نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۱(۶۵)، بهار ۱۴۰۲، صفحه ۳۴-۱۵

مقاله پژوهشی DOI:10.30495/JCEP.2023.1926035.1785

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر ویژگی‌های زراعی و کیفیت دانه ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa* L.)

معصومه حبیبی[۱]، پوریا مظلوم[۲]، مرتضی نصیری [۳*]، علی افتخاری[۲] و مرتضی مبلغی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

چکیده

وقوع کم‌آبی یا تنش خشکی در طی رشد گیاه افزون بر کاهش عملکرد، کاهش کیفیت فیزیکی و پخت دانه برنج را نیز به‌همراه دارد. از این رو، پژوهش حاضر جهت ارزیابی رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و صفات کیفی ۱۰ ژنوتیپ برنج در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (معاونت مازنداران-آمل) در سال زراعی ۱۳۹۶ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با عامل اصلی شامل روش‌های آبیاری در سه سطح غرقابی (Flood Irrigation)، روش تر و خشک شدن تناوبی با سطح ایستایی ۱۰ (AWD10) و ۲۰ (AWD20) سانتی‌متری زیر سطح خاک و عامل فرعی شامل ۱۰ ژنوتیپ برنج انجام شد. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف آبیاری فقط بر طول دانه قبل از پخت، دانه خرد، محتوی آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن از نظر آماری معنی‌دار بود. در میان ژنوتیپ‌ها، ندا با میانگین ۶۹۰۱/۷ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، شاخص برداشت با میانگین ۴۴/۲ درصد، راندمان تبدیل با میانگین ۷۲/۳ درصد و درصد دانه سالم را با میانگین ۶۵/۳ درصد بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد. بیشترین درجه تبدیل (۹۰ درصد)، طول دانه بعد از پخت (۱۳/۲ میلی‌متر)، نسبت طویل شدن (دو میلی‌متر) و دمای ژلاتینی (۵/۶) به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های وندانا، IR74428-153-2-3، فیروزان و IR70416-53-2-2 تعلق داشت. به‌طورکلی، با توجه به اینکه صفات مهم کمی و کیفی ژنوتیپ‌ها در تیمارهای رژیم آبی تفاوتی با روش غرقابی نداشت، در نتیجه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جهت کاشت در مناطقی با کمبود آب آبیاری قابل توصیه می‌باشد. لازم به ذکر است که ژنوتیپ ندا به‌دلیل افزایش چند صفت مهم کمی و کیفی نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ برتر می‌باشد.

واژگان کلیدی: آمیلوز، درجه تبدیل، دمای ژلاتینی، کم‌آبیاری.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحدچالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.
۲- استادیارگروه زراعت، واحدچالوس، دانشگاه آزاداسلامی، چالوس، ایران.
۳- استادیار، موسسه تحقیقات برنج، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران.
نگارنده‌ی مسئول m_nasiri1@yahoo.com

مقدمه

برنج یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است (Ghosh and Chakma, 2015) که نزدیک به ۹۰ تا ۹۱ درصد آن در آسیا تولید و مصرف می‌گردد (Anonymus, 2012). روش آبیاری در زراعت برنج، با توجه به دمای محیط و دوره رشد به ۱۹۰۰ تا ۵۰۰۰ لیتر آب برای تولید یک کیلوگرم دانه نیاز دارد. با توجه به افزایش جمعیت، ضرورت افزایش تولید برنج بیش از پیش احساس می‌گردد. از طرف دیگر، پیش‌بینی‌های زمان حاضر و آینده حاکی از افزایش تقاضا برای تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. در نتیجه، تلفیقی از روش‌های نوین آبیاری و ژنوتیپ‌های جدید مقاوم به خشکی جهت کاهش مصرف آب بدون اثر بر عملکرد کمی و کیفی برنج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Panda *et al*., 2020).

بر طبق پژوهش‌های انجام شده، رژیم آبیاری تر و خشک شدن تناوبی خاک منجر به کاهش مصرف آب تا ۳۵ درصد (Zhang *et al*., 2009)، بهبود کارآیی مصرف آب (Thakur *et al*., 2018) و حفظ یا افزایش عملکرد محصول می‌شود (Song *et al*., 2018). افزون بر این، آبیاری تر و خشک شدن تناوبی می‌تواند انتشار متان را در شالیزارها کاهش دهد (Yang *et al*., 2017). لاهو و همکاران (LaHue *et al*., 2016) کاهش ۸۷-۶۰ درصدی انتشار متان را با استفاده از روش AWD (Alternate wetting and Drying) در یک مزرعه در کالیفرنیا گزارش کردند. لاگومارسینو و همکاران (Lagomarsino *et al*., 2016) نشان دادند که عملکرد دانه برنج تحت تأثیر AWD قرار نگرفت و از سوی دیگر، ۷۰ درصد در مصرف آب و ۹۷ درصد انتشار متان نسبت به مزارع غرقاب کاهش یافت.

با وجود کاهش عملکرد در صورت کاهش آب خاک (Tuong and Bouman, 2003)، گیاه به‌وسیله سازوکارهای محتلفی از جمله تغییر در مورفولوژی، الگوی نمو و واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، توانسته‌اند به انواع تنش‌ها از جمله خشکی، سازگار گردند. بنابراین، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کاربرد زیادی در کشاورزی دارد. در صورت شناسایی عوامل فیزیولوژیکی تحمل به تنش خشکی، به‌نژادگران می‌توانند از صفات فیزیولوژیکی به‌عنوان شاخص گزینشی در جمعیت‌های بزرگ استفاده کنند (Hamada, 2000).

امروزه، با افزایش استاندارد زندگی، بهبود در کیفیت ظاهری، پخت و خوراک دانه برنج به اندازه عملکرد آن، به‌عنوان یک اولویت مطرح می‌گردد. کیفیت دانه، در برنج ویژگی پیچیده‌ای است که متأثر از ژنوتیپ گیاه و محیطی است که در آن کشت می‌شود (Darzi *et al*., 2018). در این راستا، نقش مدیریتی پیـرامون گیاه از جمله رژیم‌های مختلف آبیاری بسیار مهم است (Gilani *et al*., 2012; Rabiei *et al*., 2004). از آنجایی‌که، آمیلوز، آمیلوپکتین و دمای ژلاتینه شدن از مهم‌ترین صفات کیفی برنج می‌باشد (Rabiei and Tayefeh, 2015; Gnanamalar and Vivekanandan, 2013)، پژوهش‌گران برنج به‌دنبال دست‌یابی به رقم‌هایی با مقدار آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینی شدن متوسط هستند. همچنین، درصد استحصال برنج سفید از شلتوک (راندمان تبـدیل) و ویـژگی‌های فیزیکی دانه به‌عنوان یکی دیگر از جنبه‌های کیفی، افزون بر نقش تغذیه‌ای به‌علت تأثیرگذاری بر ضایعات، قیمت و بازارپسندی، مقبولیت توسط مصرف‌کنندگان و درآمد نهایی از

جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Kheyri *et al.*, 2018).

ایران با قرار گرفتن در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید. با توجه به نیاز کشور به برنج و کمبود آب برای آبیاری، کاربرد روش‌هایی که بتواند ضمن صرفه‌جویی در آب، عملکرد قابل قبولی نیز به‌دست آورد، امری ضروری است. به همین دلیل بررسی توان مقاومت رقم‌های برنج به کمبود آب می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد (Mohammadi *et al.*, 2015). تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در شالیزارهای ایران انجام گرفته است و گزارش‌های بسیاری درباره تأثیر آبیاری تناوبی در کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری آب منتشر شده است. رضوی‌پور و همکاران (Razavipor *et al.*, 2000) گزارش کرده‌اند که برنج می‌تواند در رطوبت‌های بدون غرقاب، رشد خوبی داشته و تا زمانی که رطوبت خاک از حد ۸۰ درصد اشباع پایین‌تر نرفته است، عملکرد آن کاهش نیافته حتی از رشد مناسب نیز برخوردار بوده و دانه و ساقه‌های آن بدون کوچک‌ترین خسارت دارای کیفیت ظاهری خوبی خواهند بود. بر همین اساس، با تغییر شیوه آبیاری از غرقابی به تناوبی می‌توان بدون کاهش عملکرد و یا با درصد قابل قبولی از کاهش عملکرد کمی و کیفی برنج، در مصرف آب صرفه‌جویی نمود (Usefian *et al.*, 2014). در نتیجه، فناوری‌های کم‌آبیاری، به‌منظور بهره‌وری بیشتر از منابع محدود آب، راهکاری علمی در جهت کاهش مصرف آب به‌شمار می‌رود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر، از میان ۵۶ ژنوتیپ داخلی و خارجی بر اساس تعیین مکانیسم‌های تحمل به تنش خشکی، از قبیل صفات مورفوفیزیولوژیک مانند وزن خشک ریشه و اندام هوایی، ارتفاع و سطح برگ، محتوی نسبی آب برگ، نفوذپذیری نسبی غشا و صفات مرتبط با رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئید)، عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II و سرعت انتقال الکترون، مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل، مقیاس لوله‌ای و خشک شدن برگ و سایر صفات مرتبط با تحمل خشکی، در ارزیابی گلخانه‌ای انتخاب شدند (Nasiri *et al.*, 2020). در مجموع، هدف تحقیق حاضر بررسی روش آبیاری تر و خشک متناوب در ژنوتیپ‌های انتخابی برنج به‌منظور تعیین بهترین تیمار آبی دوره آبیاری در رابطه با حفظ و پایداری صفات کمی و کیفی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران- آمل با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۲۹/۸ متر از سطح آزاد آب در سال زراعی ۱۳۹۶ اجرا شد. جداول ۱ و ۲ به‌ترتیب شامل وضعیت هواشناسی در طول دوره رشد گیاه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش می‌باشد. مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش ۱۰ ژنوتیپ مختلف برنج از منشا متفاوت شامل IR74428-153-2-3، IR75482-149-1-1، IR70416-53-2-2 (لاین‌های کیفی ارسالی از ایری)، IR79907-B-493-3-3-1 (لاین هوازی ارسالی از ایری)، G28 (لاین امیدبخش از استان فارس)، Firozan (استان اصفهان)، Vandana (لاین متحمل به خشکی به‌عنوان شاهد متحمل، از هند)، Shiroodi، Keshvari و Neda (ارقام برنج از استان مازندران) بودند. ویژگی‌های مهم

ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۳ ارایه شده است.

در این پژوهش، عامل اصلی روش آبیاری در سه سطح شامل آبیاری غرقابی (A_0)، آبیاری تر و خشک شدن متناوب (AWD) به‌ترتیب تا عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک (A_1 و A_2) و عامل فرعی ژنوتیپ برنج در ۱۰ سطح بود که به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. برای اجرای آزمایش، ابتدا بذرهای مورد نظر جوانه‌دار شده و سپس در خزانه بذرپاشی و در مرحله سه تا چهار برگی نشاها، مزرعه اصلی بر اساس نقشه طرح منتقل گردیدند. جهت اجرای روش آبیاری تر و خشک شدن تناوبی، تعداد سه لوله (سیلندر) یو پی وی سی، با قطر و طول به ترتیب ۱۵ و ۴۰ سانتی‌متر در خاک تعبیه شد. به طوری‌که، ۳۰ سانتی‌متر در داخل خاک و ۱۰ سانتی‌متر بالای سطح خاک قرار داشت (شکل ۱). با توجه به دو تیمار آبیاری تر و خشک شدن تناوبی، هنگامی که کاهش عمق آب به ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک رسید آبیاری دوباره تا پنج سانتی‌متر بالای سطح خاک انجام گرفت. برای تیمار آبیاری غرقابی، آب در تمام طول دوره رشد به‌صورت غرقاب و تا پنج سانتی‌متر بالای سطح خاک نگه داشته شد. محاسبه مقدار آب در هر بار آبیاری نیز بر اساس دبی آب خروجی که سه لیتر در ثانیه بود و با تعیین زمان میزان آب مصرفی برای هر کرت تا ارتفاع پنج سانتی‌متر، اندازه‌گیری شد (Nasiri *et al.*, 2020).

پس از رسیدگی و برداشت محصول، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و ویژگی‌های کیفی دانه از جمله درصد پوسته، درصد سبوس، درجه تبدیل، راندمان تبدیل، درصد دانه سالم، درصد دانه خرد، طول دانه قبل و پس از پخت، نسبت طویل شدن، مقدار آمیلوز و دمای ژلاتینه بر اساس روش‌های زیر اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری این صفات ۳۰۰ گرم شلتوک از هر یک از تیمارها به‌طور تصادفی انتخاب و پس از خشک شدن تا رطوبت ۱۰ درصد، با استفاده از دستگاه‌های پوست‌کن و پولیش، برنج سفید به دست آمد. سپس برنج سالم و خرد جدا و هر یک جداگانه وزن شدند. در نهایت با تناسب درصد آنها محاسبه گردید. اندازه‌گیری مقدار آمیلوز بر اساس روش استاندارد مرکز تحقیقات بین‌المللی برنج در فیلیپین، در دو مرحله انجام گرفت. در مرحله اول آماده‌سازی نمونه‌ها و استانداردها برای اندازه‌گیری آمیلوز انجام شد و در مرحله بعد با استفاده از نمونه‌های استاندارد، اندازه‌گیری آمیلوز صورت گرفت. جهت تعیین درجه حرارت ژلاتینی شدن برنج از روش لیتل و همکاران (Little *et al.*, 1958) استفاده گردید. بدین منظور از میزان تأثیر محلول هیدروکسید پتاسیم ۱/۷ درصد بر نمونه‌های برنج (۱۲ دانه سالم به‌صورت دو نمونه شش تایی) استفاده شد. بر این اساس تیمارهای مورد بررسی به شرح زیر رتبه‌بندی شدند:

رتبه ۱- محلول هیدروکسید پتاسیم کاملاً بی‌تأثیر و دانه‌ها سالم، رتبه ۲- دانه‌ها سالم و متورم، رتبه ۳- دانه‌ها متورم و لایه خارجی سست و نازک، رتبه ۴- دانه‌ها متورم با ترک‌های عرضی و زمینه ابری سیر، رتبه ۵- دانه‌ها خمیده و دارای ترک‌های طولی و عرضی و لایه خارجی به‌طور کامل داخل محلول پخش شده، رتبه ۶- دانه‌ها کاملاً پاشیده شده و رتبه ۷- دانه‌ها کاملاً حل شده و اثری باقی نگذاشته‌اند (بی‌رنگ). برای اندازه‌گیری طویل شدن دانه پس از پخت، از روش

عزیز و شافی (Aziz and Shafee, 1996) استفاده گردید.

راندمان تبدیل، درجه تبدیل، درصد پوسته و برنج سالم نیز طبق رابطه‌های زیر محاسبه شد (Khush *et al*., 1979).

رابطه (۱) راندمان تبدیل:

$$Milling\ Effeciency = \frac{\text{وزن کل برنج سفید}}{\text{وزن شلتوک}} \times 100$$

رابطه (۲) درجه تبدیل

$$Milling\ Degree = \frac{\text{وزن کل برنج سفید}}{\text{وزن برنج قهوه‌ای}} \times 100$$

رابطه (۳) درصد برنج سالم

$$Healthy\ Grain = \frac{\text{وزن دانه کامل}}{\text{وزن شلتوک}} \times 100$$

شکل ۱- نحوه قرارگیری لوله‌ها در مزرعه

تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترهای لازم، با استفاده از نرم افزار SAS (Anonymus, 1997) انجام و میانگین تیمارها توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) حاکی از معنی‌داری تیمارهای آبیاری بر طول دانه قبل از پخت، دانه خرد، محتوی آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن ($p<0.01$) بود و بر سایر صفات معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس همچنین حکایت از اثر معنی‌دار ژنوتیپ بر تمامی صفات مورد مطالعه داشت. در حالی که برهمکنش تیمارها بر درصد پوسته، دانه سالم و خرد معنی‌دار شد.

بر اساس مقایسه میانگین (جدول ۵) بیشترین طول دانه قبل از پخت در تیمارهای آبیاری مجدد تا ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک، بدون اختلاف معنی‌دار، با میانگین هفت میلی‌متر به‌دست آمد. در حالی که تیمار شاهد دارای میانگین ۶/۸ میلی‌متر بود. اگرچه، AWD منجر به کاهش صفات کمی و کیفی در برنج می‌گردد (Hosain *et al*., 2020)، در پژوهش حاضر، این صفات در تیمارهای کم‌آبیاری بیش از شرایط طبیعی و یا بدون تفاوت با آبیاری غرقاب بود که ممکن است افزون بر تحمل ژنوتیپ‌ها به خشکی، به دو دلیل دیگر باشد. نخست اینکه کاهش مصرف آب در حدی نبود که اثر منفی بر مکانیسم‌های فیزیولوژی گیاه برنج وارد کند که با پژوهش بومن و همکاران (Bouman *et al*., 2007) مطابقت دارد. دوم، ژنوتیپ‌های انتخابی به دلیل قرارگیری در معرض خشکی‌های متعدد، عمق و حجم ریشه آنها افزایش یافته و توانسته‌اند مقدار آب مورد نیاز خود را از عمق‌های بیشتری تأمین نمایند. گزارش شده است که برنج در شرایط تنش خشکی، با افزایش رشد ریشه‌ها رفتارهای اجتناب از خشکی را نشان می‌دهد و با انتقال پیام از ریشه به بخش هوایی، نرخ رشد جهت سازگاری با شرایط موجود را تنظیم می‌کند (Hadiarto and Tran, 2011; Yoo *et al*., 2010). همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌گردد، رقم ندا با میانگین ۶۹۰۱/۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد. رقم IR70416-53-2-2، شیرودی، وندانا، فیروزان و IR75482-149-1-1 نیز با ندا در گروه آماری

مشترکی قرار داشتند. کمترین مقدار نیز با میانگین ۲۲۹۹/۳به ژنوتیپ G28 اختصاص داشت که با ژنوتیپ AR8 دارای حرف مشترک آماری بود. همچنین، بیشترین عملکرد زیستی معادل کیلوگرم در هکتار در ژنوتیپ AR8 مشاهده شد که با ژنوتیپ وندانا، IR74428-153-2-3 و شیرودی حرف مشترک آماری داشت. کمترین مقدار نیز با میانگین ۱۳۷۰۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به ژنوتیپ فیروزان بود که با ژنوتیپ‌های G28، IR70416-53-2-2و وندانا تفاوت معنی‌داری نشان نداد. واکنش متفاوت عملکرد دانه ارقام مختلف برنج در پژوهش طبخکار و همکاران (Tabkhkar *et al*., 2018) نیز گزارش شده است. مطابق با نتایج، در پژوهش فوفانا و همکاران (Fofana *et al*., 2010) ژنوتیپ NERICA 1 در هر دو تیمار شاهد و خشکی عملکرد قابل قبولی داشت. بیشترین و کمترین شاخص برداشت در بین ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب با میانگین ۴۴/۲ و ۱۵/۴ درصد مربوط به ندا و AR8 بود. در حالی که ژنوتیپ‌های IR70416-53-2-2 و شیرودی با ندا تفاوت معنی‌دار آماری نشان ندادند. نتایج همبستگی صفات نیز نشان داد که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد دانه وجود دارد (جدول ۷). این نتایج با توجه به ارتباط مستقیم شاخص برداشت با عملکرد دانه قابل توضیح می‌باشد و با نتایج پژوهش سام‌دلیری و همکاران (Sam-Daliri *et al*., 2010) مطابقت دارد.

مقایسه میانگین اثر اصلی رژیم‌های آبیاری (جدول ۵)، بیانگر این است که دو تیمار تر و خشک شدن متناوب تا ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک بدون تفاوت معنی‌دار، بیشترین میزان آمیلوز را با میانگین ۲۱ درصد به‌خود اختصاص دادند. در حالی که، تیمار غرقابی میانگین ۲۰/۶ درصد بود. همچنین، AWD10-20 با میانگین چهار بیشترین دمای ژلاتینی را بدون تفاوت معنی‌دار به‌همراه داشت.

مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۶)، حکایت از بیشترین درجه تبدیل با میانگین حدود ۹۰ درصد در ژنوتیپ ندا بود که با ژنوتیپ‌های IR70416-53-2-2 و IR74428-153-2-3 در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین مقدار نیز در ژنوتیپ AR8 با میانگین حدود ۸۷ درصد مشاهده گردید که با ژنوتیپ شیرودی تفاوت معنی‌دار آماری نداشت. بر اساس نتایج همبستگی، راندمان تبدیل همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد آمیلوز، دمای ژلاتینی، درصد پوسته و سبوس، درجه تبدیل، طول دانه قبل از پخت و نسبت طویل شدن داشت. همچنین همبستگی درجه تبدیل با دمای ژلاتینی، درصد سبوس و نسبت طویل شدن دانه مثبت و معنی‌دار به‌ترتیب با ضرایب همبستگی ۲۰، ۶۰ و ۲۰ درصد بود (جدول ۷).

مطابق با نتایج پژوهش حاضر، لیموچی و همکاران (Limouchi *et al*., 2018) در مطالعه اثر رژیم‌های آبیاری بر کیفیت دانه برنج، بیشترین راندمان تبدیل را در آبیاری تناوبی سه روزه، گزارش کردند. همچنین این نویسندگان، بیشترین راندمان تبدیل در بین ژنوتیپ‌ها را در ژنوتیپ ندا مشاهده کردند. راندمان تبدیل، از پارامترهای کیفی مربوط به ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی دانه برنج است و نقش مهمی در بازارپسندی و قیمت آن دارد (Gilani *et al*., 2012). از آن‌جایی‌که، راندمان تبدیل بیش از ۵۰ درصد قابل قبول می‌باشد (Adu-Kwarteng *et al*., 2003)، در تحقیق حاضر نیز طیف راندمان در بین ژنوتیپ‌ها

از ۶۸ تا ۷۲ درصد متغیر بود که نشان‌دهنده برخورداری ژنـوتیپ‌ها از کیفیت دانه مطلـوب می‌باشد. همچنین، گزارش شده است که کاهش ترکیب‌های گچی در ارقام متحمل به‌دلیل افزایش راندمان تبدیل باشد. درجه تبدیل نیز مانند راندمان تبدیل از پارامترهای کیفی دانه برنج محسوب می‌گردد. در این فرایند سبوس از برنج قهوه‌ای حذف می‌گردد و یک دانه صیقلی به‌دست می‌آید (Eisapour Nakhjiri *et al*., 2021). بنابراین، وجود دانه‌های سالم می‌تواند منجر به افزایش راندمان و درجه تبدیل گردد. بیان شده است که افزایش تعداد دانه‌های سالم و پر بستگی به سرعت پر شدن مؤثر دانه دارد (Lak, 2013). آنها گزارش کردند که در رقم‌های متحمل سرعت رشد دانه طی تنش خشکی ثابت می‌باشد. در نتیجه، فراهمی آسیمیلات‌ها برای دانه کاهش نمی‌یابد و یا آن قدر کاهش نمی‌یابد که سرعت پر شدن دانه و توانایی دانه در متابولیزه کردن آسیمیلات‌های ورودی را تحت تأثیر قرار دهد. لیموچی و همکاران (Limouchi *et al*., 2018)، بیشترین درجه تبدیل را در آبیاری تناوبی سه روزه مشاهده کردند که مطابق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. همچنین، آنها بیشترین درجه تبدیل را در میان ژنوتیپ‌ها، در دو ژنوتیپ IR79907-B-493-3-1 و ندا گزارش کردند. کلید عدم حساسیت ژنوتیپ‌ها، به تنش خشکی سرعت پر شدن دانه و حفظ پتانسیل آب دانه وقتی که در شرایط تنش قرار می‌گیرد نهفته است، پتانسیل‌های ثابت آب بذر طی دوره‌های تنش که باعث کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود در بسیاری از محصولات به اثبات رسیده است، این اختلافات در پتانسیل آب بین بذر و سایر بافت‌های گیاه معمولاً با فقدان ارتباط آوندی بین جنین در حال نمو و آندوسپرم با گیاه مادری توجیه می‌گردد (Nasiri *et al*., 2020).

مطابق با جدول ۴، تیمارهای مختلف آبیاری اثر معنی‌داری بر درصد پوسته و سبوس نشان ندادند در حالی که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای اثر معنی‌دار بر هر دو صفت بودند. افزون بر این، برهمکنش تیمارها بر درصد پوسته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. بر اساس مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ‌ها، بیشترین درصد سبوس با میانگین ۹/۷ درصد در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مربوط به ژنوتیپ‌های AR8، IR75482-149-1-1 و کشوری بدون اختلاف معنی‌دار بود. کمترین مقدار نیز با نزدیک به ۲۳ درصد کاهش در ژنوتیپ وندانا مشاهده شد که با دو ژنوتیپ G28 و IR74428-153-2-3 در گروه آماری یکسانی قرار داشت (جدول ۶). براساس شکل ۱، برهمکنش تیمارها نشان داد که ژنوتیپ فیروزان در هر سه شیوه بیشترین درصد پوسته، میانگین ۲۵ درصد را دارا بود. در حالی که ژنوتیپ IR75482-149-1-1 با میانگین ۱۹ درصد در هر سه رژیم آبیاری کمترین مقدار را به‌همراه داشت. نتایج جدول همبستگی نیز حاکی از رابطه منفی و معنی‌دار درصد پوسته با عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد آمیلوز، دمای ژلاتینی و راندمان تبدیل داشت (جدول ۷).

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، ژنوتیپ‌ها بر درصد دانه سالم و خرد دارای اثر معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ۴). مطابق با جدول مقایسه میانگین (جدول ۶)، ژنوتیپ ندا و AR8 به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه سالم را با میانگین ۶۵ و ۴۲ درصد به‌خود اختصاص دادند. ژنوتیپ AR8 با برخورداری از کمترین درصد دانه سالم، بیشترین مقدار دانه

خرد را با میانگین ۲۴/۲ درصد به‌همراه داشت. کمترین درصد دانه خرد نیز با ۷۹ درصد کاهش بدون تفاوت معنی‌دار مربوط به G28 و فیروزان بود. بر اساس شکل ۲، ژنوتیپ IR75482-149-1-1 در تمامی سطوح آبیاری با کسب میانگین ۶۵ درصد بیشترین درصد دانه سالم و ژنوتیپ G28 با میانگین حدود ۴۲ درصد کمترین مقدار را نشان داد. منطقی می‌باشد که ژنوتیپ G28 بیشترین درصد دانه خرد را در تیمارهای متفاوت آبیاری به‌خود اختصاص دهد. کمترین مقادیر نیز در ژنوتیپ فیروزان در تیمارهای کم‌آبیاری بدون اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد. نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که درصد دانه خرد رابطه منفی و معنی‌داری با عملکرد زیستی، درصد آمیلوز و درصد دانه سالم دارد (جدول ۷). تولید مقدار بیشتری از برنج سالم و افزایش سهم آن در فرایند تبدیل، صرف‌نظر از شرایط فرآوری که بسیار متأثر از ویژگی‌های رقم، گچی بودن و شرایط محیط در زمان رسیدگی است، می‌تواند در اثر برخی عملیات زراعی در زمان برداشت به‌ویژه دور آبیاری باشد (Limouchi *et al*., 2018) که در مورد ژنوتیپ‌های پژوهش حاضر، تیمارهای آبیاری و برهمکنش تیمارها فاقد معنی‌داری آماری گردید که ممکن است به‌دلیل انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی باشد. مقدار برنج خرد صرف‌نظر از تفاوت ارقام در ویژگی‌های ظاهری و کیفی دانه، به‌طور کامل متأثر از شرایط آبیاری و فرایند تبدیل است. گزارش شده است که با افزایش خشکی پیرامون گیاه، صفاتی مانند درصد پوسته و سبوس در برنج افزایش می‌یابد و بنابراین هزینه مقاومت به تنش به‌گونه‌ای است که مواد غذایی به‌جای تخصیص به مخزن اصلی (دانه) صرف پوسته و سبوس می‌گردد که در نهایت منجر به ضعیف شدن دانه و افزایش شکستگی و خردگی در آن می‌شود (Limouchi *et al*., 2018; Raee *et al*., 2018).

مطابق جدول تجزیه واریانس، اثر ژنوتیپ‌ها بر طول دانه قبل و بعد از پخت و نسبت طویل شدن به‌طور کامل معنی‌دار بود. مطابق با جدول ۶، بیشترین و کمترین طول دانه بعد از پخت به ترتیب با میانگین ۱۳/۲ و ۱۰/۸ میلی‌متر در ژنوتیپ IR74428-153-2-3 و وندانا مشاهده شد. ژنوتیپ G28 و فیروزان با میانگین دو میلی‌متر بیشترین نسبت طویل شدن و ژنوتیپ کشوری با ۲۳ درصد کاهش، کمترین مقدار را نشان دادند. لازم به ذکر است که ژنوتیپ‌های AR8، ندا، IR70416-53-2-2 و IR75482-149-1-1 با ژنوتیپ کشوری تفاوت معنی‌دار نداشتند. مطابق نتایج جدول همبستگی (جدول ۷) طول دانه قبل از پخت با عملکرد دانه (۴۰ درصد)، شاخص برداشت (۳۰ درصد)، درصد آمیلوز (۲۰ درصد)، دمای ژلاتینی (۲۰ درصد)، راندمان تبدیل (۵۰ درصد)، درصد سبوس (۳۰ درصد) و درصد دانه خرد (۳۰ درصد) ارتباط مثبت و معنی‌دار داشت. در حالی که با درصد پوسته دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود. همچنین، طول دانه بعد از پخت با درصد آمیلوز، دمای ژلاتینی و درصد دانه خرد همبستگی منفی و معنی‌دار و با درصد دانه سالم و طول دانه قبل از پخت ارتباط مثبت و معنی‌دار داشت. نسبت طویل شدن دانه نیز فقط با راندمان تبدیل دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود و با صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد آمیلوز، دمای ژلاتینی، درصد پوسته، درصد دانه سالم و خرد و طول دانه قبل و بعد از پخت ارتباط منفی و معنی‌دار نشان داد. طول دانه یکی از جنبه‌های ظاهری و فیزیکی در کیفیت برنج

محسوب می‌شود و نقش مهمی در بازارپسندی و قیمت آن دارد. همچنین، ری آمدن و افزایش طول پس از پخت یکی از معیارهای مهم در کیفیت آن است (Limouchi and Zargaran Khouzani, 2021). مطابق با نتایج مطالعه حاضر، گزارش شده است که اثر تنش آبی بر کیفیت ارقام برنج ممکن است متفاوت باشد (Cheng *et al*., 2003).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌ها اثر معنی‌داری بر مقدار آمیلوز و دمای ژلاتینی نشان دادند. بر اساس جدول ۶، بیشترین دمای ژلاتینی شدن با میانگین حدود شش در ژنوتیپ IR70416-53-2-2 مشاهده گردید. کمترین مقدار نیز با میانگین حدود سه در ژنوتیپ‌های فیروزان، IR74428-153-2-3، G28، IR75482-149-1-1 و AR8 بدون تفاوت معنی‌دار وجود داشت. مطابق با نتایج به‌دست آمده، در بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری بر ژنوتیپ‌های برنج، IR78908-193-B-3-B و IR81025-B-327-3 دارای بیشترین مقدار آمیلوز در تمامی رژیم‌های آبیاری بودند (Limouchi and Zargaran Khouzani, 2021). به‌طور معمول، خشکی به‌دلیل کاهش سطح بیان ژن‌های درگیر در متابولیسم نشاسته، کربوهیدرات‌ها، انتقال دهنده‌ها و افزایش بیان ژن‌های مربوط به آلفا-آمیلوز و کاهش فعالیت انتقال‌دهنده ساکاروز، منجر به کاهش وزن دانه و مقدار آمیلوز از سویی و افزایش گچی بودن دانه می‌گردد (Prathap *et al*., 2019). بنابراین، شرایط مطلوب‌تر برای عمل فتوسنتز، انتقال ساکاروز و تولید آمیلوز در رقم‌های حساس به خشکی، رژیم آبیاری غرقاب می‌باشد. اما در بررسی حاضر از ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی استفاده گردید و مقادیر متوسط درصد آمیلوز که در کیفیت دانه برنج فاکتور مهمی است، در بیشتر ژنوتیپ‌ها و در تمامی سطوح آبیاری مشاهده شد. مقدار آمیلوز نقش بسیار تعیین کننده‌ای در کیفیت پخت و خوراک برنج دارد. مقدار کم آن سبب می‌شود که برنج پس از پخت، چسبنده و لعاب‌دار گردد و انبساط حجمی پیدا نکند. در حالی که مقدار زیاد آن منجر به سفت و خشک شدن برنج پس از پخت می‌شود. بنابراین، مقدار متوسط آن، بهترین حالت می‌باشد (Hiromoto *et al*., 2007; Zakaria *et al*., 2002).

درجه حرارت برای ژلاتینی شدن، مقدار جذب آب و مدت مورد نیاز برای پخت برنج را معین می‌کند و دمایی است که دانه‌های نشاسته به‌طور غیرقابل برگشت حالت کریستالی خود را طی پخت از دست می‌دهند و مهم‌ترین ویژگی کیفی مربوط به پخت دانه‌های برنج است (Parker and Ring, 2001). در پژوهش لیموچی و همکاران (Limouchi and Zargaran Khouzani, 2021) ژنوتیپ‌های IR80508-B-194-3-B و IR81429-B-3-1 به‌ترتیب کمترین و بیشترین دمای ژلاتینی را به‌خود اختصاص دادند. صرف‌نظر از اثر رژیم آبیاری، درصد آمیلوز نیز بر دمای ژلاتینی شدن مؤثر می‌باشد (Usefian *et al*., 2014). در پژوهش حاضر، مدیریت‌های متفاوت آبیاری اثر معنی‌داری بر دمای ژلاتینی شدن نشان نداد و ژنوتیپ‌هایی با درصد آمیلوز متفاوت، دمای ژلاتینی مشابهی داشتند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از عملکرد کمی و کیفی قابل قبولی در مواجه با تنش خشکی، برخوردار بودند. از سوی دیگر، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات

مورد مطالعه داشت. معنی‌دار بودن صفات مورد بررسی نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد و برخی از این صفات می‌توانند در ایجاد تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرند. از آن‌جایی که ژنوتیپ‌ها دارای مبدأ متفاوت و شامل ژنوتیپ‌های داخلی و خارجی بودند، وجود تفاوت بین ژنوتیپ‌ها دور از انتظار نبود. براساس نتایج تحقیق، بیشترین عملکرد دانه بدون تفاوت معنی‌دار در ژنوتیپ‌های ندا، IR70416-53-2-2، شیرودی و وندانا مشاهده گردید. بیشترین شاخص برداشت نیز مربوط به ژنوتیپ‌های ندا، IR70416-53-2-2 و شیرودی بود. ژنوتیپ‌های ندا و IR74428-153-2-3 بیشترین راندمان تبدیل و ژنوتیپ‌های وندانا، IR74428-153-2-3، IR70416-53-2-2 بیشترین درجه تبدیل را به‌خود اختصاص دادند. همچنین، بیشترین درصد دانه خرد به‌ژنوتیپ AR8 تعلق داشت. در مجموع، تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی قابلیت کاربرد در روش‌های کم‌آبیاری کاشت برنج در منطقه مازندران را دارا بودند. در این مطالعه هنگامی که آب در محصول با روشی متفاوت از روش سنتی، به‌عبارت دیگر ایجاد تنش رطوبتی مدیریت گردید، منجر به افزایش کیفیت دانه شد. از آن‌جایی که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی از لحاظ صفات کیفی مهمی نظیر درصد آمیلوز دارای مقادیر متوسط (میانگین ۲۵-۱۹ درصد) و نمره ژلاتینی پایین (۷-۵) بودند، می‌توان به‌خوبی در شرایط مدیریت کم‌آبیاری مورد استفاده قرار داد و در مصرف آب شالیزارها صرفه‌جویی نمود. همچنین در پژوهش حاضر، ژنوتیپ ندا به‌عنوان ژنوتیپ برتر بود.

جدول ۱- ویژگی‌های هواشناسی طی دوره رشد گیاه در سال ۱۳۹۶

Table 1- Meteorological characteristics of the plant growth period in 2018

ماه Month	دما Temperature (°C)		رطوبت Humidity(٪)		کل ساعات آفتابی Sunny hours	بارندگی Precipitation (mm)
	کمترین Min	بیشترین Max	کمترین Min	بیشترین Max		
فروردین (March)	10.3	18.6	63	94	140.2	44.5
اردیبهشت (April)	16	24.2	61	93	۱۴۹	52.2
خرداد (May)	20.4	28	63	93	228	3.5
تیر (June)	21.8	31.5	61	94	232.4	6
مرداد (July)	23.2	34	56	93	269	12
شهریور (August)	22.5	32.7	63	90	262.6	38.5
کل (Total)	114.2	169.2	367	557	1281	156.3
میانگین (Average)	19	28.2	61	93	213.5	26

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

Table 2 - Physical and chemical properties of soil

بافت (Texture)	رس (Clay)	سیلت (Silt)	شن (Sand)	آهک T.N.V (%)	پتاسیم (K) (%)	فسفر (P) (%)	نیتروژن (N) (%)	ماده آلی OM (%)	کربن آلی O.C (%)	اشباع خاک SP (%)	اکسید و احیا Eh (mv)	هدایت الکتریکی EC (dsm^{-1})	اسیدیته pH
سیلتی-لوم (Silty-Loam)	34	40	26	29	224	8.2	0.1	4.3	2.5	68	-174	0.9	6.6

جدول ۳- منشأ ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Origin of genotypes used in the experiment

ژنوتیپ Genotype	نام یا کد رقم Genotype code	منشأ Source
V_1	IR74428-153-2-3 (53 or 8605)	مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (فیلیپین) IRRI
V_2	IR75482-149-1-1 (55 or 8611)	مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (فیلیپین) IRRI
V_3	IR70416-53-2-2 (56 or 8616)	مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (فیلیپین) IRRI
V_4	IR79907-B-493-3-3-1 (AR8)	مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (فیلیپین) IRRI
V_5	G28	استان فارس RRII (Fars prov.)
V_6	فیروزانFirozan	استان اصفهان RRII (Esfahan prov.)
V_7	وندانا Vandana	هند
V_8	شیرودی Shiroodi	مؤسسه تحقیقات برنج. استان مازندران RRII (Mazandran prov.)
V_9	کشوری Keshvari	مؤسسه تحقیقات برنج. استان مازندران RRII (Mazandran prov.)
V_{10}	ندا Neda	مؤسسه تحقیقات برنج. استان مازندران RRII (Mazandran prov.)

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و ژنوتیپ بر صفات کمی و کیفی دانه

Table 4- Analysis of variance of the effect of irrigation regimes and genotype on grain quantity and quality traits

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	راندمان تبدیل (M.E)	درصد پوسته (P.H)	درصد سبوس (P.B)	درجه تبدیل (D.M)	طول قبل از پخت (L.B.C)	طول بعد از پخت (L.A.C)	دانه سالم (H.G)
بلوک (Block)	2	9.7	4.6	1.4	2.2	0.09	0.06	3.4
آبیاری (Irrigation)	2	1.3^{ns}	0.1^{ns}	0.03^{ns}	2.1^{ns}	0.4^{**}	0.09^{ns}	0.8^{ns}
خطای اصلی (Main Error)	4	2.1	1.6	0.7	1.5	0.02	0.3	1.4
ژنوتیپ (Genotype)	9	25.6^{**}	20.4^{**}	6.9^{**}	10^{**}	4.5^{**}	3.6^{**}	461.2^{**}
آبیاری×ژنوتیپ (Genotype×Irrigation)	18	0.8^{ns}	0.9^{*}	0.4^{ns}	0.5^{ns}	0.05^{**}	0.1^{*}	0.9^{ns}
خطای فرعی (Sub Error)	54	1.6	0.4	0.5	1	0.01	0.06	0.9
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	1.8	3	8.1	1.1	2	2	1.7

ns: تاثیر غیرمعنی‌دار، * و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد،

ns, * and **: not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

ادامه جدول ۴-
Table 4- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	دانه خرد (C.G)	محتوی آمیلوز (Amyl)	دمای ژلاتینه (G.T)	عملکرد دانه (S.Y)	عملکرد زیستی (B.Y)	شاخص برداشت (H.I)
بلوک (Block)	2	26.2	0.3	0.1	1112261	40378106	48.8
آبیاری (Irrigation)	2	5.8^{**}	4.2^{**}	0.002^{**}	3623649.5^{ns}	540.4^{**}	0.0003^{ns}
خطای اصلی (Main Error)	4	1.6	0.21	0.002	3604401.6	70	0.001
ژنوتیپ (Genotype)	9	317.2^{**}	78^{**}	4.5^{**}	18919296.7^{**}	37194289.3^{**}	893.4^{**}
آبیاری×ژنوتیپ (Genotype×Irrigation)	18	0.9^{ns}	0.3^{ns}	0.0001^{ns}	3600934.2^{ns}	70.9^{ns}	0.001^{ns}
خطای فرعی (Sub Error)	54	0.7	0.20	0.0001	3601067.4	50.6	0.0008
ضریب تغییرات (C.V. (%)	-	6.7	2	0.3	25	0.05	0.1

ns: تاثیر غیرمعنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد،
ns, * and **: not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی رژیم‌های آبیاری بر صفات کمی و کیفی برنج
Table 5 – Mean comparsion of main effect of irrigation regimes on the quantity and quality traits of rice

	آبیاری غرقابی	AWD10	AWD20
عملکرد دانه (S.Y) ($kg.ha^{-1}$)	4945.8^{a}	4947^{a}	5548.3^{a}
عملکرد زیستی (B.Y) ($kg.plant^{-1}$)	16418.6^{b}	16425.4^{a}	16426.4^{a}
شاخص برداشت (H.I) (٪)	30.7^{a}	30.7^{a}	30.7^{a}
راندمان تبدیل (M.E) (٪)	69.6^{a}	69.3^{a}	69.7^{a}
درجه تبدیل (D.M) (٪)	88.4^{a}	88.7^{a}	89^{a}
درصد پوسته (P.H) (٪)	21.5^{a}	21.5^{a}	21.6^{a}
درصد سبوس (P.B) (٪)	8.7^{a}	8.7^{a}	8.6^{a}
دانه سالم (H.G) (٪)	56.8^{a}	57^{a}	57^{a}
دانه خرد (C.G) (٪)	12.8^{a}	12.8^{a}	13.4^{a}
طول دانه قبل پخت (L.B.C) (mm)	6.8^{b}	7^{a}	7^{a}
طول دانه بعد پخت (L.A.C) (mm)	12^{a}	12.2^{a}	12.2^{a}
نسبت طویل شدن (G.L) (mm)	1.8^{a}	1.7^{b}	1.7^{b}
محتوی آمیلوز (Amyl) (٪)	20.6^{b}	21^{a}	21.4^{a}
دمای ژلاتینی (G.T)	4^{a}	4^{a}	3.9^{b}

االعداد در هر ردیف که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در یک گروه آماری قرار دارند.
The numbers in each row that have at least one letter in common are in a statistical group.

M.E:Milling Effeciency, P.H:Percentage of Husk, P.B:Prcentage of Bran, D.M:Degree of Milling, H.G: Healthy Grain. C.G:Crash Grain, L.B.C:Length Before Cooking, L.A.C: Length After Cooking, G.L: Grain Length, Amyl: Amylose, G.T: Gelatinization Temperature

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ‌های برنج بر صفات کمی و کیفی دانه

Table 6- Mean comparsion of simple effect of rice genotypes on grain quantity and quality traits

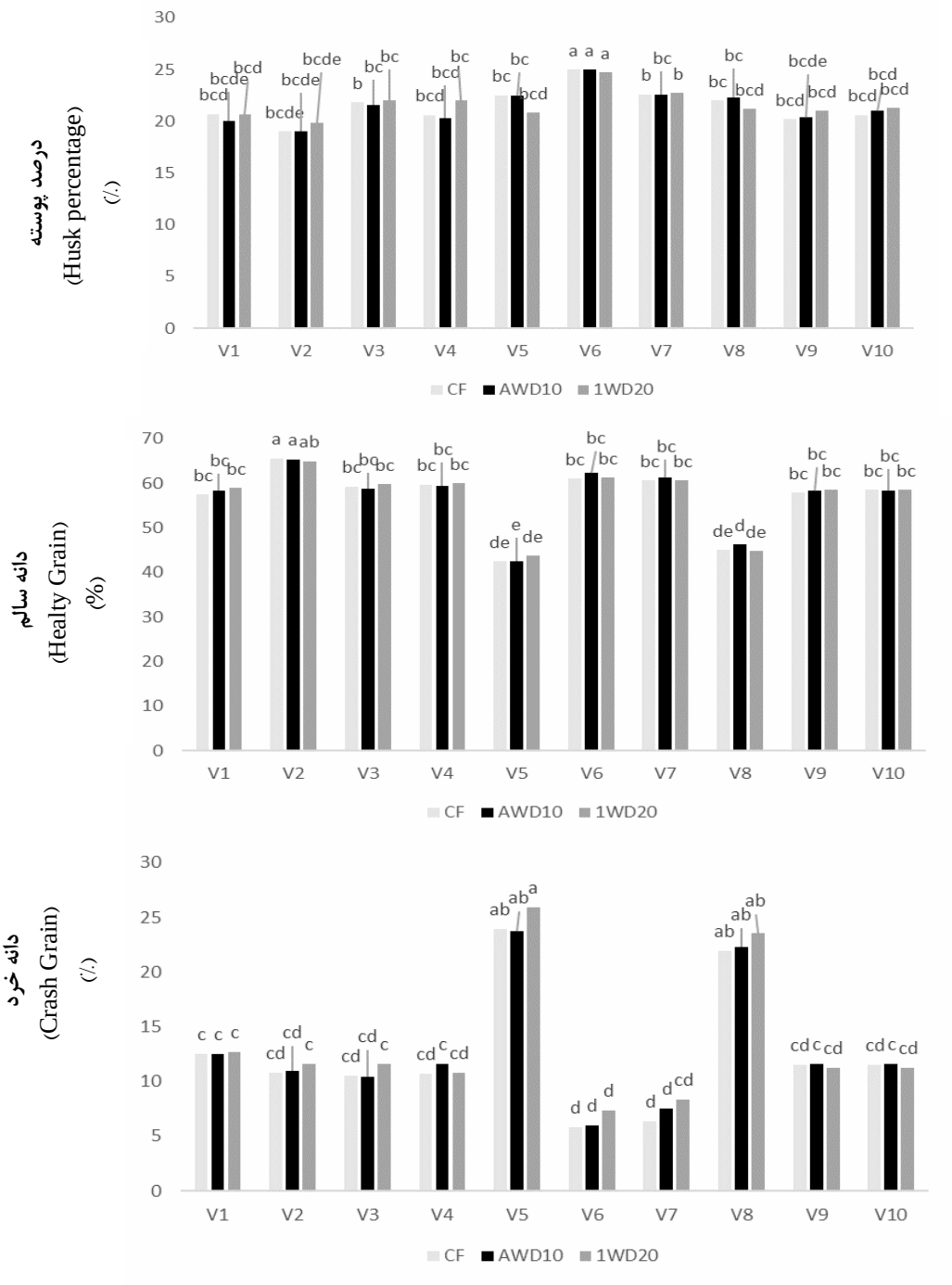
	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}
عملکرد دانه (S.Y) ($kg.ha^{-1}$)	4572.7^{bc}	5441^{ab}	6414^{ab}	3232.7^{cd}	2299.3^{d}	5570.2^{ab}	5907.9^{ab}	6249.7^{ab}	4881^{bc}	6901.7^{a}
عملکرد زیستی (B.Y) ($kg.ha^{-1}$)	18030^{abc}	15844^{bcd}	15274^{bcd}	20057^{a}	14404^{cd}	13709^{d}	19123^{ab}	16376^{abcd}	15732^{bcd}	15684^{bcd}
شاخص برداشت (H.I) (٪)	27^{e}	36^{bcd}	42.2^{ab}	15.4^{f}	15.9^{f}	25.6^{e}	30.8^{de}	38.3^{abc}	31.5^{cde}	44.2^{a}
راندمان تبدیل (M.E) (٪)	71.4^{ab}	69^{de}	70.4^{bc}	68.4^{ef}	67^{g}	67.5^{fg}	70^{cd}	70.5^{bc}	68.6^{ef}	72.3^{a}
درجه تبدیل (D.M) (٪)	89.6^{abc}	88^{fgh}	90^{ab}	87^{h}	89^{cde}	88^{fg}	90^{a}	89^{bcd}	87.4^{gh}	88.5^{def}
درصد پوسته (P.H) (٪)	20.4^{d}	21.7^{c}	21^{d}	21.9^{c}	25^{a}	22.6^{b}	21.8^{c}	20.5^{d}	21^{d}	19.3^{e}
درصد سبوس (P.B) (٪)	7.8^{cd}	9.7^{a}	8.4^{bc}	9.7^{a}	7.7^{cd}	8.7^{b}	7.5^{d}	8.7^{b}	9.7^{a}	8.6^{b}
درصددانه سالم (H.G)	3.3^{d}	3.4^{d}	5.6^{a}	3.5^{d}	3.4^{d}	3.3^{d}	4.6^{b}	4^{c}	4.3^{c}	4.3^{c}

اعداد در هر ردیف که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در یک گروه آماری قرار دارند.

The numbers in each row that have at least one letter in common are in a statistical group.

V_1: IR74428-153-2-3, V_2: IR75482-149-1-1, V_3: IR70416-53-2-2,V_4: AR8, V_5: G28, V_6: Firozan, V_7: Vandana, V_8: Shiroodi, V_9: Keshvari, V_{10}: Neda

S.Y: Seed Yield, B.Y: Biological Yield, H.I: Harvest Index, M.E:Milling Effeciency, P.H:Percentage of Husck, P.B:Prcentage of Bran, D.M:Degree of Milling, H.G: Healthy Grain. C.G:Crash Grain, L.B.C:Length Before Cooking, L.A.C: Length After Cooking, G.L: Grain Length, Amyl: Amylose, G.T: Gelatinization temperature



شکل ۲- برهمکنش تیمارها بر درصد پوسته، دانه سالم و خرد ژنوتیپ‌های برنج

Figure 2- Interaction of treatments on husk percentage, healthy grain crash grain of rice genotypes

V_1: IR74428-153-2-3, V_2: IR75482-149-1-1, V_3: IR70416-53-2-2,V_4: AR8, V_5: G28, V_6: Firozan, V_7: Vandana, V_8: Shiroodi, V_9: Keshvari, V_{10}: Neda, A_0: flood irrigation, A_1: AWD10, A_2: AWD20

جدول ۷- همبستگی بین صفات مورد مطالعه

Table 7 - Correlation between studied traits

	عملکرد دانه (S.Y)	عملکرد زیستی (B.Y)	شاخص برداشت (H.I)	درصد آمیلوز (Amyl)	دمای ژلاتینی (Gel)	راندمان تبدیل (M.E)	درصد پوسته (P.H)	درصد سبوس (P.B)	درجه تبدیل D.M)	دانه سالم (H.G)	دانه خرد (C.G)	طول قبل پخت (L.B.C)	طول بعد پخت (L.A.C)	طویل شدن (G.L)
عملکرد دانه (S.Y)	1													
عملکرد زیستی (B.Y)	0.1^{ns}	1												
شاخص برداشت (H.I)	0.2*	-0.1^{ns}	1											
درصد آمیلوز (Amyl)	0.3**	0.08^{ns}	0.2**	1										
دمای ژلاتینی (Gel)	0.3**	-0.004^{ns}	0.09^{ns}	0.1^{ns}	1									
راندمان تبدیل (M.E)	0.4**	0.04^{ns}	0.2**	0.3**	0.3**	1								
درصد پوسته (P.H)	-0.2**	-.003^{ns}	-0.3**	-0.5**	-0.2*	0.6**	1							
درصد سبوس (P.B)	-.03^{ns}	-0.1^{ns}	0.09^{ns}	-.004^{ns}	-.07^{ns}	-0.3**	-0.1^{ns}	1						
درجه تبدیل (D.M)	0.1^{ns}	0.06^{ns}	0.1^{ns}	-.006^{ns}	0.2**	0.6**	0.06^{ns}	0.6**	1					
دانه سالم (H.G)	0.1^{ns}	-0.3**	0.04^{ns}	-0.2*	0.03^{ns}	0.1^{ns}	-.06^{ns}	-0.09^{ns}	0.1^{ns}	1				
دانه خرد (C.G)	0.05^{ns}	0.2**	0.02^{ns}	0.4**	0.08^{ns}	0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	0.03^{ns}	-0.8**	1			
طول قبل پخت (L.B.C)	0.4**	0.08^{ns}	0.3**	0.2*	0.2*	0.5**	-0.6**	0.3**	-.03^{ns}	0.004^{ns}	0.2*	1		
طول بعد پخت (L.A.C)	0.04^{ns}	-0.02^{ns}	0.1^{ns}	-0.3**	-0.2*	0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.01^{ns}	0.4**	-0.3**	0.4**	1	
طویل شدن (G.L)	-0.3**	-0.1^{ns}	-0.3**	-0.3**	-0.4**	0.5**	-0.2*	-.006^{ns}	0.2*	-0.4**	-0.4**	-0.7**	0.01^{ns}	

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** are meaningless and significant at the five and one percent levels, respectively.

S.Y: Seed Yield, B.Y: Biological Yield, H.I: Harvest Index, M.E:Milling Effeciency, P.H:Percentage of Husck, P.B:Prcentage of Bran, D.M:Degree of Milling, H.G: Healthy Grain. C.G:Crash Grain, L.B.C:Length Before Cooking, L.A.C: Length After Cooking, G.L: Grain Length, Amyl: Amylose, G.T: Gelatinization temperature

References منابع مورد استفاده

- Adu-Kwarteng, E., W.O. Ellis, I. Oduro, and J.T. Manful. 2003. Rice grain quality: a comparison of local varieties with new varieties under study in Ghana. *Food Control.* 14: 507–514. doi: 10.1016/S0956-7135(03)00063-X
- Anonymus. 1997. SAS Institute. SAS/STAT User's Guide, Version 6.12. SAS Institute, Inc., NC.
- Anonymus. 2012. IRRI. Annual Report for 2011. Los Baños, Philippines. http://books.irri.org/AR2012_content.pdf
- Bouman, B.A.M., R.M. Lampayan, and T.P. Tuong, 2007. Water management in irrigated rice coping with water scarcity. IRRI. Los Banos. Philippines. P: 55.
- Cheng, W., G. Zhang, G. Zhao, H. Yao, and H. Xu. 2003. Variation in rice quality of different cultivars and grain positions as affected by water management. *Field Crop Research.* 80: 245-252. doi:10.3390/agronomy12123174
- Darzi, A. M. Ghasemi Nasr, A. Mokhtassi-Bidgoli, and F. Karandish. 2018. Response of some characteristics of two local rice cultivar to integrated of irrigation and drainage. *Journal of Water Research in Agriculture*. 25(1): 31-44. (In Persian). doi: 10.22069/jopp.2017.13265.2192
- Eisapour Nakhjiri, S., M. Ashouri, S. Sadeghi, N. Mohammadian Roushan, and M. Rezaei. 2021. The effects of different irrigation regimes and N fertilizer on yield, yield components and the content of micronutrients in brown and white rice (cv. Hashemi and Gilaneh). *Journal of Crop Ecophysiology.* 15(58): 193-210. (In Persian). doi: 10.30495/jcep.2021.683382
- Fofana, M., M. Cherif, B. Kone, K. Futakuchi, and A. Audebert. 2010. Effect of water deficit at grain repining stage on rice grain quality. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development.* 2(6): 100-107. doi: https://doi.org/10.5897/JABSD.9000013
- Ghosh, B., and N. Chakma. 2015. Impacts of rice intensification system on two C. D. blocks of Barddhaman district West Bengal. *Current Science.* 109(2): 342-346. doi: 10.18520/CS/V109/I2/342-346
- Gilani, A., K.H. Alami-Saeed, A. Siadat, and M. Seidnejah. 2012. Study of heat stress on rice (*Oryza sativa* L.) grain milling quality in Khouzestan. *Crop Physiology Journal.* 4(14): 5-21. (In Persian).
- Gnanamalar, R, P. Vivekanandan. 2013. Genetic architecture of grain quality characters in rice (*Oryza sativa* L.). *European Journal of Experimental Biology*. 3(2): 275-279.
- Hadiarto, T. and L.S. Tran. 2011. Progress studies of drought- responsive genes in rice. *Plant Cell Reports*. 30: 297-310. doi: 10.1007/s00299-010-0956-z
- Hamada, A. 2000. Amelioration of drought stress by ascorbic acid, thiamin or aspirin in wheat plants. *Indian Journal Plant Physics*. 5: 358-364. doi: 10.3390/biology11111564

- Hiromoto, Y.T., M. Hisrose, A. Kuroda, and T. Yamaguchi. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling–related genes under high temperature using DNA microarray. *Plant Physiology*. 144: 258-277. doi: 10.1104/ pp.107. 098665
- Hosain, T., M. Kamrunnahar, M. Rahman, M.H. Munshi, and S. Rahman. 2020. Drought stress response of rice yiled (*Oriza sativa* L.) and role of exogenous salicylic acid. *International Journal of Biosciences*. 16(2): 222-230. doi: 10.12692/ijb/16.2.222-230
- Kheyri, N., Y. Niknejad, and M. Abbasalipour. 2018. The effects of using organic and biological fertilizer along with lower rate of chemical nitrogen fertilizer on quality and quantity of rice yield. *Journal of Crop Ecophysiology*. 47(3): 445-460. (In Persian).
- Khush, C.S., C.M. Pauleand, and N.M. Dela Cruz. 1979. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. In proc. Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality. Los Banos. Philippines. International Rice Research Institute (IRRI). 21-31pp.
- Lagomarsino, A., A.E. Agnelli, B. Linquist, M.A. Adviento-Borbe, A. Agnelli, G. Gavina, S. Ravaglia, and M. Ferrara. 2016: Alternate wetting and drying of rice reduce CH4 emissions but triggered N2O peaks in a clayey soil of Central Italy. Pedospere. 46: 533–548. doi: 10.1016/S1002-0160(15)60063-7
- LaHue, G.T., R.L. Chaney, M.A. Adviento-Borbe, and B.A. Linquista. 2016. Alternate wetting and drying in high yielding direct-seeded rice systems accomplishes multiple environmental and agronomic objectives. Agriculture Ecosystem Environment. 229: 30–39. doi: 10.1016/j.agee.2016.05.020
- Lak. Sh. 2013. Evaluation of effective physiological traits on grain yield of corn at different levels of irrigation, nitrogen and plant density. *Crop Physiology Journal*. 5(19): 17-33. (In Persian).
- Limouchi, K., and M.R. Zargaran Khouzani. 2021. Evaluation of the effect of different irrigation regimes on the growth characteristics and yield of aerobic rice genotypes in northern Khuzestan. *Journal of Plant production Sciences.* 11(1): 90-112. (In Persian). doi:10.2./jpps.2021.684941
- Limouchi, K., M. Yarnia, A. Siyadat, V. Rashidi, and A. Guilani. 2018. Effects of the irrigation regimes on the physical grain characters of aerobic rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in Khouzestan province. *Environmental Stresses in Crop Science*. 11(2): 211-226. (In Persian). doi: 10.22077/escs.2017.380.1074
- Mohammadi, S., M. Nahvi, and A. Mohadesi. 2015. The effect of irrigation interval on vegetative different on yield and yield component in rice line and varieties. *Applied Field Crop Research*. 28(107): 108-114. (In Persian) doi:10.22092/ aj.2015.105711
- Nasiri, M., M. Meskarbashi, P. Hassibi, and H. Pirdashti. 2020. Evaluation and selection of drought tolerant rice genotypes using fluorometric methods. *Journal of Plant Production Research*. 27(3): 1-21. doi: 10.22069/jopp.2020.14475.2296

- Panda, D., S. Sakambari Mishra, and P. Kumar Behera. 2020. Drought tolerance in rice: focus on recent mechanisms and approaches. *Rice Science.* 28(2): 1-17. doi: 10.1016/j.rsci.2021.01.002
- Parker, R., and S.G. Ring. 2001. Aspects of the physical chemistry of starch. *Journal of Cereal Science.* 34: 1-17. doi: 10.1006/jcrs.2000.0402
- Prathap, V., A. Kishwar, A. Singh, Ch. Vishwakarma, and V. Krishnan. 2019. Starch accumulation in rice grains sunjected to drough during grain filling. *Plant Physiology and Biochemistry*. 142: 440-451. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.07.027
- Rabiei, B., and S. Ali-Hossein Tayefeh. 2015. Evaluating of gene actions controlling grain cooking quality related traits in rice varieties. *Cereal Research Communications.* 5(1): 17-31. (In Persian)
- Rabiei, B.M., B. Valizadeh, M. Ghareyazie, R. Moghaddam, and A.J. Ali. 2004. Identification of QTLs for rice grain size and shape of Iranian cultivars using SSR markers Euphytica. *International Journal of Plant Breeding*. 137(3): 325-332. doi: 10.1023/B:EUPH.0000040452.76276.76
- Raee, R., T. Hoang-Dung, T. Dang Xuan, and T. Dang Khanh. 2018. Imposed water deficit after anthesis for the improvement of macronutrients, quality, phytochemicals and antioxidants in rice grain. *Sustainability*. 10(4843): 1-12. doi: 10.3390/su10124843
- Razavipor, T., M.R. Yazdani, and M. Kavosi. 2000. The effectors water stress in different growing stage on rice yield. Presented in the 6th National Conference on Soil Science. 26-28 June. Tehran. Pp 613-614. (In Persian).
- Sam-Daliri, M., H.R. Mobasser, S. Dastan, and A. Ghasemi 2010, Silicon and potassium application facts on lodging related characteristic and quality yield in rice (Oryza sativa L.) Tarom Hashemi variety. *New Finding in Agriculture.* 4(3): 203-215. (In Persian)
- Song, T., F. Xu, W. Yuan, Y. Zhang, T. Liu, M. Chen, and J. Zhang. 2018. Comparison on physiological adaptation and phosphorus use efficiency of upland rice and lowland rice under alternate wetting and drying irrigation. *Plant Growth Regulation.* 86: 195–210. doi: 10.1007/s10725-018-0421-5
- Tabkhkar, N., B. Rabiei, H. Samizadeh Lahiji, and M. Hosseini Chaleshtori. 2018. Assessment of rice genotype response to drought stress at the early reproductive stage using stress tolerance indices. *Journal of Crop Production and Processing*. 7(4): 83-106. doi: 29252/jcpp.7.4.83
- Thakur, A., K. Mandal, R. Mohanty, and S. Ambast. 2018. Rice root growth, photosynthesis, yield and water productivity improvements through modifying cultivation practices and water management. *Agricultural Water Management*. 206: 67–77. doi: 10.1016/j.agwat.2018.04.027
- Tuong, T.P., and B.A.M. Bouman. 2003. Rice production in water-scarce environments. Proceedings of the Water Productivity Workshop. IWMI. Sri Lanka.
- Usefian, M., B. Arabzade, S. Soodaee Mashaee, and Y. Mohammadi Nesheli. 2014. Evaluation of different levels of irrigation on yield and qualitative of two rice

varieties (Tarom and Shiroodi). *Applied Field Crops Research.* 27(104): 69-75. (In Persian). doi: 10.22092/aj.2014.101680

- Yang, J., Q. Zhou, and J. Zhang. 2017. Moderate wetting and drying increases rice yield and reduces water use, grain arsenic level, and methane emission. *Crop Journal.* 5: 151–158. doi: 10.1016/j.cj.2016.06.002
- Yoo, C.Y., H.E. Pence, J.B. Jin, K. Miura, M.J. Gosney, P.M. Hasegawa, and M.V. Mickelbart. 2010. The arabidopsis GTL1 transcription factor regulates water use efficiency and drought tolerance by modulating stomatal density via transrepression of SDD1. *The Plant Cell.* 22: 4128-4141. doi: 10.1105/tpc.110. 078691
- Zakaria, S.T., S. Matsuda, S. Tajima, and Y. Nitta. 2002. Effect of high temperature at ripening stage reserve accumulation in seed in some rice cultivars. *Plant Production Science.* 5: 160-168. doi: 10.1626/pps.5.160
- Zhang, H., Y. Xue, Z. Wang, J. Yang, and J. Zhang. 2009. An alternate wetting and moderate soil drying regime improves root and shoot growth in rice. *Crop Science*. 49: 2246–2260. doi: 10.2135/cropsci2009.02.0099

Research Article DOI:10.30495/JCEP.2023.1926035.1785

Effect of Different Irrigation Regimes on Agronomic Characteristics and Grain Quality in Selected Rice Genotypes (*Oryza sativa* L.)

Masoumeh Habibi[1], Pooria Mazloom[2], Morteza Nasiri[3]*, Ali Eftekhari[2] and Morteza Moballeghi[2]

Received: March 2021 , Revised: 8 December 2021, Accepted: 2 February 2022

Abstract

The occurrence of water shortage and drought stress during plant growth, is caused yield loss as well as the grain quality of rice genotypes. Hence, this experiment was conducted to determine eefects of different irrigation methods on rice grain yield and several important grain quality traits such as amylose percentage, degree of milling and gelatinization temperature in Rice Research Institute of Iran (Mazandaran Branch, Amol) in 2017. Experiment carried out as split plots using randomized complete blocks design with main factor of irrigation methods in three levels of flooding irrigation, alternate wetting and drying method up to 10 (AWD10) and 20 (AWD20) cm below the soil surface and sub-factor with ten rice genotypes. The results showed that different irrigation treatments were statistically significant on garin lenghg before cooking, crash grain, amylose content and gelatinization temperature. Among the genotypes, Neda with average of 6901.7 kg.ha^{-1} had the highest grain yield, harvest index 44.2%, milling efficiency, degree of milling 72.3% and healthy garin 65.3%. The highest degree of milling (90%), grain length after cooking (13.2 mm), elongation ratio (2 mm) and Gelatinization temperature (5.6) belong to Vandana, IR74428-153-2-3, Firozan and IR70416-53-2-2 genotypes, respectively. In general, considering to the important quantities and qualities traits of genotypes in irrigation regime treatments were not different from flooding method, therefore, the studied genotypes are recommended for planting in areas with lack of irrigation water. It should be noted that Neda genotype is introduced as a superior genotype due to increase of sevral important quantities and qualities traits compared to other genotypes.

Key words: Amylose, Degree of milling, Gelatinization temperature, Low irrigation.

1- Ph.D. Candidate, Department of Agronomy, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
2- Assistant Professor, Department of agronomy, chalus branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
3- Assistant professor, Rice Research of Institute, Deputy of Mazandaran. Agricultural Research, Education and Extention Organization, Amol. Iran.
*Corresponding Author: *m_nasiri1@yahoo.com*