



ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش موتانت برنج متحمل به خشکی با صفات کیفی و کمی برتر

محمدطاهر حلاجیان^{۱*}، علی اکبر عبادی^۲، محمد محمدی^۳

^۱ پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی: ۳۱۴۶۵/۱۴۹۸، کرج، ایران
^۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی: ۱۶۵۸، رشت، ایران

چکیده:

در فرآیند معرفی رقم، مطالعه میزان سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های اصلاح شده در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌منظور تعیین پایداری عملکرد، ۱۳ لاین موتانت برنج متحمل به خشکی حاصل از موتاسیون دو رقم محلی هاشمی و طارم محلی و یک لاین موتانت برنج متحمل به خشکی حاصل از موتاسیون رقم خزر به همراه ۴ رقم شاهد (هاشمی، طارم محلی، خزر و گیلانه) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مؤسسه تحقیقات برنج کشور رشت استان گیلان، ایستگاه تحقیقاتی برنج شهید شیروودی چپرسر استان مازندران و ایستگاه تحقیقاتی برنج مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی مرودشت استان فارس طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی و مقایسه میانگین این صفات در ژنوتیپ‌های موتانت و ارقام شاهد نشان داد که ژنوتیپ‌ها با شماره‌های ۵، ۱۲ و ۷ از لحاظ سازگاری و پایداری عملکرد بهترین لاین‌های موتانت امیدبخش بودند. با توجه به بالاتر بودن عملکرد این لاین‌ها نسبت به سایر لاین‌ها در هر سه مکان در دو سال، این سه لاین امیدبخش برای استفاده در طرح‌های تحقیقی ترویجی به‌منظور معرفی رقم انتخاب شدند.

کلیدواژه‌ها: برنج، سازگاری و پایداری عملکرد، تحمل به خشکی، لاین‌های امیدبخش موتانت.

Evaluation of adaptation and yield of drought-tolerant mutant promising rice lines with superior qualitative and quantitative traits

Mohammad Taher Hallajian^{1*}, Ali Akbar Ebadi², Mohammad Mohammadi³

¹Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.BOX: 31465/1498, Karaj, Iran.

²Plant Breeding Department, Rice Research Institute, P.O.BOX: 1658, Rasht, Iran.

Abstract:

In the process of cultivar introduction, the study of adaptation and yield stability of breeding lines in different environmental conditions in plant breeding programs is of special importance. In order to determine the yield stability, 13 drought-tolerant rice lines resulting from mutation of two landraces Hashemi and Tarom Mahalli and one drought-tolerant rice mutant line resulting from mutation of cultivar Khazar with 4 control cultivars (Hashemi, Tarom Mahalli, Khazar and Gilaneh) were evaluated in a four-replicated randomized complete block design in Rice Research Institute of Rasht, Guilan Province, Shahid Shiroodi Rice Research Station of Chaparsar, Mazandaran Province and Rice Research Station of Agricultural Jihad Research Center of Marvdasht, Fars Province during 1394 and 1395. The results of analysis of variance of the studied traits and comparison of the mean of the traits in mutant genotypes and control cultivars showed that genotypes 5, 12 and 7 were the best mutant lines in terms of Adaptation and yield stability. Due to the higher yield of these lines than other lines in all three places during two years, these three promising lines were selected for using in extension research projects to introduce the cultivar.

Keywords: Rice, Adaptation and yield stability, Drought tolerance, Mutant promising lines.

Email: mthallajian@aeoi.org.ir

۱. مقدمه

تأمین کالری مورد نیاز روزانه از غلات از ارزان‌ترین منابع دستیابی به انرژی می‌باشد. در بین غلات، برنج جایگاه ویژه‌ای در ایران دارد، بطوری که قسمت اعظم غذای مردم ایران، بخصوص استان‌های گیلان و مازندران را به‌خود اختصاص می‌دهد. در حال حاضر استفاده از ارقام محلی رایج علی‌رغم داشتن کیفیت پخت و خوراک مطلوب به دلیل دارا بودن پتانسیل عملکرد پائین، حساسیت به آفات، بیماری‌ها و خوابیدگی و همچنین استفاده از ارقام اصلاح شده موجود علی‌رغم دارا بودن عملکرد بالا و مقاومت به بیماری بلاست، به دلیل ضعف خصوصیات کیفی برای دستیابی به تولید برنج با کیفیت مطلوب و در حد خودکفایی امکان‌پذیر نمی‌باشد. از اینرو، هرگونه تحقیقات هدفمند اصلاحی برای دستیابی به ارقام کیفی با پتانسیل عملکرد بالا که بتوانند سازگاری و پایداری قابل قبولی در شرایط مختلف محیطی داشته باشند ضروری بنظر می‌رسد. از طرفی، یک برنامه اصلاحی موفق جهت تحقق هدف اصلاح واریته‌های برنج با عملکرد بالا و ریزمغذی‌های بهبود یافته حتی تحت شرایط آب و هوایی نامساعد، به تنوع ژنتیکی گیاه زراعی وابسته می‌باشد [۱]. یکی از ابزارهای کارا برای ایجاد تنوع ژنتیکی کافی و تولید ارقام زراعی جدید با صفات کیفی و کمی برتر، موتاسیون بریدینگ (اصلاح به روش جهش) بویژه از طریق پرتوتابی گاما است. ۱۵٪ برنج و ۵۰٪ سویا با استفاده از ارقام جهش‌یافته تولید شده اند [۲]. از معروف‌ترین ارقام جهش یافته برنج تولید شده می‌توان به Basmati 370 اشاره کرد [۳]. لافیته و همکاران (۲۰۰۳) ویژگی‌هایی را برای صفات ثانویه بیان کردند؛ الف) دارا بودن همبستگی بالا با عملکرد ب) قابلیت توارث‌پذیری بالا و حداقل تأثیرپذیری از محیط ج) وجود تفاوت بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفت موردنظر و د) امکان اندازه‌گیری سریع و ارزان صفت [۴]. عبدالهی مبرهن (۱۳۷۵)، به‌منظور تعیین پایداری عملکرد لاین‌های پیشرفته برنج، ۸ رقم برنج ایرانی و خارجی را طی سه سال و در سه منطقه استان گیلان مورد بررسی قرار داد و رقم سپیدرود و لاین ۴۰۸ با داشتن محصول زیاد و ضریب رگرسیون معادل یک به عنوان ارقام پایدار معرفی شدند [۵]. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های موتانت متحمل به خشکی در مکان‌ها و سال‌های مختلف جهت معرفی تعداد معدودی لاین امیدبخش برای استفاده در طرح‌های تحقیقی ترویجی بود.

۲. روش کار

مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل ۱۴ لاین موتانت (۷ لاین موتانت از رقم هاشمی، ۶ لاین موتانت از رقم طارم محلی و یک لاین موتانت از رقم خزر) به همراه ۴ رقم والدی و شاهد (هاشمی، طارم محلی، خزر و گیلانه) بودند. این لاین‌های موتانت، در سال ۱۳۸۸، از پرتوتابی گاما و موتاسیون بذور این ارقام در گاماسل پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای ایجاد شدند. پس از ۵ سال بررسی هزاران گیاه موتانت در شرایط تنش خشکی با شدت‌های مختلف (۱۴-۳۵ روز) در شالیزارهای تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، این ۱۴ لاین موتانت بعنوان لاین‌های متحمل به خشکی انتخاب شدند [۶]. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در ۳ منطقه رشت، چپرس رامسر و مرودشت فارس طی دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴) مورد بررسی قرار گرفت. لاین‌های موتانت مورد استفاده در این تحقیق بر اساس خصوصیات نظیر تیپ بوته، ارتفاع بوته، زودرسی، تعداد خوشه بارور، تعداد دانه پر در خوشه، شکل دانه و میزان تحمل به خشکی (بر اساس مقیاس‌های لوله‌ای شدن برگ و باروری سنبلیچه‌ها) انتخاب گردیدند. در طول دوره رشد و پس از برداشت محصول، صفاتی مثل عملکرد دانه، تعداد خوشه در هر بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع بوته و طول خوشه بر روی ۵ بوته در هر کرت که به طور تصادفی انتخاب شدند ارزیابی شدند. برای اینکه تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها به‌طور دقیق محاسبه و به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نسبت داده نشود، تجزیه مرکب دو آزمایش شرایط نرمال و تنش خشکی در رشت، در قالب تجزیه ادغام شده انجام شد تا بر اساس آن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط محاسبه و از اثر واقعی ژنوتیپ‌ها جدا شده و واریانس حقیقی ژنوتیپ‌ها مورد آزمون قرار گیرد. در این تجزیه، ژنوتیپ به عنوان فاکتور ثابت و محیط (محیط طبیعی و محیط تنش خشکی) و سال (سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) به عنوان فاکتور تصادفی آزمایشی در نظر گرفته شد و آزمون فرض معنی‌دار بودن تفاوت حقیقی بین ژنوتیپ‌ها بر مبنای امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییر مختلف انجام شد. بر این اساس، در صورتی که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط روی هر یک از صفات مورد

مطالعه معنی‌دار بود، آزمون فرض تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از طریق نسبت MS ژنوتیپ‌ها به MS اثر متقابل فوق انجام شد، اما وقتی که این اثر متقابل معنی‌دار نبود دو منبع اشتباه آزمایشی و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ادغام شده و اشتباه جدیدی از طریق پولینگ این منابع به دست آمد و به این ترتیب تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بر مبنای اشتباه جدید مورد آزمون قرار گرفت.

۳. نتیجه‌گیری

ابتدا تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در هر مکان و برای هر سال به‌طور جداگانه انجام شد. سپس، آزمون یکنواختی واریانس برای صفات مشترک اندازه‌گیری شده، در هر سه مکان و هر دو سال انجام شد.

نتایج سال اول

با تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در سال اول، مشخص شد که در هر سه منطقه، اثر ژنوتیپ در همه صفات مورد بررسی، در سطح یک درصد معنی‌دار شد که این نشان از اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در صفات مورد بررسی داشت. بعنوان مثال، در منطقه رشت، میزان ضریب تغییرات صفات از ۱/۰۰۲ برای صفت ارتفاع بوته تا ۱۳/۹۰ برای صفت تعداد دانه پوک در خوشه متغیر بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در رشت - سال ۱۳۹۴

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد	وزن صد دانه	درصد باروری	تعداد دانه پوک	تعداد دانه سالم	طول خوشه	تعداد پنجه	ارتفاع بوته		
۵۱۹۹۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}	۱/۱۲۹ ^{ns}	۱۰/۹۸ ^{ns}	۱/۶۰ ^{ns}	۲/۹۷ ^{ns}	۱/۸۷ ^{ns}	۳	تکرار
۱۲۷۹۹۲۷ ^{**}	۰/۲۴ ^{**}	۱۵۲/۷۷ ^{**}	۲۹۹/۵ ^{**}	۷۵۸/۷۱ ^{**}	۲۵/۷۱ ^{**}	۳۴/۵۰ ^{**}	۶۲۴/۶ ^{**}	۱۷	ژنوتیپ
۳۷۳۶۳	۰/۰۰۱	۱/۳۱	۳/۴۵	۱۲/۳۴	۰/۹۲	۲/۱۰	۲/۰۲۷	۵۱	خطا
۴/۱۷	۱/۳۰	۱/۲۸	۱۳/۹۰	۳/۰۹	۳/۴۰	۹/۲۸	۱/۰۰۲		ضریب تغییرات

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ برای تمامی صفات مورد بررسی، مقایسه میانگین بر اساس آزمون توکی در سطح پنج درصد برای تمامی صفات انجام شد که در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های موتانت و ارقام شاهد در رشت - سال ۱۳۹۴

ژنوتیپ	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	طول خوشه	تعداد دانه سالم	تعداد دانه پوک	درصد باروری	وزن صد دانه	عملکرد
۱	۱۴۴/۲۵d-f*	۱۷/۵۰bc	۲۸/۱۲c-f	۱۱۲/۷۵ef	۵/۷۵gh	۹۵/۱۴a	۲/۹۵a	۴۹۱۵/۵۰c-e
۲	۱۴۴/۲۵d-f	۱۴/۷۵c-e	۲۴/۶۲gh	۹۸h	۱۰/۵۰d-g	۹۰/۳۳d	۲/۸۲bc	۴۵۹۲d-g
۳	۱۴۴/۵۰d-f	۱۷/۲۵bc	۲۶/۷۵e-g	۱۰۵/۵۰f-h	۱۱d-f	۹۰/۵۵cd	۲/۸۰c	۴۹۴۴/۲۵b-e
۴	۱۴۱/۵۰fg	۱۵/۵۰c-e	۲۷/۷۵d-f	۱۰۶/۵۰f-h	۱۱/۵۰d-f	۹۰/۲۶d	۲/۵۳ef	۵۱۳۱/۲۵bc
۵	۱۳۴/۵۰h	۱۲/۷۵d-f	۲۶/۵۰e-g	۱۱۲ef	۸c-h	۹۳/۳۳a-c	۲/۸۱c	۵۴۳۸/۵۰b
۶	۱۴۵/۷۵c-e	۱۴c-f	۲۶/۷۵e-g	۱۱۷/۵۰de	۷/۲۵f-h	۹۴/۱۹ab	۲/۹۱a	۴۳۸۰/۵۰f-i
۷	۱۴۱/۵۰fg	۱۶/۵۰b-d	۳۱/۵۰a	۱۲۲/۲۵cd	۸/۵۰e-h	۹۳/۵۱a-c	۲/۸۳bc	۴۴۹۲e-h
۸	۱۴۳/۵۰ef	۲۲/۵۰a	۳۱/۲۵a	۹۷/۵۰h	۹/۲۵e-h	۹۱/۳۵b-d	۲/۵۱e-g	۴۶۴۴c-e
۹	۱۴۹/۲۵c	۱۶b-d	۳۰/۶۲ab	۱۰۴f-h	۱۱/۵۰d-f	۹۰/۰۶de	۲/۶۵d	۴۵۹۷/۷۵d-g
۱۰	۱۴۷/۷۵cd	۱۹/۵۰ab	۲۹/۳۷a-d	۱۰۹/۵۰e-g	۷/۷۵e-h	۹۳/۴۰a-c	۲/۴۲gh	۴۹۶۳/۵۰b-e
۱۱	۱۵۴/۵۰b	۱۴/۷۵c-e	۳۱/۵۰a	۱۴۵/۲۵a	۱۲/۵۰de	۹۲/۰۸b-d	۲/۴۱hi	۴۱۰۶/۷۵g-j
۱۲	۱۳۹/۵۰g	۱۵/۵۰c-e	۲۷/۷۵d-f	۱۲۹/۷۵bc	۸/۵۰e-h	۹۳/۸۲ab	۲/۵۹de	۵۹۷۱/۲۵a
۱۳	۱۴۷/۵۰cd	۱۳d-f	۲۶/۵۰e-g	۱۲۵/۲۵cd	۵/۵۰h	۹۵/۷۹a	۲/۵۳ef	۴۲۴۹f-j
۱۴	۱۲۴/۷۵i	۱۰/۵۰f	۲۸/۷۵b-e	۹۹/۵۰h	۳۷a	۷۲/۹۴h	۲/۳۴ij	۴۲۰۸/۷۵f-j
خزر	۱۲ai	۱۳ef	۳۰/۲۵a-c	۱۰۰h	۳۱/۵۰b	۷۶/۰۹g	۲/۲۸jk	۴۰۶۶/۲۵h-j
هاشمی	۱۵۶/۵۰b	۱۴/۷۵c-e	۳۰/۳۷a-c	۱۰۲gh	۱۵/۲۵c	۸۷/۰۵f	۲/۴۷f-h	۳۸۸۵/۷۵ij
طارم محلی	۱۶۲/۲۵a	۱۴/۷۵c-e	۲۵/۸۰fg	۱۱۸de	۱۹/۵۰c	۸۵/۸۱f	۲/۱۳l	۳۷۵۹j
گیلانه	۱۰۷/۷۵j	۱۹/۷۵ab	۲۲/۶۲h	۱۳۵/۲۵b	۱۹/۷۵c	۸۷/۲۵ef	۲/۲۴k	۴۹۹۵/۵۰b-d

* میانگین‌های دارای حروف متفاوت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با آزمون توکی دارند.

میانگین صفت ارتفاع بوته در رشت، چپرسر و مرودشت فارس از ۱۰۸، ۱۰۴ و ۷۹/۵ سانتی‌متر در رقم گیلانه تا ۱۶۲، ۱۶۰ و ۱۱۱/۴ سانتی‌متر در رقم طارم محلی متغیر بود (جدول ۲). در هر سه منطقه، لاین‌های موتانت حاصل از رقم طارم محلی همگی به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته کمتری از رقم طارم محلی داشتند به‌طوری‌که لاین شماره ۵ کمترین ارتفاع بوته در هر سه منطقه را در بین لاین‌های موتانت طارم محلی داشت (جدول ۲). تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط مرودشت ارتفاع بوته بسیار کمتری در مقایسه با رشت و چپرسر داشتند که این می‌تواند به خاطر شرایط متفاوت آب و هوایی در مرودشت با دو مکان رشت و چپرسر باشد. لاین‌های موتانت حاصل از رقم هاشمی به‌جز لاین شماره ۱۱ به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته کمتری نسبت به رقم هاشمی داشتند به‌طوری‌که لاین شماره ۱۲ با ۱۳۹ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع بوته را در بین لاین‌های موتانت هاشمی داشت (جدول ۲). در رشت، بین لاین‌های موتانت طارم محلی به‌جز لاین شماره ۵ که تعداد پنجه کمتری نسبت به رقم طارم محلی داشت بقیه لاین‌ها تعداد پنجه تقریباً مشابهی را با خود رقم طارم محلی داشتند. همچنین، در بین لاین‌های موتانت هاشمی به‌جز دو لاین موتانت ۸ و ۱۰، بقیه لاین‌ها در صفت تعداد پنجه اختلاف معنی‌داری با رقم هاشمی نداشتند (جدول ۲). در چپرسر، لاین‌های موتانت طارم محلی و هاشمی به‌جز لاین شماره ۱۱ اختلاف معنی‌داری با ارقام والدینی خود در میزان میانگین صفت تعداد پنجه در بوته نداشتند. هر چند، در مرودشت، لاین‌های موتانت طارم محلی و هاشمی در صفت تعداد پنجه در بوته اختلاف معنی‌داری با ارقام والدی شان نداشتند. لاین موتانت شماره ۷ بیشترین میانگین طول خوشه را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هر سه منطقه نشان داد (جدول ۲). در رشت و چپرسر، تعداد دانه سالم به‌طور معنی‌داری در تمامی لاین‌های موتانت هاشمی به‌جز دو لاین موتانت با شماره‌های ۸ و ۹ بیشتر از خود رقم هاشمی بود. ولی میزان این صفت در لاین‌های موتانت طارم محلی کمتر و یا مساوی با خود طارم محلی بود (جدول ۲). اما در مرودشت، میانگین تعداد دانه سالم در خوشه در تمامی لاین‌های طارم محلی و هاشمی به‌جز لاین شماره ۷ کمتر از ارقام والدی شان بود. در رشت و چپرسر، به‌طور کلی درصد باروری لاین‌های موتانت هاشمی و لاین‌های موتانت طارم محلی از والدین آن‌ها بیشتر بود (جدول ۲). ولی در مرودشت، درصد باروری در لاین‌های موتانت طارم محلی از والد آن‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر بود ولی لاین‌های موتانت هاشمی اختلاف معنی‌داری در میانگین این صفت با خود رقم هاشمی نداشتند. در هر سه منطقه، وزن صد دانه در تمامی لاین‌های موتانت طارم محلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از خود رقم طارم محلی بود. ولی لاین‌های

موتانت هاشمی اختلاف معنی‌داری با والد خود در اندازه این صفت نداشتند (جدول ۲). در رشت، بیشترین عملکرد را به ترتیب لاین موتانت شماره ۱۲ با ۵۹۷۱ کیلوگرم در هکتار و سپس لاین موتانت شماره ۵ با ۵۴۳۸ کیلوگرم در هکتار نشان دادند. در چپرس، بیشترین عملکرد به ترتیب در لاین موتانت شماره ۵ با ۶۱۹۳ کیلوگرم در هکتار و سپس لاین موتانت شماره ۱۲ با ۵۹۱۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. هر چند، در مرودشت، بیشترین عملکرد به ترتیب در رقم بومی استان فارس، درودزن با ۵۳۳۰ کیلوگرم در هکتار، لاین موتانت شماره ۵ با ۵۱۳۹ کیلوگرم در هکتار و سپس، لاین موتانت شماره ۱۲ با ۵۰۳۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. در مجموع در هر سه منطقه، لاین‌های موتانت طارم محلی به‌طور معنی‌داری عملکرد بیشتری نسبت به خود رقم طارم محلی داشتند. همچنین، لاین‌های موتانت هاشمی بجز دو لاین شماره ۷ و ۱۲ تفاوت معنی‌داری با خود رقم هاشمی در میزان عملکرد نداشتند (جدول ۲).

نتایج سال دوم

با تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در سال دوم، مشخص شد که در هر سه منطقه، اثر ژنوتیپ در همه صفات مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار شد که این بیانگر اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در این صفات بود. بعنوان مثال، میزان ضریب تغییرات صفات در منطقه رشت، از ۱/۶۷ برای صفت وزن صد دانه تا ۱۷/۸۰ برای صفت تعداد دانه پوک در خوشه متغیر بود (جدول ۳). با توجه به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ برای تمامی صفات مورد بررسی، مقایسه میانگین بر اساس آزمون توکی در سطح پنج درصد برای تمامی صفات انجام شد که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در رشت - سال ۱۳۹۵

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	طول خوشه	تعداد دانه سالم	تعداد دانه پوک	درصد باروری	وزن صد دانه	عملکرد
تکرار	۳	۹/۷۴ ^{ns}	۵/۰۷*	۰/۳۷ ^{ns}	۳۷/۸۷*	۵/۲۰ ^{ns}	۳/۲۸ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۲۵۷۵۷ ^{ns}
ژنوتیپ	۱۷	۶۱۹/۳**	۱۶/۲۰**	۲۲/۵۳**	۴۴۲/۰۴**	۳۶۹/۱۰**	۱۹۲/۸**	۰/۳۹۸**	۹۶۱۲۹۷**
خطا	۵۱	۱۷/۷۸	۱/۵۹	۱/۰۱	۱۲/۵۶	۵۱/۱۹	۲/۳۸	۰/۰۰۲	۲۶۹۰۸
ضریب تغییرات		۲/۹۸	۸/۲۳	۳/۶۷	۳/۴۲	۱۷/۸۰	۱/۷۳	۱/۶۷	۳/۴۸

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های موتانت و ارقام شاهد در رشت - سال ۱۳۹۵

ژنوتیپ	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	طول خوشه	تعداد دانه سالم	تعداد دانه پوک	درصد باروری	وزن صد دانه	عملکرد
۱	۱۳۵/۲۵ef *	۱۵/۲۵a-e	۲۷/۲۵d-g	۱۱۸/۵۰a	۷/۲۵fg	۹۴/۲۲a-c	۳b	۴۶۳۶e-i
۲	۱۴۴/۷۵c-e	۱۳/۲۵c-f	۲۶/۳۷e-h	۸۷/۵۰f	۷/۵۰fg	۹۲/۰۸bc	۲/۹۹b	۴۶۷۹/۷۵c-g
۳	۱۴۴/۷۵c-e	۱۸/۲۵a	۲۷/۵۰c-g	۹۳/۷۵ef	۱۰ef	۹۰/۳۹c-e	۳/۲۲a	۴۲۵۳/۵۰-jz
۴	۱۴۲/۷۵c-e	۱۶/۵۰a-c	۲۵/۳۷f-i	۹۹/۵۰c-e	۱۰/۵۰ef	۹۰/۴۵c-e	۳/۲۲a	۴۶۹۷/۲۵c-g
۵	۱۳۵/۷۵d-f	۱۷/۲۵a	۲۸b-e	۱۱۰/۵۰ab	۹/۵۰e-g	۹۲/۰۹bc	۲/۸۳cd	۶۱۵۲/۲۵a
۶	۱۴۳c-e	۱۳/۷۵b-f	۲۵/۸۷e-h	۱۰۵b-d	۸e-g	۹۲/۹۳a-c	۲/۹۳bc	۴۶۵۱d-i
۷	۱۴۴c-e	۱۵/۵۰a-e	۳۱/۸۷a	۱۱۴ab	۳/۷۵g	۹۶/۸۴a	۲/۷۲de	۵۰۷۷/۲۵bc
۸	۱۴۶/۵۰b-d	۱۶ad	۳۰/۲۵ab	۹۶/۲۵d-f	۹/۵۰e-g	۹۱/۰۲b-d	۲/۶۳e-g	۴۰۷۸/۷۵j
۹	۱۴۵/۷۵b-e	۱۶ad	۲۷/۶۲c-f	۹۵ef	۹/۲۵e-g	۹۱/۱۲b-d	۲/۶۹ef	۴۷۴۳/۵۰c-f
۱۰	۱۴۸bc	۱۱/۵۰f	۲۹/۷۵a-d	۱۰۰c-e	۶fg	۹۴/۳۶a-c	۲/۶۱e-g	۴۲۶۱/۷۵h-j
۱۱	۱۴۹bc	۱۶ad	۳۰a-c	۱۱۲/۷۵ab	۹/۷۵ef	۹۲/۰۶bc	۲/۶۸ef	۴۵۶۰/۷۵e-i
۱۲	۱۴۰/۲۵c-e	۱۷/۲۵a	۲۸b-e	۱۱۹/۵۰a	۷fg	۹۴/۴۷ab	۲/۵۶g	۵۴۱۶/۷۵b
۱۳	۱۴۴/۷۵c-e	۱۳/۵۰b-f	۲۶/۶۲e-h	۱۰۶/۲۵bc	۷/۵۰fg	۹۳/۴۲a-c	۲/۵۲g	۴۸۱۲c-e
۱۴	۱۲۸f	۱۲/۷۵d-f	۲۴/۳۷hi	۹۲/۷۵ef	۴۱/۵۰a	۶۹/۰۵h	۲/۳۷h	۴۳۷۶/۷۵f-j
خزر	۱۲۸/۲۵f	۱۲/۵۰ef	۲۵hi	۹۷/۷۵c-e	۲۹/۷۵b	۷۶/۸۲g	۲/۳۷h	۴۵۸۲e-i
هاشمی	۱۵۶ab	۱۵/۷۵a-e	۳۰/۷۵a	۸۸/۵۰f	۱۳/۷۵de	۸۶/۵۸e	۲/۶۰fg	۴۴۰۶/۷۵e-j
طارم محلی	۱۶۲a	۱۶/۷۵ab	۲۷/۵۰c-g	۱۰۹/۲۵b	۲۳/۵۰c	۸۲/۳۵f	۲/۱۹i	۴۲۰۰g-j
گیلان	۱۰۴/۲۵g	۱۸/۲۵a	۲۲/۸۷i	۱۱۸/۷۵a	۱۶/۵۰d	۸۷/۸۰ed	۲/۳۵h	۵۰۷۳/۲۵b-d

* میانگین‌های دارای حروف متفاوت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با آزمون توکی دارند.

کمترین ارتفاع بوته در سال دوم همانند سال اول در هر سه منطقه، در رقم گیلان و بیشترین آن در رقم طارم محلی در بین تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شد (جدول ۴). در رشت و چپرسر، لاین‌های موتانت رقم طارم محلی همگی به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته کمتری از رقم طارم محلی داشتند. همچنین، در بین لاین‌های موتانت رقم هاشمی نیز لاین شماره ۱۲ کمترین ارتفاع بوته (۱۳۱ سانتی‌متر) را داشت (جدول ۴). ولی در مرودشت، تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هر دو سال مورد بررسی، ارتفاع بوته بسیار کمتری در مقایسه با رشت و چپرسر داشتند. لاین‌های موتانت رقم طارم محلی همگی به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته کمتری از رقم طارم محلی داشتند ولی لاین‌های موتانت رقم هاشمی در ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری با خود رقم هاشمی نداشتند. در هر سه منطقه، لاین‌های موتانت طارم محلی و هاشمی اختلاف معنی‌داری با ارقام والدی خود در میزان میانگین صفت تعداد پنجه نداشتند (جدول ۴). از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین طول خوشه در لاین موتانت شماره ۷ در هر سه منطقه مشاهده شد (جدول ۴). در هر سه منطقه، میانگین تعداد دانه سالم در خوشه در تمامی لاین‌های طارم محلی به جز شماره ۱ و ۵ به‌طور معنی‌داری کمتر از خود رقم طارم محلی بود در حالیکه تقریباً تمامی لاین‌های موتانت هاشمی به‌طور معنی‌داری تعداد دانه سالم بیشتری نسبت به خود رقم هاشمی تولید کردند

(جدول ۴). صفت درصد باروری در منطقه رشت، نظیر سال اول، در لاین‌های موتانت هاشمی و لاین‌های موتانت طارم محلی از والدین آن‌ها بیشتر بود (جدول ۲ و ۴). در حالیکه در منطقه چپرس، درصد باروری در لاین‌های موتانت طارم محلی از والد آن‌ها بیشتر بود ولی لاین‌های موتانت هاشمی اختلاف معنی‌داری در میانگین این صفت با خود رقم هاشمی نداشتند. در هر سه منطقه، نظیر سال اول، وزن صد دانه در تمامی لاین‌های موتانت طارم محلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از خود رقم طارم محلی بود. ولی لاین‌های موتانت هاشمی اختلاف معنی‌داری با والد خود در اندازه این صفت نداشتند (جدول ۴). در رشت و چپرس، بیشترین عملکرد به‌ترتیب در لاین موتانت شماره ۵ با ۶۱۵۲ و ۵۹۲۷ کیلوگرم در هکتار و سپس، لاین موتانت شماره ۱۲ با ۵۴۱۷ و ۵۲۸۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). در رشت، علاوه بر لاین‌های موتانت با شماره‌های ۵ و ۱۲، لاین موتانت شماره ۷ عملکرد بسیار خوبی را طی دو سال از خود نشان داد. در مرودشت، بیشترین عملکرد به‌ترتیب در رقم بومی درودزن با ۵۳۵۴ کیلوگرم در هکتار، لاین موتانت شماره ۱۰ با ۴۹۱۰ کیلوگرم در هکتار، لاین موتانت شماره ۵ با ۴۷۱۷ کیلوگرم در هکتار و سپس، لاین‌های موتانت شماره ۱۲ و ۷ با ۴۷۱۹ و ۴۵۹۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

نتایج تجزیه واریانس مرکب ۱۸ ژنوتیپ برای صفات مورد مطالعه نشان داد که اثر محیط برای کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، به این مفهوم که محیط طبیعی و تنش خشکی اثر یکسانی بر روی صفات مذکور نداشتند یا به عبارت دیگر، تغییر در میزان این صفات در دو شرایط اسمزی معنی‌دار بوده است، که یکی از دلایل آن بخاطر این است که بیشتر صفات مذکور به‌خاطر زمان بروز آنها و عوامل دیگر، بیشتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند یعنی صفات اندازه‌گیری شده در مراحل ابتدایی رشد که تنش خشکی وجود نداشت، تحت تاثیر قرار نگرفته و بخش عمده‌ای از دوره تداوم این صفات مانند عملکرد دانه، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد خوشه‌چه در خوشه که در مراحل انتهایی رشد گیاه است، به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تغییرات شرایط تنش خشکی قرار گرفتند. اثر سال هم برای کلیه صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده وضعیت متفاوت سال در بروز صفات مورد مطالعه می‌داد. همچنین بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات تنوع قابل ملاحظه‌ای در هر دو محیط وجود داشت که مفهوم آن این بود که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر کلیه صفات وجود داشت. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز برای تمامی صفات معنی‌دار بود، به این مفهوم که واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط متفاوت اسمزی یکسان نبوده است. به عبارت دیگر، شرایط محیطی مختلف اثرات متفاوتی بر روی ژنوتیپ‌ها اعمال نموده‌اند، به‌طوری که برخی از ژنوتیپ‌هایی که در محیط طبیعی دارای ارزش بالاتری بودند، در محیط دارای تنش خشکی ارزش کمتری داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات در ژنوتیپ‌های برنج در محیط‌های بدون تنش و تنش خشکی در رشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) صفات مورد بررسی					
		ارتفاع بوته	تعداد پنجه	طول خوشه	دانه پر	دانه پوک	درصد باروری
محیط	۱	۳۲۷۳/۷۵**	۱۶۸/۰۶**	۱۸/۱۰**	۴۰۷۷۸/۹۲**	۱۵۱۰۹/۰۱**	۱۳۷۲۵/۳۹**
سال	۱	۳۴/۰۳*	۹۵/۶۸**	۴۰/۶۵**	۵۲۰/۰۳**	۱۰۲/۷۲**	۶۱/۵۶**
سال × محیط	۱	۱۶۰/۵۰**	۵۳/۳۹**	۰/۴۸ ^{ns}	۳۵۶۳/۰۹**	۲۹/۳۹*	۱۰۳/۱۵**
بلوک (سال) × محیط	۸	۴/۱۷ ^{ns}	۲/۷۰ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۱۹/۱۲ ^{ns}	۶/۴۰ ^{ns}	۱/۷۱ ^{ns}
ژنوتیپ	۱۷	۲۱۷۷/۱۸**	۵۵/۳۴**	۶۳/۵۹**	۱۸۷۶/۷۴**	۲۰۵۷/۸۹**	۱۱۷۲/۱۹**
ژنوتیپ × محیط	۱۷	۴۰/۸۶**	۲۷/۰۰**	۷/۵۲**	۶۸۲/۰۲**	۱۵۵/۳۷**	۱۳۳/۳۴**
ژنوتیپ × سال	۱۷	۱۷/۰۳**	۹/۰۹**	۱۵/۹۴**	۷۹/۸۱**	۲۳/۴۱**	۱۰/۶۱**
ژنوتیپ × محیط × سال	۱۷	۲۰/۸۴**	۲۴/۷۱**	۳/۳۹**	۱۳۲/۰۸**	۲۱/۶۲**	۸/۸۶**
اشتباه آزمایشی	۱۳۶	۵/۹۹	۲/۰۶**	۱/۰۶	۱۴/۳۱	۵/۸۸	۲/۷۲
ضرب تغییرات	-	۱/۷۷	۸/۸۴	۳/۷۴	۳/۹۱	۱۱/۹۳	۱/۹۹

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد.



پس از بررسی نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی و مقایسه میانگین این صفات در ژنوتیپ‌های موتانت و ارقام شاهد در مکان‌ها و سال‌های مختلف و تجزیه واریانس مرکب صفات در ژنوتیپ‌های برنج در محیط‌های بدون تنش و تنش خشکی و با توجه به بالاتر بودن عملکرد لاین‌های امیدبخش با شماره های ۵، ۱۲ و ۷ نسبت به سایر لاین‌ها در هر سه مکان طی دو سال، این سه لاین امیدبخش، برای استفاده در طرح‌های تحقیقی ترویجی به‌منظور معرفی رقم انتخاب شدند.

۴. مراجع

1. Swamy M., Akhlaqur Rahman M., Asilo A., Amparado A., Manito Ch., Chadha-Mohanty P., Reinke R.F., Slamet-Loedin I. (2016). Advances in breeding for high grain Zinc in Rice. Rice, 9(1). DOI: 10.1186/s12284-016-0122-5.
2. Successful Mutation Breeding Programmes in Vietnam (2014). Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Retrieved 31 July 2014. <http://www-naweb.iaea.org/nafa/news/pbg-vietnam-story.html>.
3. Awan, M.A. (1991). Use of induced mutations for crop improvement in Pakistan. In: Plant Mutation Breeding for Crop Improvement. IAEA, Vienna, p. 67-72.
4. Lafitte H.R., Blum B., Atlin G. (2003). Using secondary traits to help identify drought-tolerant genotypes. In book: Breeding rice for drought-prone environments. Publisher: IRRI.
5. Abdollahi Mobarhen Sh. (2007). Determination of yield stability of advanced rice lines. MSc Thesis. Azad university of Karaj. (In Persian)
6. Hallajian M.T., Ebadi A.A. (2015). Development of drought-tolerant rice plants using mutation breeding and proteomics techniques. Final reports No. 46845. Rice Research Institute, Rasht. (In Persian)