</sup>, Atefeh Sabouri<sup>2\*</sup> and Ali Akbar Ebadi<sup>3</sup>

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 Professor of Genetics and Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

3. Associate Professor 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  $3 \times 3$  meters. Transplanting was performed at a spacing of  $20 \times 20$  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](mailto:a.sabouri@guilan.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/jcpp.15.2.35592](https://doi.org/10.47176/jcpp.15.2.35592).





مقاله پژوهشی

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

رویا جمالزاده<sup>۱</sup>، عاطفه صبوری\*<sup>۲</sup> و علی اکبر عبادی<sup>۳</sup>

**چکیده** - برنج دومین محصول استراتژیک در ایران بوده و کیفیت پخت و خوراک آن برای مصرف کنندگان ایرانی اهمیت بسزایی 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 اصلاح شده، به همراه چهار رقم شاهد (آنام، هاشمی، دمسیاه و حسن‌سرایی) در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات مؤسسه تحقیقات برنج کشور رشت در سال زراعی ۱۴۰۱ کشت شدند. طول و عرض شلتونک، طول و عرض دانه سفید، شکل دانه، طول دانه پخته، ری‌آمدن، میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه‌شدن ارزیابی شدند. تجزیه واریانس نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P<0.05$ ) بین ۴ ژنتوتیپ از نظر کلیه صفات بود. ژنتوتیپ‌های BC2F4-18-2-1 و BC2F4-37-2-3 (لاین‌های ۳۰ و ۸) دارای بیشترین میزان طول شلتونک، طول دانه سفید و طول دانه پخته بودند. تجزیه خوش‌های ژنتوتیپ‌ها را به سه خوش‌های تقسیم‌بندی کرد. لاین‌های خوش‌های 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 ژلاتینه‌شدن، 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 بهنژادی 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، رایانه‌ای: [a.sabouri@guilan.ac.ir](mailto:a.sabouri@guilan.ac.ir)

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. © ۱۴۰۳.

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:



## مقدمه

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 بهبود گران 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 به عنوان 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 (۱۶)، بر کیفیت پخت تأثیر قابل توجهی 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 (۲۰ و ۲۱).

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 (خرز، سپیدرود، هیرید بهار، ۱، درفک، صالح، و کادوس) را از نظر خصوصیات چسبنده‌گی نشاسته

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 ۲۴ گونه برنج، تنها دو گونه *Oryza sativa* (برنج آسیایی) و *Oryza glaberrima* (برنج آفریقایی) به صورت زراعی کشت می‌شوند (۲۱). برنج به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین غلات، در بیش از ۱۰۰ کشور، عمده‌تاً در آسیا، با کیفیت‌های متنوع تولید می‌شود (۶ 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 (۶).

با توجه به نقش حیاتی برنج در امنیت غذایی جهانی (۲۳) و اهمیت آن به عنوان منبع اصلی کالری در رژیم غذایی بسیاری از کشورها (۲۶)، 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 رنگی 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، به عنوان 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 (۱۴) و از دیدگاه مصرف‌کنندگان، شامل ویژگی‌هایی مانند شکل قلمی، عطر قوی، ری آمدن بالا، بافت نرم، سبکی و عدم ترک است (۹).

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 مورفو‌لوزیکی (طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه و شلتوك) 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 ۴۰ ژنتیپ برنج شامل ۳۶ لاین مشتق شده از تلاقی برگشتی و تلاقی با ارقام محلی و اصلاح شده به همراه چهار رقم شاهد (آنام، هاشمی، دمسیاه و حسن‌سرائی) در موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد (جدول ۱).

کشت ژنتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) انجام گرفت. ابعاد هر کرت  $3 \times 3$  متر بود و نشاکاری با فاصله‌ی  $20 \times 20$  سانتی‌متر و به صورت تکبوته در سن چهار هفتگی در مرحله سه‌الی چهار برگی انجام شد. نتیجه آزمون خاک مزرعه تحقیقاتی (جدول ۲) نشان داد که خاک این مزرعه با ۴۲ درصد رس، ۴۴ درصد سیلت و ۱۴ درصد شن در کلاس بافتی سیلتی و از نظر پتابسیم، فسفر و مقدار نیتروژن در شرایط متوسط قرار دارد. کرین آلی برای کشت برنج محدودیت نداشت.

صفات مورفو‌لوزیکی و فیزیکوشیمیایی زیر، بر اساس دستورالعمل‌های استاندارد ارزیابی صفات برنج (۱۵) اندازه‌گیری شدند. این صفات شامل طول شلتوك، عرض شلتوك، 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 شلتوك و دانه سفید از دستگاه فتوانلارجر (Photo Enlarger) استفاده شد. برای هر

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 به دلیل میزان آمیلوز متوسط (۲۲/۳ درصد)، دمای ژلاتینه شدن متوسط (۴/۶۳) 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 ژنتیپ‌های مورد بررسی بین ۱۷/۵ تا ۲۵ درصد متغیر بود و صفات کیفی دیگری مانند طول و عرض شلتوك، طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه و میزان ری‌آمدن نیز ارزیابی شدند.

حسینی چالشتری 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، به عنوان 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 پیشرفت‌های برنج، لاین‌های NA12، NA5 و NA6 بیشترین طول شلتوك و دانه را داشتند، در حالی که لاین NA8 کوتاه‌ترین طول را نشان داد. با این حال، به جز لاین‌های NA8، NA3 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 به صورت 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

جدول ۱. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و شجره آنها

ردیف	ژنوتیپ	تلاقي	تلاقي اول به صورت برگشتی	تلاقي دوم با رقم محلی	تلاقي سوم با رقم محلی
1	BC2F4-5-1-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
2	BC2F4-5-1-2	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
3	BC2F4-5-5-2-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
4	BC2F4-11-2-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
5	BC2F4-11-7-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
6	BC2F4-11-8-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
7	BC2F4-11-9-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
8	BC2F4-18-2-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
9	BC2F4-18-4-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
10	BC2F4-18-6-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	-
11	BC3F4-1-3-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	هاشمی
12	BC3F4-4-10-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	هاشمی
13	BC3F3-8-1-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	هاشمی	هاشمی
14	BC2F4-19-1-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	-
15	BC2F4-19-3-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	-
16	BC2F4-19-3-2	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	-
17	BC3F4-15-2-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	دمسیاه
18	BC3F4-15-2-2	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	دمسیاه
19	BC3F4-15-4-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	دمسیاه
20	BC3F4-15-4-2	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	دمسیاه
21	BC3F4-15-7-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	دمسیاه
22	BC3F4-15-7-2	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	دمسیاه
23	BC3F4-15-11-4	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	دمسیاه	دمسیاه
24	BC3F4-5-5-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	حسن سرائی	حسن سرائی
25	BC3F4-25-3-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	حسن سرائی	حسن سرائی
26	BC2F4-22-1-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	صدری	-
27	BC2F4-22-1-2	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	صدری	-
28	BC2F4-37-1-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	صدری	-
29	BC2F4-37-2-2	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	صدری	-
30	BC2F4-37-2-3	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	صدری	-
31	BC2F4-37-3-1	آی آر × طارم محلی	طارم محلی	صدری	-
32	BC3F4-12-2-1	آی آر × ۶۴ طارم محلی	طارم محلی	صدری	صدری
33	BC3F4-36-5-1	آی آر × ۶۴ طارم محلی	طارم محلی	صدری	صدری
34	BC3F4-36-15-1	آی آر × ۶۴ طارم محلی	طارم محلی	صدری	صدری
35	BC3F4-38-12-1	آی آر × ۶۴ طارم محلی	طارم محلی	صدری	صدری
36	BC3F4-38-13-1	آی آر × ۶۴ طارم محلی	طارم محلی	صدری	صدری
37	آنام				
38	هاشمی			-	-
39	حسن سرائی			-	-
40	دمسیاه			-	-

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

نام اکتشافی خاک	نام اکتشافی خاک	میزان آبی کشیدن	قیمت قابل جذب	میزان نمودن کل	میزان آبی کشیدن	درصد درصد	میلی گرم بر کیلو گرم	درصد درصد	دستی زیمنس بر متر	۷/۱۳
سیلتی رسی	۱۴	۴۲	۱۱۰	۱۱	۰/۲۱	۲/۵۱	۲/۴	۰/۲۱	۲/۵۱	۷/۱۳

## جدول ۳. طبقه‌بندی طول دانه برنج از لحاظ اندازه (۱۵)

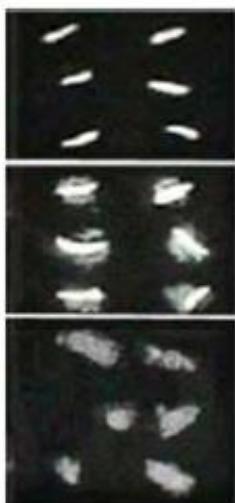
اندازه	طول (میلی‌متر)
خیلی بلند	۷/۵۰
بلند	۷/۴۹ تا ۶/۸۰
متوسط	۶/۷۹ تا ۶/۰۰
کوتاه	۵/۹۹ حداکثر

## جدول ۴. طبقه‌بندی دانه برنج از نظر شکل (۱۵)

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

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 (۱۶)، ابتدا ۱۰۰ میلی‌گرم آرد برنج را پس از توزین در بالن روزه 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 ۲۴ ساعت در دمای ۳۰

صفت، میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده 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 ۴) تقسیم بندی می‌شود (۵ و ۳۳). بر همین اساس اندازه و شکل دانه مربوط به ژنتیک‌های 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 ۴ الی ۵ دقیقه، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس شش دانه برنج پخته سالم بر



گروه اول: دمای ژلاتینی‌شدن بالا با بیشتر از ۷۴ درجه سلسیوس (امتیازهای ۱ تا ۳).

گروه دوم: دمای ژلاتینی‌شدن متوسط با دمای بین ۷۰ تا ۷۴ درجه سلسیوس (امتیازهای ۴ و ۵).

گروه سوم: دمای ژلاتینی‌شدن پایین با دمای کمتر از ۷۰ درجه سلسیوس (امتیازهای ۶ و ۷).

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

با توجه به ارقام شاهد استاندارد با دمای ژلاتینی‌شدن بالا، متوسط و پایین، این تغییرات به صورت 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 به طور ناقص نازک شده و میل به حرکت به درون محلول دارد.

امتیاز ۴: 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 به طور کامل عربیض و وارد محلول می‌شوند.

امتیاز ۶: 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 نباشد 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

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 اسپکتروفوتومتر در طول موج ۶۲۰ 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 به ترتیب دارای ۲-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۲۵ 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 (۱۶). بر اساس زائقه مصرف‌کنندگان ایرانی برنج‌های با میزان آمیلوز متوسط (۲۵-۲۰) مناسب و اصطلاحاً کیفی هستند (۱۶).

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 هیدروکسید پتاسیم 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 قلیاً تغییرات متفاوتی را از خود نشان می‌دهند که

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

صفت	ژنوتیپی (درصد)	ضریب تغییرات فتوتیپی (درصد)	ضریب تغییرات معیار	اشتباه	میانگین	دامنه تغییرات	حداکثر	حداقل
طول شلتوك (میلی‌متر)	۲/۸۵	۳/۵۶	۰/۰۴	۱۰/۰۰	۲/۸۴	۱۱/۵۶	۸/۷۲	
عرض شلتوك (میلی‌متر)	۴/۹۵	۵/۶۶	۰/۰۲	۲/۵۰	۰/۰۸۰	۲/۷۸	۱/۹۸	
طول دانه سفید خام (میلی‌متر)	۲/۸۳	۲/۸۷	۰/۰۲	۷/۳۰	۰/۰۸	۷/۹۴	۷/۹۶	
عرض دانه سفید خام (میلی‌متر)	۳/۶۸	۳/۷۶	۰/۰۱	۲/۰۰	۰/۰۲	۲/۱۲	۱/۶۰	
طول دانه پخته (میلی‌متر)	۶/۲۴	۶/۳۷	۰/۰۷	۱۱/۴۰	۳/۵۲	۱۳/۶۶	۱۰/۱۴	
نسبت طول به عرض دانه (شکل دانه)	۴/۵۸	۴/۶۸	۰/۰۲	۳/۷۰	۱/۰۷	۴/۴۵	۳/۳۸	
ری آمدن	۵/۴۳	۵/۴۷	۰/۰۱	۱/۶۰	۰/۰۲	۱/۸۳	۱/۴۲	
آمیلوز (درصد)	۷/۶۱	۷/۷۴	۰/۱۶	۲۱/۶۰	۸/۲۰	۲۵/۲۰	۱۷/۰۰	
دماهی ژلاتینه شدن	۱۱/۶۷	۱۲/۶۵	۰/۰۵	۳/۹۰	۲/۳۰	۵/۳۰	۳/۰۰	

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، ازتابع تشخیص استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS، برای انجام تجزیه خوشه‌ای، تابع تشخیص و ترسیم دندروگرام استفاده شد و به‌منظور محاسبه ضرایب 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 شلتوك به ترتیب 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 ۱۱/۴ میلی‌متر برآورد شد. میانگین ری‌آمدگی ۱/۶ میلی‌متر

به صورت میزان تغییرات دانه‌های برنج در محیط قلیایی پtas ۱/۷ درصد نشان داده شده است.

در این راستا باید اشاره نمود دماهی ژلاتینه شدن پایین یا متوسط در برنج نشانه کیفیت بالاست. برنج‌های با دماهی ژلاتینه شدن بالا، سخت‌تر و زمان پخت بیشتری نیاز دارند. بر عکس، برنج‌های با دماهی ژلاتینه شدن پایین، نرم‌تر و چسبنده‌تر است (۴).

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 ۹/۴ انجام شد. برای محاسبه ضریب تغییرات فتوتیپی (PCV)، ژنوتیپی (GCV) از روابط ۱ و ۲ استفاده شد:

$$PCV(\%) = \frac{\sqrt{\sigma_{ph}^2}}{\bar{X}} \times 100 \quad (1)$$

$$GCV(\%) = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}} \times 100 \quad (2)$$

در روابط بالا PCV و GCV به ترتیب ضریب تغییرات فتوتیپی و ژنوتیپی هستند.  $\sigma_{ph}^2$  و  $\sigma_g^2$  برآورده از واریانس فتوتیپی و ژنوتیپی هستند که با استفاده از امیدهای ریاضی در جدول تجزیه واریانس محاسبه شدند. مقدار  $\bar{X}$  میانگین کل صفت

### جدول ۶. تجزیه واریانس صفات برای ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه

میانگین مربعات											متابع تغییرات آزادی	درجه آزادی	طول شلتونک	عرض شلتونک	طول شلتونک	عرض شلتونک
دماهی ژلاتینه	آمیلوز	ری آمدن	نسبت طول به عرض	طول دانه پخته	عرض دانه سفید	طول دانه سفید	طول دانه سفید	عرض شلتونک	طول شلتونک							
۰/۰۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۱**	۰/۰۴۵*	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۷**	۰/۰۹**	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۲	بلوک						
۰/۷۳**	۸/۳۸**	۰/۰۲۲**	۰/۰۹**	۱/۵۸**	۰/۰۱۷**	۰/۱۳۲**	۰/۰۶**	۰/۳۸**	۳۹	ژنوتیپ						
۰/۱۰۹	۰/۲۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۱۳۶	۷۸	خطا						
۸/۴۶	۱/۴۵	۱/۱۵	۱/۸۲	۰/۹۲	۱/۳۷	۰/۸۸	۴/۸۸	۳/۶۸	۵	ضریب تغییرات (درصد)	۱	درصد.				

\* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

اختلاف بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها ( $P<0.01$ ) برای تمام صفات بود که بیانگر تنوع ژنتیکی بالای جمیعت مورد مطالعه است و تفاوت بسیار معنی‌داری بین ۴۰ ژنوتیپ برنج از نظر تمام صفات مورد بررسی مشاهده شد. ضریب تغییرات صفات از ۰/۸۸ درصد (طول دانه سفید) تا ۸/۴۶ درصد (دماهی ژلاتینه شدن) متغیر بود، که نشان‌دهنده 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 شلتونک با میانگین ۱۰/۸ میلی‌متر مربوط به ژنوتیپ BC2F4-18-2-1، (لاین ۸) و بعد از آن ژنوتیپ BC2F4-5-1-2، (لاین ۲) با میانگین ۱۰/۷ میلی‌متر و ژنوتیپ BC2F4-37-2-3، (لاین ۳۰) بود. کوتاهترین طول شلتونک با میانگین ۹/۳۴ میلی‌متر در ژنوتیپ BC2F4-19-3-1 (لاین ۱۵) اندازه‌گیری شد. بنابراین تمامی لاین‌های مورد بررسی جزو لاین‌های دانه بلند محسوب می‌شوند. ذکر این نکته نیز ضروری است که این لاین‌ها از یک یا چند بار تلاقی با ارقام محلی به دست آمده‌اند و براساس سلیقه مصرف‌کنندگان ایرانی، در این پروسه سعی شده است بیشتر لاین‌های دانه بلند از جمیعت‌های در حال تفرق انتخاب و به نسل‌های بعدی هدایت شوند.

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 ۴/۴۵ (دماهی ژلاتینه میلی‌متر) نوسان داشت. میانگین آمیلوز ۲۱/۶ و دماهی ژلاتینه شدن بین ۳ تا ۵/۳ متغیر بود. این نتایج نشان از کیفیت مطلوب بسیاری از لاین‌های مورد بررسی و مطابقت آن‌ها با ذاته‌ی مصرف‌کننده دارد. علاوه بر شاخص‌های فوق، نتایج برآورده GCV و PCV صفات مورد مطالعه نیز در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به اینکه ضرایب تنوع ژنتیکی و فنتوتیپی 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 فنتوتیپی است، زیرا بخشی از آن محسوب می‌شود. اختلاف اندک میان ضرایب ژنتیکی و فنتوتیپی بیانگر آن است که تنوع عمده‌ای ناشی از تفاوت ژنوتیپی بوده و محیط تأثیر کمی دارد. نسبت بالای تنوع ژنوتیپی به فنتوتیپی باعث افزایش بازده‌ی انتخاب و شناسایی بهتر ژنوتیپ‌های مطلوب می‌شود. دماهی ژلاتینه شدن، بیشترین و طول دانه سفید، کمترین ضرایب تنوع فنتوتیپی و ژنوتیپی را نشان دادند.

#### تجزیه واریانس

جدول ۶، نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه را برای ژنوتیپ‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر

جدول ۷. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های برنج از لحاظ صفات مختلف

دماهی ژلاتینه-شدن	آمیلوز (درصد)	میزان ری آمدن	نسبت طول به عرض دانه	طول دانه پخته	عرض دانه (میلی‌متر)	عرض دانه سفید (میلی‌متر)	طول دانه سفید (میلی- متر)	عرض شلتوك (میلی- متر)	طول شلتوك (میلی- متر)	ژنوتیپ (میلی- متر)
۳/۱۸ <sup>mn</sup>	۲۰/۸۰ <sup>p-r</sup>	۱/۷۰ <sup>b</sup>	۳/۵۰ <sup>lm</sup>	۱۲/۱۶ <sup>d</sup>	۲/۰۴ <sup>bc</sup>	۷/۱۴ <sup>g-m</sup>	۲/۶۸ <sup>a-c</sup>	۹/۷۸ <sup>g-m</sup>	۱	
۳/۱۶ <sup>mn</sup>	۲۱/۹۰ <sup>i-o</sup>	۱/۶۸ <sup>b</sup>	۳/۴۵ <sup>m</sup>	۱۲/۲۰ <sup>d</sup>	۲/۰۹ <sup>a</sup>	۷/۲۳ <sup>fg</sup>	۲/۶۳ <sup>a-e</sup>	۱۰/۷۶ <sup>ab</sup>	۲	
۴/۶۰ <sup>bc</sup>	۲۲/۹۰ <sup>d-g</sup>	۱/۵۴ <sup>jk</sup>	۳/۵۳ <sup>k-m</sup>	۱۱/۰۷ <sup>qr</sup>	۲/۰۲ <sup>b-e</sup>	۷/۱۵ <sup>g-l</sup>	۲/۵۴ <sup>a-j</sup>	۹/۶۳ <sup>i-m</sup>	۳	
۳/۳۷ <sup>l-n</sup>	۲۱/۲۰ <sup>n-r</sup>	۱/۶۰ <sup>cd</sup>	۳/۶۸ <sup>e-g</sup>	۱۲/۱۰ <sup>d</sup>	۱/۹۸ <sup>e-i</sup>	۷/۳۲ <sup>ef</sup>	۲/۴۹ <sup>c-k</sup>	۱۰/۰۸ <sup>c-k</sup>	۴	
۴/۱۰ <sup>c-g</sup>	۱۸/۹۰ <sup>u</sup>	۱/۸۲ <sup>a</sup>	۳/۷۴ <sup>d-f</sup>	۱۳/۵۶ <sup>a</sup>	۱/۹۸ <sup>e-i</sup>	۷/۴۳ <sup>cd</sup>	۲/۶۹ <sup>ab</sup>	۱۰/۴۴ <sup>a-f</sup>	۵	
۴/۰۰ <sup>d-j</sup>	۱۹/۱۰ <sup>tu</sup>	۱/۶۹ <sup>b</sup>	۳/۵۵ <sup>i-m</sup>	۱۲/۰۷ <sup>d</sup>	۲/۰۰ <sup>c-h</sup>	۷/۱۳ <sup>g-m</sup>	۲/۶۹ <sup>ab</sup>	۹/۶۸ <sup>h-m</sup>	۶	
۴/۰۳ <sup>d-i</sup>	۲۲/۴۰ <sup>c-k</sup>	۱/۶۹ <sup>b</sup>	۳/۴۹ <sup>lm</sup>	۱۲/۱۴ <sup>d</sup>	۲/۰۴ <sup>bc</sup>	۷/۱۴ <sup>g-m</sup>	۲/۵۵ <sup>a-i</sup>	۹/۷۲ <sup>h-m</sup>	۷	
۴/۱۳ <sup>c-g</sup>	۲۱/۷۰ <sup>j-o</sup>	۱/۶۰ <sup>cd</sup>	۳/۸۹ <sup>bc</sup>	۱۲/۷۸ <sup>b</sup>	۱/۹۸ <sup>e-i</sup>	۷/۷۴ <sup>ab</sup>	۲/۵۷ <sup>a-h</sup>	۱۰/۸ <sup>a</sup>	۸	
۳/۸۵ <sup>e-l</sup>	۲۱/۹۰ <sup>i-o</sup>	۱/۵۸ <sup>gh</sup>	۳/۷۱ <sup>d-g</sup>	۱۱/۴۶ <sup>g-i</sup>	۱/۹۶ <sup>j-m</sup>	۷/۲۰ <sup>g-i</sup>	۲/۵۲ <sup>a-k</sup>	۱۰/۲۱ <sup>a-i</sup>	۹	
۳/۵۰ <sup>i-n</sup>	۲۲/۲۰ <sup>f-l</sup>	۱/۵۷ <sup>hi</sup>	۴/۳۷ <sup>a</sup>	۱۱/۲۲ <sup>l-q</sup>	۱/۶۲ <sup>n</sup>	۷/۱۱ <sup>h-m</sup>	۲/۱۷ <sup>no</sup>	۹/۹۰ <sup>f-l</sup>	۱۰	
۴/۰۳ <sup>d-i</sup>	۲۲/۱۰ <sup>c-e</sup>	۱/۵۴ <sup>jk</sup>	۳/۶۵ <sup>f-i</sup>	۱۱/۱۸ <sup>m-q</sup>	۱/۹۸ <sup>f-j</sup>	۷/۲۳ <sup>fg</sup>	۲/۳۴ <sup>k-o</sup>	۱۰/۲۸ <sup>a-h</sup>	۱۱	
۴/۰۳ <sup>d-i</sup>	۲۰/۷۰ <sup>q-s</sup>	۱/۷۰ <sup>b</sup>	۳/۷۵ <sup>d-f</sup>	۱۲/۱۳ <sup>d</sup>	۱/۹۰ <sup>lm</sup>	۷/۱۴ <sup>g-m</sup>	۲/۳۳ <sup>m-o</sup>	۹/۹۹ <sup>d-l</sup>	۱۲	
۴/۰۳ <sup>d-i</sup>	۲۳/۳۰ <sup>cd</sup>	۱/۰۷ <sup>h-j</sup>	۳/۵۴ <sup>J-m</sup>	۱۱/۲۳ <sup>j-o</sup>	۲/۰۲ <sup>b-f</sup>	۷/۱۷ <sup>g-k</sup>	۲/۳۷ <sup>h-m</sup>	۹/۵۸ <sup>k-m</sup>	۱۳	
۴/۰۷ <sup>c-h</sup>	۱۸/۸۰ <sup>u</sup>	۱/۷۱ <sup>e-g</sup>	۳/۷۴ <sup>f-j</sup>	۱۱/۳۷ <sup>h-l</sup>	۱/۹۳ <sup>k-m</sup>	۷/۰۴ <sup>mn</sup>	۲/۴ <sup>g-m</sup>	۹/۵۸ <sup>k-m</sup>	۱۴	
۳/۵۰ <sup>i-n</sup>	۱۸/۷۰ <sup>u</sup>	۱/۴۸ <sup>no</sup>	۳/۵۵ <sup>i-m</sup>	۱۰/۳۰ <sup>tu</sup>	۱/۹۷ <sup>h-k</sup>	۷/۹۸ <sup>n</sup>	۲/۴۳ <sup>f-l</sup>	۹/۴۳ <sup>m</sup>	۱۵	
۳/۷۷ <sup>f-l</sup>	۱۷/۵۰ <sup>v</sup>	۱/۵۴ <sup>kl</sup>	۳/۴۸ <sup>lm</sup>	۱۰/۹۷ <sup>r</sup>	۲/۰۴ <sup>bc</sup>	۷/۱۲ <sup>h-m</sup>	۲/۷۰ <sup>ab</sup>	۹/۷۴ <sup>g-m</sup>	۱۶	
۴/۰۷ <sup>c-h</sup>	۲۲/۰۰ <sup>h-n</sup>	۱/۴۷ <sup>n-p</sup>	۳/۴۸ <sup>lm</sup>	۱۰/۵۸ <sup>s</sup>	۲/۰۵ <sup>ab</sup>	۷/۱۷ <sup>g-k</sup>	۲/۶۴ <sup>a-d</sup>	۱۰/۱۸ <sup>b-k</sup>	۱۷	
۳/۵۳ <sup>h-n</sup>	۲۳/۹۰ <sup>bc</sup>	۱/۴۹ <sup>m-o</sup>	۳/۶۹ <sup>e-g</sup>	۱۱/۱۸ <sup>n-q</sup>	۲/۰۲ <sup>b-e</sup>	۷/۴۸ <sup>c</sup>	۲/۷۰ <sup>a</sup>	۱۰/۲۴ <sup>A-i</sup>	۱۸	
۴/۴۰ <sup>cd</sup>	۲۲/۱۷ <sup>c-e</sup>	۱/۷۲ <sup>de</sup>	۳/۵۷ <sup>h-l</sup>	۱۱/۵۷ <sup>fg</sup>	۱/۹۹ <sup>d-h</sup>	۷/۱۲ <sup>h-m</sup>	۲/۴۹ <sup>c-k</sup>	۹/۸۷ <sup>f-l</sup>	۱۹	
۳/۰۷ <sup>n</sup>	۲۲/۰۳ <sup>d-f</sup>	۱/۰۹ <sup>f-h</sup>	۳/۵۰ <sup>lm</sup>	۱۱/۴ <sup>g-k</sup>	۲/۰۴ <sup>bc</sup>	۷/۱۵ <sup>g-l</sup>	۲/۵۲ <sup>a-k</sup>	۱۰/۲۴ <sup>b-j</sup>	۲۰	
۴/۲۲ <sup>c-f</sup>	۲۱/۰۷ <sup>o-r</sup>	۱/۴۳ <sup>q</sup>	۳/۵۱ <sup>lm</sup>	۱۰/۱۹ <sup>u</sup>	۲/۰۳ <sup>b-d</sup>	۷/۱۴ <sup>g-m</sup>	۲/۵۹ <sup>a-g</sup>	۱۰/۵۷ <sup>a-d</sup>	۲۱	
۳/۸۱ <sup>e-l</sup>	۲۲/۷۷ <sup>d-h</sup>	۱/۴۷ <sup>op</sup>	۳/۶۵ <sup>f-i</sup>	۱۰/۴۵ <sup>st</sup>	۱/۹۴ <sup>j-m</sup>	۷/۰۹ <sup>g-k</sup>	۲/۴۴ <sup>e-l</sup>	۹/۹۸ <sup>d-l</sup>	۲۲	
۳/۵۰ <sup>i-n</sup>	۲۲/۵۰ <sup>d-j</sup>	۱/۴۴ <sup>q</sup>	۳/۵۷ <sup>h-l</sup>	۱۰/۲۷ <sup>u</sup>	۱/۹۸ <sup>e-i</sup>	۷/۱۰ <sup>j-m</sup>	۲/۴۹ <sup>c-k</sup>	۹/۷۹ <sup>g-m</sup>	۲۳	
۳/۸۵ <sup>e-l</sup>	۲۱/۵۰ <sup>l-q</sup>	۱/۴۷ <sup>n-p</sup>	۳/۷۱ <sup>d-g</sup>	۱۰/۴۶ <sup>st</sup>	۱/۹۱ <sup>lm</sup>	۷/۱۰ <sup>j-m</sup>	۲/۲۷ <sup>l-o</sup>	۱۰/۱۰ <sup>c-k</sup>	۲۴	
۳/۷۳ <sup>g-m</sup>	۲۲/۷۳ <sup>d-i</sup>	۱/۵۵ <sup>i-k</sup>	۳/۵۲ <sup>k-m</sup>	۱۱/۱۰ <sup>P-r</sup>	۲/۰۲ <sup>b-e</sup>	۷/۱۴ <sup>g-m</sup>	۲/۶۷ <sup>a-c</sup>	۹/۶۰ <sup>j-m</sup>	۲۵	
۳/۷۴ <sup>f-l</sup>	۲۲/۰۰ <sup>d-f</sup>	۱/۶۳ <sup>de</sup>	۳/۶۷ <sup>f-h</sup>	۱۱/۶۳ <sup>ef</sup>	۱/۹۴ <sup>i-l</sup>	۷/۱۳ <sup>g-m</sup>	۲/۵۷ <sup>a-h</sup>	۱۰/۱۸ <sup>b-k</sup>	۲۶	
۴/۰۷ <sup>c-h</sup>	۲۴/۷۰ <sup>ab</sup>	۱/۰۹ <sup>f-h</sup>	۳/۴۷ <sup>m</sup>	۱۱/۳۰ <sup>i-o</sup>	۲/۰۵ <sup>ab</sup>	۷/۱۰ <sup>i-m</sup>	۲/۱۴ <sup>o</sup>	۹/۸۳ <sup>g-l</sup>	۲۷	
۳/۹۳ <sup>d-k</sup>	۲۱/۴۰ <sup>l-q</sup>	۱/۵۴ <sup>jk</sup>	۳/۶۲ <sup>g-k</sup>	۱۱/۱۰ <sup>o-q</sup>	۱/۹۹ <sup>d-h</sup>	۷/۲۱ <sup>gh</sup>	۲/۶۲ <sup>a-f</sup>	۹/۷۲ <sup>h-m</sup>	۲۸	
۳/۵۳ <sup>h-n</sup>	۱۸/۴۰ <sup>u</sup>	۱/۵۰ <sup>mn</sup>	۳/۹۹ <sup>b</sup>	۱۱/۵ <sup>f-h</sup>	۱/۹۱ <sup>lm</sup>	۷/۶۴ <sup>b</sup>	۲/۵۷ <sup>a-g</sup>	۱۰/۵۳ <sup>a-e</sup>	۲۹	
۴/۳۳ <sup>c-e</sup>	۲۱/۱۰ <sup>o-r</sup>	۱/۶۲ <sup>de</sup>	۳/۸۱ <sup>cd</sup>	۱۲/۵۹ <sup>c</sup>	۲/۰۳ <sup>b-d</sup>	۷/۷۴ <sup>a</sup>	۲/۳۷ <sup>i-n</sup>	۱۰/۳۳ <sup>a-g</sup>	۳۰	

ادامه جدول ۷

۵/۰۰ <sup>ab</sup>	۲۱/۲۶ <sup>m-r</sup>	۱/۴۷ <sup>n-p</sup>	۳/۷۴ <sup>d-f</sup>	۱۱/۳ <sup>i-o</sup>	۲/۰۴ <sup>bc</sup>	۷/۶۴ <sup>ab</sup>	۲/۵۰ <sup>b-k</sup>	۱۰/۶۰ <sup>a-c</sup>	۳۱
۴/۲۱ <sup>c-f</sup>	۲۱/۵۶ <sup>k-p</sup>	۱/۴۵ <sup>pq</sup>	۳/۵۰ <sup>lm</sup>	۱۰/۲۴ <sup>u</sup>	۲/۰۱ <sup>b-g</sup>	۷/۰۵ <sup>l-n</sup>	۲/۴۶ <sup>d-k</sup>	۹/۹۲ <sup>f-l</sup>	۳۲
۳/۴۷ <sup>j-n</sup>	۲۱/۵۳ <sup>l-q</sup>	۱/۴۸ <sup>no</sup>	۳/۸۹ <sup>bc</sup>	۱۱/۴۲ <sup>g-j</sup>	۱/۹۸ <sup>f-j</sup>	۷/۷۱ <sup>ab</sup>	۲/۴۱ <sup>g-m</sup>	۹/۹۴ <sup>e-l</sup>	۳۳
۳/۹۳ <sup>d-k</sup>	۲۲/۱۰ <sup>m</sup>	۱/۶۱ <sup>ef</sup>	۳/۷۳ <sup>d-f</sup>	۱۲/۰۴ <sup>d</sup>	۱/۹۹ <sup>d-h</sup>	۷/۴۴ <sup>cd</sup>	۲/۴۶ <sup>d-k</sup>	۱۰/۱۲ <sup>c-k</sup>	۳۴
۳/۱۹ <sup>mn</sup>	۱۹/۹۰ <sup>st</sup>	۱/۵۱ <sup>m</sup>	۳/۷۹ <sup>c-e</sup>	۱۱/۲۴ <sup>k-p</sup>	۱/۹۷ <sup>h-k</sup>	۷/۴۴ <sup>cd</sup>	۲/۳۵ <sup>i-n</sup>	۱۰/۲۵ <sup>a-h</sup>	۳۵
۳/۴۷ <sup>j-n</sup>	۲۲/۰۷ <sup>m</sup>	۱/۶۷ <sup>bc</sup>	۳/۶۴ <sup>f-j</sup>	۱۱/۸۰ <sup>e</sup>	۱/۹۳ <sup>k-m</sup>	۷/۰۴ <sup>mn</sup>	۲/۴۷ <sup>d-k</sup>	۹/۹۰ <sup>f-l</sup>	۳۶
۳/۹۶ <sup>d-k</sup>	۲۵/۰۰ <sup>a</sup>	۱/۵۸ <sup>gh</sup>	۳/۷۵ <sup>d-f</sup>	۱۱/۳۴ <sup>h-n</sup>	۱/۹۰ <sup>lm</sup>	۷/۱۴ <sup>g-m</sup>	۲/۳۵ <sup>i-n</sup>	۱۰/۲۲ <sup>a-i</sup>	۳۷
۳/۴۳ <sup>k-n</sup>	۲۰/۵۰ <sup>rs</sup>	۱/۵۱ <sup>lm</sup>	۳/۸۰ <sup>cd</sup>	۱۱/۳۵ <sup>h-m</sup>	۱/۹۷ <sup>g-k</sup>	۷/۵۰ <sup>c</sup>	۲/۵۹ <sup>a-g</sup>	۹/۹۶ <sup>d-l</sup>	۳۸
۵/۰۳ <sup>ab</sup>	۲۱/۸۷ <sup>o</sup>	۱/۶۳ <sup>de</sup>	۳/۶۲ <sup>g-k</sup>	۱۲/۰۶ <sup>d</sup>	۲/۰۳ <sup>b-d</sup>	۷/۳۶ <sup>de</sup>	۲/۴۶ <sup>d-k</sup>	۹/۲۰ <sup>m</sup>	۳۹
۵/۲۱ <sup>a</sup>	۲۲/۱۰ <sup>m</sup>	۱/۵۹ <sup>f-h</sup>	۳/۷۹ <sup>c-e</sup>	۱۱/۴۶ <sup>g-i</sup>	۱/۹۰ <sup>m</sup>	۷/۲۰ <sup>g-j</sup>	۲/۴۲ <sup>g-m</sup>	۱۰/۲۴ <sup>a-h</sup>	۴۰
۰/۵۳۶۹	۰/۸۶۰۴	۰/۰۲۹۵	۰/۱۰۹	۰/۱۷۱۸	۰/۰۴۴۳	۰/۱۰۳۹	۰/۱۹۸	۰/۶۰۰۴	LSD

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

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. به طور 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 متدائل 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 ژنتوپ‌های مورد بررسی در آزمایش گزارش کردند که اغلب ژنتوپ‌ها با طول دانه بیش از ۶ میلی‌متر و جزء ژنتوپ‌های

بیشترین عرض شلتوك با میانگین ۲/۷ میلی‌متر مربوط به ژنتوپ ۲-۱۵-۲-BC3F4 (لاین ۱۸) و بعد از آن ژنتوپ‌های BC2F4-11-8-1 و BC2F4-11-7-1 با میانگین ۲/۶۹ میلی‌متر بود. کمترین عرض شلتوك در ژنتوپ BC2F4-22-1 (لاین ۲۷) با میانگین ۲/۱۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

ژنتوپ BC2F4-37-2-3 (لاین ۳۰) با میانگین ۷/۷۴ میلی‌متر بلندترین طول دانه را به خود اختصاص داد، بعد از آن ژنتوپ‌های BC2F4-18-2-1 (لاین ۸)، BC3F4-36-5-1 (لاین ۳)، BC2F4-37-3-1 (لاین ۳۱)، BC2F4-37-3-1 (لاین ۳۳)، ۷/۷۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند که تفاوت معنی‌داری از هم نداشتند. کوتاه‌ترین طول دانه هم مربوط به ژنتوپ BC2F4-19-3-1 (لاین ۱۵) با میانگین ۷/۹۸ 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 ۷/۸ میلی‌متر جزء ارقام دانه بلند تقسیم می‌شوند (جدول ۳)، البته با

در صفت طول دانه پخته، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ BC2F4-11-7-1 با میانگین ۱۳/۵ میلی‌متر و در مرتبه بعدی ژنوتیپ BC2F4-18-2-1 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)، به ترتیب با میانگین ۱۰/۲، ۱۰/۲ و ۱۰/۳ میلی‌متر و با اختلاف غیرمعنی دار 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، بهاری افغانستان، دم‌سیاه ایران صد درصد در هنگام پخت انبساط طولی دارند (۵). مؤمنی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که در بررسی نتایج ارزیابی خصوصیات کیفی دانه، نسبت طویل شدن دانه پس از پخت به عنوان 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 با میانگین ۱/۸۲ بیشترین میزان ری‌آمدن را به خود اختصاص داد و بعد از آن ژنوتیپ‌های BC2F4-11-BC2F4-5-1-2، BC2F4-11-BC2F4-4-10-1، BC2F4-11-9-1، BC2F4-11-9-1، BC3F4-4-10-1، BC3F4-15-11-4 با میانگین ۱/۴۳ و ۱/۴۴ 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، طوری که حتی قیمت ارقام محلی نیز تحت تاثیر این صفت است. مثلاً ارقام صدری مانند دم‌سیاه که میزان ری‌آمدن بیشتری دارند در بازار نیز قیمت بالاتری نسبت به سایر ارقام

دانه بلند بودند و از بین آن‌ها لاین ۸۳۱ (IRFAON12) با بلندترین طول دانه نسبت به بقیه لاین‌ها برتری داشته‌اند. 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 ۱/۶۲ 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 با بلند می‌باشد که نسبت بیش از ۳ دارند (۱۰). البته در ارقام پرمحصول نیز اندازه دانه نشان داد که ژنوتیپ BC2F4-18-6 (لاین ۱۰) بیشترین نسبت و بعد از آن ژنوتیپ BC2F4-37-2 (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 ۳/۴۵ و BC2F4-22-1-2 (لاین ۲۷) با میانگین ۳/۴۶ 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 عمده‌تاً شامل طول دانه و نسبت طول به عرض (شکل دانه) بود و سهم بسزایی در بازار پسندی 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).

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 (۳۴).

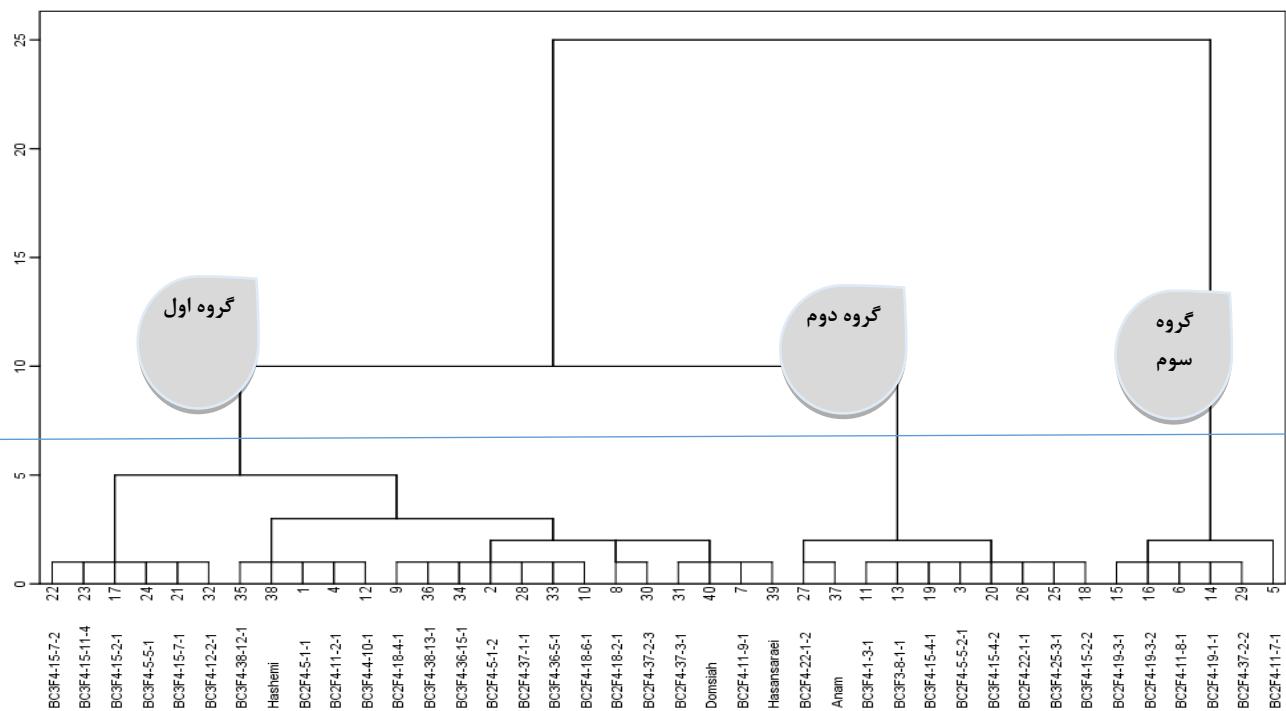
بالاترین دمای ژلاتینه شدن مربوط به رقم شاهد دم‌سیاه با میانگین ۵/۲۱ و بعد از آن رقم شاهد حسن‌سرایی با میانگین ۵/۰۳ و ژنتوتیپ ۳-۴-۳-BC2F4، (لاین ۳۱) با میانگین ۵، که اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند. پایین‌ترین دمای ژلاتینه شدن هم مربوط به ژنتوتیپ ۴-۲-BC3F4-۱۵-BC، (لاین ۲۰) با میانگین ۲/۰۶ و در مرتبه بعدی ژنتوتیپ‌های ۱-۲-BC2F4-۵-۱-BC، (لاین ۲) با میانگین ۳/۱۶، ژنتوتیپ ۱-BC2F4-۵-۱-BC، (لاین ۱) با میانگین ۳/۱۸ و ژنتوتیپ ۱-BC3F4-۳۸-۱۲-BC، (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 ۳-۲۳ قرار گرفتند که یک محدوده مناسب برای ارقام ایرانی و موردن پستد و سلیقه مصرف کنندگان ایرانی است. دمای ژلاتینی شدن پایین یا متوسط یک خصوصیت مطلوب برای رقم برنج با کیفیت بالا است (۴). طبق شاخص‌های 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. درحالی که در ارقام با دمای ژلاتینه پایین برنج‌های پخته حالت چسبنده دارند (۸).

### تجزیه خوشه‌ای

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

محلى 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 گرینش 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 ۲۴/۷ درصد در ژنتوتیپ ۲-BC2F4-۲-۱-BC، (لاین ۲۷) اندازه‌گیری شد که نتایج مقایسه میانگین تفاوت معنی‌داری در مقدار آمیلوز در این دو نشان نداد. پایین‌ترین میزان آمیلوز هم متعلق به ژنتوتیپ ۲-BC2F4-۱۹-۳-BC، (لاین ۱۶) با میانگین ۱۷/۵ درصد و بعد از آن ژنتوتیپ‌های ۱-BC2F4-۱۱-۷-BC، (لاین ۵)، ۱-BC2F4-۱۹-۱-BC، (لاین ۱۴)، ۱-BC2F4-۱۹-۳-BC، (لاین ۱۵) و ۲-BC2F4-۳۷-BC، (لاین ۱۸) به ترتیب با میانگین آمیلوز ۱۸/۶، ۱۸/۸، ۱۸/۹ و ۱۸/۴ درصد اندازه‌گیری شد، که تفاوت معنی‌داری در این ژنتوتیپ‌ها از لحاظ میزان آمیلوز دیده نمی‌شود. میزان آمیلوز لاین‌های مورد بررسی بجز (لاین ۲۷) بقیه در محدوده متوسط ۱۸ تا ۲۴ درصد بود که البته با توجه به اینکه لاین‌های مورد بررسی از جمعیت‌های حاصل دو تا سه بار تلاقی با ارقام محلی به دست آمده‌اند، این میزان آمیلوز دور از انتظار نبود. شایان ذکر است ارقام دارای درصد آمیلوز بالا به علت 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 خوارک داشته و مقدار کم آن باعث می‌شود که برنج حالت چسبنده و لعاب دار پیدا کرده و از نظر حجم، انبساط پیدا نکند. درحالی که مقدار زیاد آن موجب سفت و خشک شدن برنج پخته می‌شود. بنابراین



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشای به روش وارد (Ward) جهت گروه‌بندی ژنتیپ‌های برنج مورد مطالعه

لاین‌های ۳۶، ۳۷، ۲۲، ۲۳، ۱۷، ۲۴، ۱۱، ۱۲، ۴، ۱، ۳۵، ۳۲، ۲۱، ۲۴، ۱۷، ۲۳، ۲۲، ۲۰، ۱۰، ۳۰، ۸، ۳۱، ۳۰ و ۷ و گروه دوم، شامل رقم شاهد ۲۵، ۲۶، ۲۰، ۳، ۱۹، ۱۳، ۱۱، ۲۷، آنام و لاین‌های ۱۴، ۱۶، ۱۵، ۲۹، ۱۰ و ۱۸ بودند. گروه سوم هم لاین‌های ۱۵، ۱۰، ۲۹، ۱۴، ۶، ۱۶، ۱۵، ۲۹ و ۵ را به خود اختصاص داد.

قرار گرفتن غالب ژنتیپ‌ها 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.

ژنتیپ‌های مختلف بر اساس صفات مختلف مورفولوژیکی، عملکردی و ... است. تجزیه خوشای 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 بهنزاوی را افزایش می‌دهد (۳۲).

بدین منظور در مطالعه حاضر از تجزیه خوشای 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 صحبت گروه‌بندی برابر با ۹۵ درصد بود و بین گروه‌های ایجاد شده با مقدار لاندای ویلک برابر با  $P < 0.01$ ، معنی دار (P<0.01) بود.

گروه اول که دارای بیشترین تعداد عضو (۲۴ عضو) هستند، شامل ارقام شاهد محلی هاشمی، حسن‌سرایی، دمسیاه و

## جدول ۸. میانگین و انحراف از میانگین کل صفات گروه‌های حاصل از تجزیه خوش‌ای

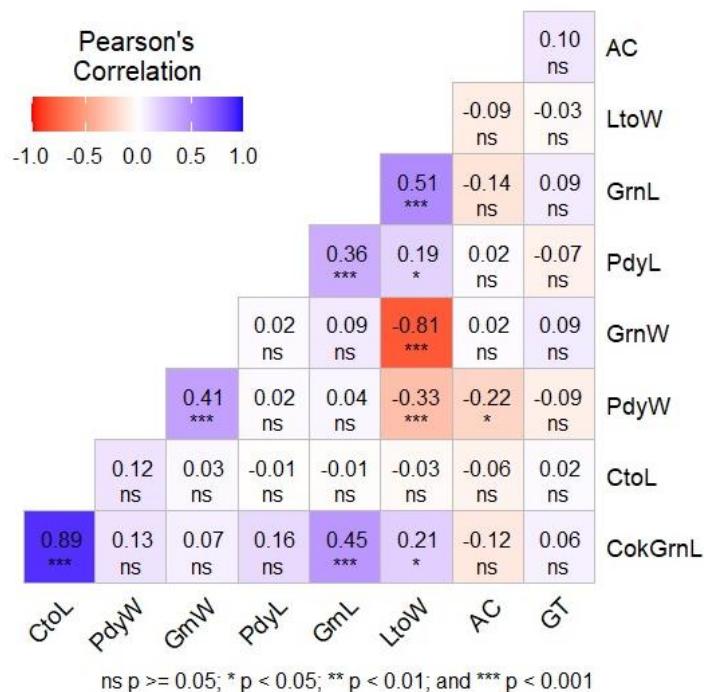
صفت	میانگین $\pm$ خطای استاندارد			درصد انحراف از میانگین کل			
	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳	میانگین کل	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳
طول شلتوك (میلی‌متر)	۹/۹۹ $\pm$ ۰/۴۵	۹/۹۱ $\pm$ ۰/۳۶	۹/۹۲ $\pm$ ۰/۴۹	۹/۹۶ $\pm$ ۰/۴۳	۰/۳۴	-۰/۵۵	-۰/۴۵
عرض شلتوك (میلی‌متر)	۲/۴۸ $\pm$ ۰/۱۳	۲/۴۷ $\pm$ ۰/۱۷	۲/۵۸ $\pm$ ۰/۱۴	۲/۴۹ $\pm$ ۰/۱۴	-۰/۵۴	-۰/۸۸	۳/۶۱
طول دانه سفید (میلی‌متر)	۷/۲۹ $\pm$ ۰/۲۳	۷/۱۸ $\pm$ ۰/۱۱	۷/۲۲ $\pm$ ۰/۲۶	۷/۲۵ $\pm$ ۰/۲۱	۰/۰۱	-۰/۹۹	-۰/۴
عرض دانه سفید (میلی‌متر)	۱/۹۷ $\pm$ ۰/۰۹	۲ $\pm$ ۰/۰۵	۱/۹۷ $\pm$ ۰/۰۵	۱/۹۸ $\pm$ ۰/۰۸	-۰/۳۱	۱	-۰/۴۲
طول دانه پخته (میلی‌متر)	۱۱/۴۵ $\pm$ ۰/۷۷	۱۱/۳۰ $\pm$ ۰/۱۹	۱۱/۶۳ $\pm$ ۱/۱۱	۱۱/۴۴ $\pm$ ۰/۷۳	۰/۰۹	-۱/۱۹	۱/۶۳
نسبت طول به عرض دانه	۳/۷۰ $\pm$ ۰/۱۹	۳/۵۹ $\pm$ ۰/۰۹	۳/۶۶ $\pm$ ۰/۱۹	۳/۶۶ $\pm$ ۰/۱۸	۰/۸۹	-۲/۰۷	-۰/۱۱
ری‌آمدن	۱/۵۷ $\pm$ ۰/۰۹	۱/۵۷ $\pm$ ۰/۰۴	۱/۶۱ $\pm$ ۰/۱۳	۱/۵۷ $\pm$ ۰/۰۹	-۰/۴۶	-۰/۱۹	۲/۱۴
آمیلوز (درصد)	۲۱/۵۸ $\pm$ ۰/۶۸	۲۳/۴۸ $\pm$ ۰/۷۹	۱۸/۵۵ $\pm$ ۰/۵۷	۲۱/۶۰ $\pm$ ۱/۶۷	-۰/۰۹	۸/۷۰	-۱۴/۱۳
دماهی ژلاتینه‌شدن	۳/۹۱ $\pm$ ۰/۵۷	۳/۹۰ $\pm$ ۰/۴۴	۳/۸۳ $\pm$ ۰/۲۷	۳/۹۰ $\pm$ 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.						

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 ۶ لاین از نظر صفات، طول دانه پخته و میزان ری‌آمدن، میانگین‌های بالاتری را به خود اختصاص دادند، و در صفت دماهی 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 (۳۴)، لذا از این منظر، این گروه از مطلوبیت پایینی در بین مصرف کنندگان ایرانی برخوردار است.

به منظور 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 شلتوك و طول دانه دارای میانگین بالاتر از دو گروه دیگر قرار دارد و همراه با ارقام شاهد محلی (هاشمی، حسن‌سرایی و دمسیاه) در گروه آمیلوز متوسط (۲۰-۲۵ 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 خوردنگی است (۹)، از نظر زانقه مصرف‌کنندگان ایرانی، بازار پسندی و مطلوبیت، این گروه واجد بهترین لاین‌های این تحقیق بودند.



شکل ۳. ضرایب همبستگی صفات مختلف در ژنتیپ‌های برنج

طول دانه شلتونک (PdyL)، عرض دانه خام (GrnW)، عرض شلتونک (GmW)، ری آمدن (CtoL)، طول دانه پخته (LtoW)، دمای ژلاتینی شدن (GmL)، مقدار آمیلوز (AC)، نسبت طول به عرض یا شکل دانه (Pdyl)، طول دانه خام (GmL)، ری آمدن (GmL)، طول دانه خام (GmL)، طول دانه شلتونک (PdyL)، عرض دانه خام (GrnW)، ری آمدن (CtoL)، طول دانه پخته (LtoW)، دمای ژلاتینی شدن (GmL).

\* و \*\* به ترتیب معنی داری در سطح پنج و یک درصد را نشان می‌دهد.

آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن با هیچ کدام از صفات موافق نیزیکی مورد بررسی، همبستگی معنی داری مشاهده نشد.

### بررسی ضرایب همبستگی

بررسی ارتباط با محاسبه ضرایب همبستگی خطی بین صفات مختلف باعث می‌شود تا بتوان ضمین تعیین وجود یا عدم وجود ارتباطات معنی دار بین صفات و شناسایی صفات مرتبط با یکدیگر، برای اهداف مختلف بهترادی استفاده کرد. در پژوهش حاضر ضرایب همبستگی بین ۹ صفت محاسبه و در شکل ۳ ارائه شده است. بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار بین میزان ری آمدن با طول دانه پخته (۰/۸۹\*\*) برآورد شد. بیشترین همبستگی منفی و معنی دار 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 ری آمدن همبستگی منفی و غیرمعنی داری را نشان داد. همچنین بر اساس نتایج، بین میزان

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که برخی لاین‌های مورد مطالعه، از نظر طول و عرض شلتونک و دانه‌ی سفید، جزو لاین‌های دانه‌ی بلند هستند. لاین‌های BC2F4-18-2-1 و BC2F4-37-2-3 (لاین‌های ۳۰ و ۸) بیشترین طول شلتونک، 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 ری آمدن که از ویژگی‌های کیفی مهم هستند، در اکثر لاین‌ها در سطح مطلوبی قرار داشتند. بر اساس تجزیه خوشای، لاین‌های گروه اول به دلیل میانگین دمای ژلاتینه شدن بالا و درصد آمیلوز متوسط، در

## تشکر و قدردانی

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

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.

## منابع

- 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).
- 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.
- 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).
- 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).
- Dela Cruz, N. and G. S. Khush. 2000. Aromatic Rices. Science Publishers Inc., Enfield.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2023. Statistics: FAOSTAT agriculture. <http://fao.org/crop/statistics>. Accessed 27 July 2023.
- 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).
- 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).
- 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).
- Habibi, F. 2013. Experimental Methods for Measuring Quality Characteristic in Rice Grain. Rice Research Institute of Iran, Rasht.
- 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.
- 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.
- 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 1<sup>th</sup> International Congress and the 13<sup>th</sup> Iranian Crop Science and Plant Breeding Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology conference, Seedling and Seed Breeding Research Institute, 4-6 Shahriar, Karaj, Iran. (In Farsi).
- 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.
- IRRI. 2013. Standard Evaluation System for Rice (5th ed.). International Rice Research Institute Publication, Los Baños, Philippines.
- Juliano, B. O. 1971. A simplified assay of milled rice amylase. *Cereal Science Today* 16: 334-339.
- 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).