

پایداری عملکرد رگه‌های امیدبخش برنج در استان مازندران

ایمان عشقی^۱، رسول اصغری زکریا^{۲*}، علیرضا نبی‌پور^۳، امید سفالیان^۲ و محمد نوروزی^۴

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشیار، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳ و ۴. استادیار و مربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، آمل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ده ژنوتیپ برنج شامل هشت رگه (لاین) امیدبخش و دو رقم زراعی (فجر و شیرودی) به عنوان شاهد، در سال‌های زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در سه منطقه از استان مازندران (آمل، ساری و تنکابن) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس جداگانه گویای وجود تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه در همه محیط‌ها (شش آزمایش) بود. در تجزیه واریانس مرکب با فرض تصادفی بودن سال و مکان و ثابت بودن تیمار، تأثیر ژنوتیپ، اثر متقابل سال×مکان، اثر متقابل ژنوتیپ×مکان و اثر متقابل ژنوتیپ×سال×مکان معنی‌دار به دست آمد. برای تعیین پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی، مقادیر واریانس و ضریب تغییرپذیری محیطی، واریانس درون مکانی، اکوالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، شیب خط رگرسیون، واریانس انحراف از خط رگرسیون، میانگین رتبه عملکرد و انحراف معیار آن برای هر ژنوتیپ محاسبه شد. نتایج این پژوهش نشان داد رگه‌های امیدبخش ۱-۱-۳۳-۲۷۶۱۰ و ۲-۱-۵-۳-۲۷۶۵ از نظر عملکرد نسبت به رقم شاهد فجر برتری داشته ولی نسبت به رقم شیرودی تفاوت معنی‌داری نداشتند. در نهایت بر پایه بیشتر فراسنجه‌های پایداری رگه‌های امیدبخش بالا و رقم شیرودی به ترتیب با میانگین عملکرد ۷۵۳۱، ۶۴۲۴ و ۶۵۰۱ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، برنج، فراسنجه پایداری، ضریب تغییرپذیری محیطی.

Yield stability of rice promising lines in Mazandaran Province

Iman Eshghi¹, Rasool Asghari Zkaria^{2*}, Alireza Nabipour³, Omid Sofalian² and Mohamad Norouzi³

1. Former M.Sc. Student of Plant Breeding, College of Agricultural Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2. Associate Professor, College of Agricultural Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran

3, 4. Assistant Professor and Instructor, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rice Research Institute of Iran, Mazandaran, Amol, Iran

(Received: Aug. 8, 2015 - Accepted: Feb. 6, 2016)

ABSTRACT

In order to investigate the yield stability of eight promising rice genotypes, these lines along with Shiroudi and Fajr cultivars as control were sown in three regions of Mazandaran province (Amol, Sari and Tonekabon) as randomized complete block arrangements with three replications in 2012 and 2013. Analysis of variance for grain yield indicated significant differences among the genotypes in all environments (six experiment). Combined analysis of variance with assumption of random effects for year and location and fixed effect for genotype, revealed significant genotype main effect and year×location, genotype×location and genotype×year×location interactions. To determine the yield stability of the genotypes, were calculated several stability parameters including the variance and coefficient of environmental variability, Wricke's equivalence, Shukla's stability variance, regression coefficient, variance of deviation from regression, variance within locations, mean rank and its standard deviation. The results showed that the promising lines 27610-33-1-1 and 2765-3-5-1-2 were superior than Fajr cultivar and without significant differences with Shiroudi cultivar in respect of grain yield. Based on the majority of stability parameters, lines 27610-33-1-1, 2765-3-5-1-2 and Shiroudi cultivar were recognized as stable genotypes with average yield of 7531, 6424 and 6501 kg per hectare, respectively.

Keywords: coefficient of environmental variability, genotype × environment interaction, rice, stability parameter.

مقدمه

برنج پس از گندم، مهم‌ترین محصول غذایی مردم جهان به‌شمار می‌آید و بیش از نیمی از مردم جهان، برنج را به‌عنوان غذای اصلی خود مصرف می‌کنند (Kanbar *et al.*, 2011). با توجه به میزان مصرف سرانه برنج در ایران و روند رشد جمعیت و محدودیت‌های منابع تولید، نیاز به واردات این محصول در کشور شایان‌توجه است. با توجه به تغییر شرایط اقلیمی از منطقه‌ای به منطقه دیگر و از سالی به سال دیگر، برای بررسی ثبات عملکرد رگه (لاین)‌های اصلاحی در مناطق مختلف باید اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بررسی شود (Freeman, 1973). در این زمینه، به دنبال اصلاح رگه‌های پر محصول و باکیفیت، انتخاب رقم‌های پایدار و سازگار ضروری بوده و اهمیت ویژه‌ای دارد. در این رابطه اجرای آزمایش‌های ناحیه‌ای مقایسه عملکرد رگه‌های جدید به همراه رقم‌های شاهد، در مناطق و سال‌های مختلف ضروری است تا درجه سازگاری و ثبات عملکرد این رقم‌ها در شرایط مختلف محیطی بررسی شود (Lin *et al.*, 1986). پایداری و سازگاری دو واژه پرکاربرد و مهم در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط هستند. به توان ژنتیکی تولید عملکرد بالا در طیف گسترده‌ای از محیط‌ها، سازگاری می‌گویند که به دو دسته خصوصی و عمومی تقسیم می‌شود. رقم (واریته)‌های دارای سازگاری عمومی در محیط‌های مختلف عملکرد بیشتری دارند اما رقم‌های با سازگاری خصوصی به‌طور معمول در محیط‌های محدودی ظرفیت بالای ژنتیکی از نظر عملکرد دارند (Cooper & Byth, 1996) که باعث می‌شود چنین رقمی در زیر نواحی خاصی از یک ناحیه بزرگ استفاده شود. اما مفهوم پایداری عملکرد به ثبات عملکرد آن در شرایط محیطی مختلف اطلاق می‌شود. هرچند بیشتر محققان مفهوم سازگاری و پایداری عملکرد را یکسان و به مفهوم عملکرد بالا و با ثبات یک رقم در محیط‌های مختلف در نظر گرفته‌اند ولی برخی از محققان مفهوم سازگاری را بیشتر به داشتن عملکرد بالا و پایدار در مکان‌های مختلف و در ارتباط با اثر متقابل ژنوتیپ \times مکان در نظر می‌گیرند

ولی مفهوم پایداری بیشتر در ارتباط با ثبات عملکرد در طی زمان و در ارتباط با اثر متقابل ژنوتیپ \times سال استفاده می‌شود (Barah *et al.*, 1981; Lin & Binns, 1988; Evans, 1993). به بیان دیگر رقمی که ثبات عملکرد شایان‌توجهی در سال‌های مختلف دارد یک رقم پایدار به‌شمار می‌آید.

گزینش ژنوتیپ‌های پایدار مستلزم استفاده از فراسنجه‌ها و معیارهای مناسب برای تعیین پایداری رقم‌ها است. رقم‌هایی که واریانس یا ضریب تغییرپذیری محیطی پایین‌تری داشته باشند در زمره ژنوتیپ‌های پایدار قرار می‌گیرند (Francis & Wricke, 1978; Romer, 1917). روشی را برای پایداری پیشنهاد کرد که از جمع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای هر ژنوتیپ استفاده می‌کرد. شوکلا (Shukla, 1972) روش واریانس پایداری برای هر ژنوتیپ را ارائه کرد این فراسنجه پایداری برآوردی از واریانس ژنوتیپ مشخص در محیط‌های مختلف است که بر مبنای واریانس باقی‌مانده در گروه‌بندی دو طرفه ($G \times E$) به دست می‌آید. بنابراین دو فراسنجه پایداری ژنوتیپی پایدارتر به‌شمار می‌آید که شاخص برآوردشده در آن کمینه باشد. Finlay & Wilkinson (1963) ضریب رگرسیون عملکرد هر ژنوتیپ در محیط‌های مختلف روی شاخص محیطی را به‌عنوان معیار پایداری معرفی کردند. شاخص محیطی از تفاوت میانگین عملکرد همه رقم‌ها در یک منطقه خاص، از میانگین عملکرد همه رقم‌ها در همه مناطق به دست می‌آید. در این روش اگر ژنوتیپی ضریب رگرسیون نزدیک به یک داشته باشد و میانگین عملکرد آن از میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها بیشتر باشد به‌عنوان ژنوتیپی با سازگاری عمومی به‌شمار می‌آید. افزون بر میانگین عملکرد و ضریب رگرسیون، واریانس انحراف از خط رگرسیون عملکرد روی شاخص محیطی نیز برای برآورد پایداری عملکرد پیشنهاد شده است (Eberhart & Russell, 1966). بر پایه این روش رقم‌هایی که دارای عملکرد بالا، ضریب رگرسیون معادل یک و انحراف از خط رگرسیون کمتر باشند، پایدارتر هستند.

زیادی با استفاده از فراسنجه‌های مختلف پایداری انجام شده است (Honarnajad *et al.*, 1997, 1998, 2000; Dushyanthakumar & Shadadshari, 2007; Mahalingam *et al.*, 2006; Nassir & Ariyo, 2011; Rahim Soroush & Rabiei, 2008; Rahim Soroush, 2005; Allahgholipour *et al.*, 2006; Ramazani, 2012; Honarnajad *et al.* (1997) در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۵ پایداری عملکرد و سازگاری یازده رقم برنج را در سه منطقه از استان گیلان ارزیابی شدند. این پژوهشگران با استفاده از تجزیه پایداری به روش Eberhart & Russell (1966)، رقم ۴۲۳ (بجار) را به‌عنوان پایدارترین رقم مشخص کردند همچنین بر پایه دیگر فراسنجه‌های تجزیه پایداری شامل واریانس درون مکانی، واریانس محیطی و ضریب تغییرپذیری محیطی نیز رقم‌های ۴۲۱، ۴۱۷ و ۴۲۳ به‌عنوان رقم‌های پایدار و سازگار توسط این پژوهشگران معرفی شدند. Rahim Soroush & Rabiei (2008) به‌منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و تعیین پایداری عملکرد رقم‌های برنج پژوهشی را با هشت ژنوتیپ برنج (هفت رگه امیدبخش و رقم شاهد خزر) در سه منطقه از استان گیلان به مدت سه سال انجام دادند. پایداری عملکرد رقم‌ها با استفاده از روش‌های مختلف تعیین و رگه‌های ۸۲۹، ۸۳۰، ۸۳۱ و ۸۳۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شدند.

با توجه به نیاز روزافزون کشور به برنج و اهمیت خودکفایی در این محصول راهبردی (استراتژیک)، پژوهش در زمینه دستیابی به رقم‌های جدید با عملکرد بالا، کیفیت مطلوب و سازگار با محیط‌های مختلف اهمیت بالایی دارد. بنابراین، این پژوهش به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ده ژنوتیپ برنج شامل هشت رگه امیدبخش و دو رقم زراعی فجر و شیروودی به‌عنوان شاهد در سه منطقه از استان مازندران انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق هشت رگه امیدبخش برنج منتخب از آزمایش مقدماتی عملکرد به همراه دو رقم رایج منطقه به‌نام‌های فجر و شیروودی (جدول ۱) به‌عنوان شاهد در

بر پایه دسته‌بندی Lin *et al.* (1986) فراسنجه‌های واریانس و ضریب تغییرپذیری محیطی جزء نوع I به‌شمار می‌آیند. ژنوتیپ‌های پایدار در فراسنجه‌های تیپ I، اغلب در محیط‌های مطلوب پاسخ ضعیفی دارند (Lin *et al.*, 1986). اکووالانس (Wi) (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) و روش شیب‌خط رگرسیون (Finlay & Wilkinson, 1963) جزء فراسنجه‌های پایداری نوع II به‌شمار می‌آیند. عیب عمده فراسنجه‌های تیپ II این است که مستقل از ژنوتیپ‌های دیگر در آزمایش نیستند. یعنی اگر ژنوتیپی با این روش در میان گروهی از ژنوتیپ‌های دیگر پایدار باشد، هنگامی با گروه دیگری از ژنوتیپ‌ها کشت شود، ممکن است پایدار نباشد. بنابراین، پایداری که با این معیار به دست می‌آید قابل‌تعمیم به جامعه نیست مگر آنکه ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش نمونه تصادفی از ژنوتیپ‌های کشت‌شده در منطقه باشند. روش ابرها و راسل (Eberhart & Russell, 1966) جزء فراسنجه‌های پایداری III نوع به‌شمار می‌آید. سپس Lin & Binns (1988) آماره واریانس درون مکانی را به‌عنوان آماره نوع چهارم (IV) به این دسته‌بندی اضافه کردند. برای برآورد این فراسنجه پایداری در آغاز برای هر رقم واریانس مربوط به سال‌های درون هر مکان محاسبه شده و پس از میانگین‌گیری از این واریانس‌ها در کل مکان‌ها، واریانس درون مکانی به دست می‌آید. بر پایه این فراسنجه رقم‌هایی که کمترین واریانس را داشته باشند پایداری بالایی دارند.

میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه جزء شاخص‌های نافرسانجه‌ای پایداری به‌شمار می‌آیند. در روش رتبه‌بندی برای تعیین پایداری در آغاز میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر مکان رتبه‌بندی می‌شود. در این رتبه‌بندی ژنوتیپی که بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده رتبه اول و دیگر ژنوتیپ‌ها به ترتیب عملکرد در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌هایی که در رتبه‌بندی در مناطق مختلف کمترین میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه را داشته باشند به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی می‌شوند (Ketata, 1988).

در مورد پایداری ژنوتیپ‌های برنج تحقیقات

برداشت شد و پس از خشک کردن اولیه، با خرمنکوب کوبیده و شلتوکها از ساقه جدا شدند و عملکرد دانه در هر کرت بر پایه تن در هکتار بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد به دست آمد.

تجزیه داده‌های به دست آمده از هر محیط (شش آزمایش) به طور جداگانه توسط نرم افزار MSTATC انجام شد. آزمون بارتلت برای تعیین همگنی واریانس‌های خطا برای انجام تجزیه واریانس مرکب انجام شد. پس از اثبات یکنواختی واریانس‌های خطا، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و تجزیه پایداری به روش ابرهات و راسل توسط نرم افزار CropStat7.2 انجام شد. آزمون F با فرض تصادفی بودن سال و مکان و ثابت بودن تأثیر ژنوتیپ، بر پایه امید ریاضی میانگین مربعات انجام شد. فراسنجه‌های پایداری چندی شامل واریانس محیطی، ضریب تغییرپذیری محیطی، اکووالانس (Wi) (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، روش شیب خط رگرسیون (Finlay & Wilkinson, 1963)، روش ابرهات و رسال (Eberhart & Russell, 1966)، واریانس درون مکانی (Lin & Binns, 1988) و میانگین و انحراف معیار رتبه (Ketata, 1988) عملکرد برای هر ژنوتیپ محاسبه شد.

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در سه منطقه آمل، ساری و تنکابن (جدول ۲) به مدت دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ارزیابی شدند. بذرها این ژنوتیپ‌ها از حوزه معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در آمل تهیه شد. هر رقم در کرت (پلات)های ۳×۴ متری (سطح ۱۲ مترمربع) در فاصله‌های ۲۵×۲۵ سانتی‌متری نشاکاری شد. کود فسفات آمونیوم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد که همه کود فسفات آمونیوم و ۷۰ درصد کود اوره پیش از نشاکاری و ۳۰ درصد کود اوره در مرحله تشکیل خوشه به صورت سرک به شالیزار داده شد. آبیاری بر پایه عرف محل به طور منظم انجام شد و کنترل علف‌های هرز به صورت شیمیایی و مکانیکی انجام پذیرفت. در کنترل شیمیایی از علفکش بوتاکلر ۱۰-۳ روز پس از نشاکاری به میزان ۳-۵ لیتر در هکتار استفاده شد و همچنین وجین دستی در دو نوبت صورت گرفت. کنترل آفت کرم ساقه‌خوار برنج نیز در دو مرحله با سم دانه‌ای (گرانوله) دپازینون ۱۰ درصد تحت نظارت فنی مؤسسه تحقیقات برنج انجام پذیرفت. پس از رسیدگی کامل، با حذف حاشیه از هر سو کرت‌های آزمایشی، بوته‌ها از سطح ۵ مترمربع از وسط هر کرت

جدول ۱. نام رقم‌ها و ژنوتیپ‌های برنج مورد استفاده در این پژوهش

Table 1. Name of rice varieties and genotypes used in this study

No.	Pedigree	Line Number	grain length	Lodging tolerance	Amylose Content (%)
1	Qualitative 7801 × Abchi bochi	27461-1	Long grain	Tolerant	24
2	Salari / IR36	27759-17-1-2-1	Long grain	Tolerant	23
3	(CP231* / Neda) / Neda	28011-3-2-1	Long grain	Tolerant	22
4	(CP231 / Neda) / Neda	28011-1-2-1-1	Long grain	Tolerant	21
5	(A2756 × Rashti Sard) / Nemat	28021-7-1-1-1	Long grain	Tolerant	24
6	Domseih Mashhad / Neda	27610-33-1-1	Long grain	Tolerant	24
7	Neda / Della	2765-3-5-1-2	Long grain	Tolerant	23
8	CP231 / Neda	2769-11-1-1-1	Long grain	Tolerant	21
9	Delamani × Khazar	(Control) Shiroudi	Long grain	Tolerant	23
10	IR62871-175-1-10	(Control) Fajr	Long grain	Tolerant	22

* CP231 is the variety from IRR

* CP231 رقم ارسالی از IRR است.

جدول ۲. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی محل پژوهش

Table 2. Geographical location of the agricultural research stations

No.	Research Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)
1	Rice Research Institute of Iran, Mazandaran, Amol	E 52.41	N 36.28	+29.8
2	Dasht-e-Naz Agricultural Research Station, Sari	E 53.13	N 36.42	+22
3	Rice Research Station, Tonekabon Chaparsar	E 50.50	N 36.54	-20

نتایج و بحث

برای تعیین پایدارترین ژنوتیپ‌ها برای توصیه به مناطق مختلف انجام شد. در بررسی پایداری عملکرد دانه رگه‌های امیدبخش برنج، محققان زیادی برای صفت عملکرد، اثر متقابل دو جانبه و سه جانبه معنی‌دار گزارش کرده‌اند (Rahim Soroush & Rabiei, 2008; Rahim Soroush & Eshraghi, 2006; Allahgholipour, *et al.*, 2006; Ramazani, 2012).
 با توجه به مقایسه‌های میانگین به روش LSD، بیشترین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سه منطقه در دو سال مربوط به ژنوتیپ شماره ۶ (۱-۱-۳۳-۲۷۶۱۰) و کمترین عملکرد نیز مربوط به ژنوتیپ شماره ۵ (۱-۱-۱-۷-۲۸۰۲۱) بود. برخی از رگه‌های امیدبخش از لحاظ عملکرد برتری معنی‌داری را نسبت به رقم فجر (ژنوتیپ ۱۰) از خود نشان دادند، ولی با رقم شیرودی (ژنوتیپ ۹) تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).
 به‌طورکلی نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان از برتری رگه‌های امیدبخش شماره ۱ (۱-۱-۲۷۴۶۱)، ۶ (۱-۱-۳۳-۲۷۶۱۰)، ۷ (۱-۱-۲-۲۷۶۵-۳-۵-۱-۲) و ۸ (۱-۱-۱-۱-۲۷۶۹-۱۱-۱-۱) در همه مناطق تحت بررسی در دو سال آزمایش نسبت به رقم شاهد فجر داشت.

تجزیه واریانس جداگانه (جدول ۳) برای هر محیط (شش آزمایش) نشان داد، در بین ژنوتیپ‌ها برای همه صفات مورد بررسی در سه منطقه (آمل، ساری و تنکابن) در دو سال تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. این امر نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تنوع بالایی وجود دارد که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. آزمون یکنواختی واریانس اشتباه‌های آزمایشی بر پایه آزمون بارتلت معنی‌دار نبوده و گویای یکنواخت بودن اشتباه‌های آزمایشی و امکان انجام تجزیه مرکب بود (جدول ۴).

در تجزیه مرکب (جدول ۴)، اثر متقابل سال × مکان معنی‌دار به دست آمد. همچنین تأثیر ژنوتیپ، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان و اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (سال × مکان) برای صفت عملکرد در این پژوهش که گویای تفاوت پاسخ ژنوتیپ‌ها به محیط‌های متفاوت و نوسان عملکرد ژنوتیپ‌ها در واکنش به محیط‌ها بود، تجزیه پایداری

جدول ۳. میانگین مربعات عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محیط‌های مختلف (شش آزمایش)

Table 3. Mean squares of grain yield of studied genotypes in different environments (six experiments)

S.O.V	Df	2012			2013		
		Amol	Sari	Tonekabon	Amol	Sari	Tonekabon
Block	2	0.028 ^{ns}	0.485 ^{ns}	0.111 ^{ns}	0.581 ^{ns}	0.395 ^{ns}	2.960 ^{**}
Genotype	9	18.714 ^{**}	11.278 ^{**}	6.023 ^{**}	4.382 ^{**}	5.020 ^{**}	3.403 ^{**}
Error	18	0.633	0.422	0.255	0.461	0.428	0.332
CV %		12.96	13.46	8.64	9.96	12.71	11.43

ns, **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, **: Non-significant and significant at the 1% probability level, respectively.

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی برنج در سه مکان در دو سال آزمایش

Table 4. Combined analysis of variance for grain yield of the studied rice genotypes in three locations during the two years

S.O.V	Df	Mean squares
Location	2	35.148 ^{ns}
Year	1	0.193 ^{ns}
Year × Location	2	8.935 ^{**}
Error ₁	12	0.759
Genotype	9	21.560 [*]
Location × Genotype	18	8.381 [*]
Year × Genotype	9	3.114 ^{ns}
Location × Year × Genotype	18	3.694 ^{**}
Error ₂	108	0.422
CV (%)		11.52
Bartlett's chi-square test		1.79

ns, *, **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-Significant, and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سه منطقه در دو سال آزمایش

Table 5. Mean comparison of rice genotypes in three locations during the two years for grain yield

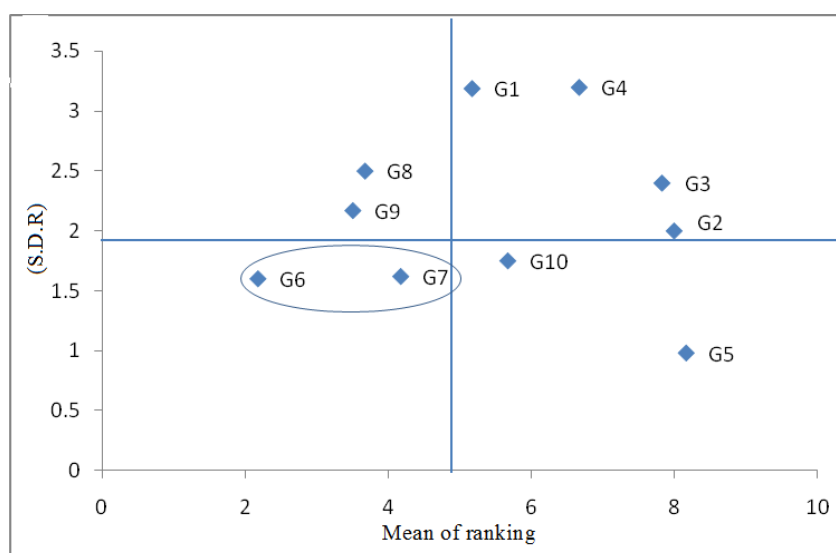
Genotype	2012			2013		
	Amol	Sari	Tonekabon	Amol	Sari	Tonekabon
1	7.948bc	3.200de	6.711ab	8.503a	3.363c	5.307bcd
2	4.490ef	5.067bc	4.689c	4.523e	3.706c	3.681e
3	3.326fg	6.667a	4.224c	5.517de	3.964c	3.829e
4	2.609g	6.467ab	3.642c	6.367bcd	6.510a	4.127cde
5	4.472efg	2.400e	4.611c	5.887cde	4.370bc	4.051de
6	9.558ab	7.367a	7.651a	7.421abc	6.362a	6.824a
7	5.895de	7.033a	6.318b	7.534ab	6.316a	5.445bc
8	9.842a	3.133de	6.909ab	7.711ab	5.801ab	5.571ab
9	7.360cd	4.267cd	7.301ab	7.281abc	6.363a	6.158ab
10	5.937de	2.667e	6.360b	7.444abc	4.475bc	5.408bc

در هر ستون اعدادی که یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column the numbers with the same letters are not significantly different.

انحراف معیار آن به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی انتخاب شدند (جدول ۶ و شکل ۱). ژنوتیپ شماره ۵ هرچند با ۰/۹۸ کمترین انحراف معیار رتبه را به خود اختصاص داد ولی با داشتن بیشترین میانگین رتبه بالا (۸/۱۷) در عمل عملکرد پایین در همه محیط‌ها داشت و بر این پایه ژنوتیپ مطلوبی به شمار نمی‌آید (جدول ۶). Rahim *et al.* (2008) با استفاده از میانگین و انحراف معیار رتبه در تعیین پایداری، رقم نعمت و ژنوتیپ‌های ۷۳۰۵ و ۷۳۰۲ را دارای کمترین میانگین و انحراف معیار در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی گزارش کردند.

نتایج به‌دست‌آمده از رتبه‌بندی میانگین ژنوتیپ‌ها (جدول ۶ و شکل ۱) نشان داد، ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۸، ۹ و ۷ کمترین میانگین رتبه و ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۲ و ۳ بیشترین میانگین رتبه عملکرد را به خود اختصاص دادند. از بین ژنوتیپ‌های با رتبه برتر، دو ژنوتیپ ۶ و ۷ انحراف معیار رتبه پایین‌تری در مقایسه با دو ژنوتیپ ۸ و ۹ داشتند که گویای نوسان عملکرد این ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف کمتر است. بیشترین انحراف معیار رتبه مربوط به ژنوتیپ‌های ۴ و ۱ بود که از لحاظ میانگین رتبه نیز بالاتر از رتبه متوسط بودند. در مجموع ژنوتیپ‌های ۶ و ۷ بر پایه این دو فراسنجه با داشتن کمترین میانگین رتبه و



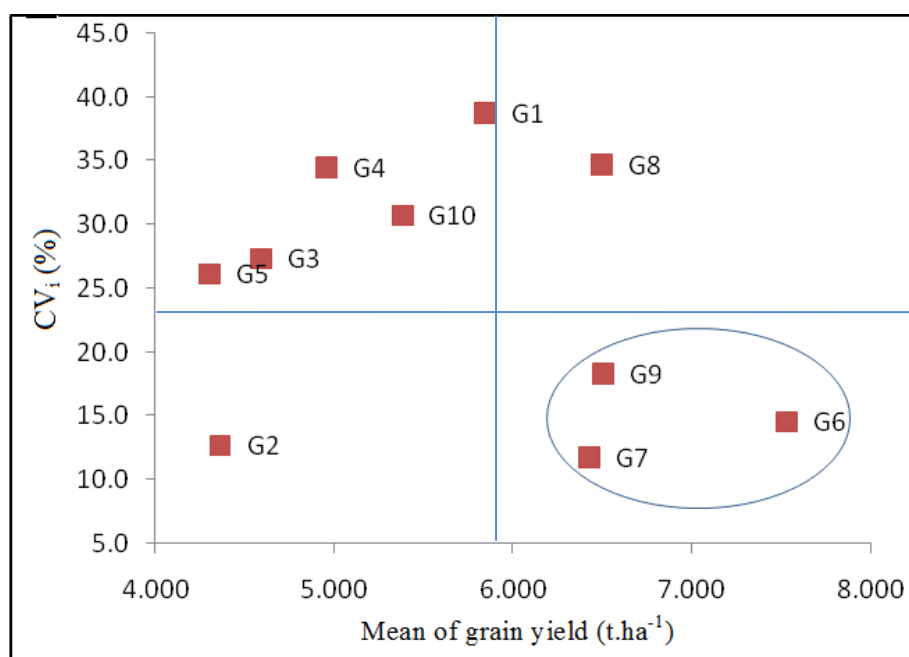
شکل ۱. ترسیم ژنوتیپ‌های برنج بر پایه میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه عملکرد رقم‌های در محیط‌های مختلف. ژنوتیپ‌های منتخب دارای میانگین رتبه عملکرد کمتر و انحراف معیار رتبه اندک مشخص شده‌اند. برای شماره ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ رجوع شود.

Figure 1. Diagram of rice genotypes based on mean rank and rank standard deviation for yield in different environments. The selected genotypes were determined with lower mean rank and lower rank standard deviation for yield. For number of the genotypes see Table 1.

نوع اول (فراسنجه I) شناخته می‌شوند (Lin & Binns, 1991) و عیب این فراسنجه پایداری این است که ژنوتیپ‌های با عملکرد یکنواخت در همه محیط‌ها به‌طور معمول کم محصول هستند.

بر پایه فراسنجه‌های پایداری اکووالانس ریک و شوکلا از معیارهای پایداری نوع دوم (فراسنجه II) نیز ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۹، ۶ و ۷ با داشتن کمترین میزان به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار مشخص شدند. ژنوتیپ‌های ۴ و ۸ بر پایه این دو معیار ژنوتیپ‌های ناپایداری بودند (جدول ۶ و شکل ۳). Rahim Soroush & Eshraghi (2006) رگه‌های شماره ۱ (IR64669-153-2-3) و ۴ (IR67012-168-2-1) را با استفاده از فراسنجه‌های شوکلا و اکووالانس ریک ژنوتیپ‌های پایدار در گیلان معرفی کردند.

ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۷ کمترین واریانس و ضریب تغییرپذیری محیطی را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به خود اختصاص دادند. در مرتبه بعد ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۹ قرار داشتند. باید توجه داشت که ژنوتیپ شماره ۲ با وجود داشتن واریانس محیطی کمتر، در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر عملکرد کمتری داشت و به این خاطر نمی‌تواند ژنوتیپ مطلوبی باشد. ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۸ بیشترین واریانس محیطی را داشتند. در مجموع ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۷ و ۹ با کمترین واریانس و کمترین ضریب تغییرپذیری محیطی و بیشترین عملکرد در بین ژنوتیپ‌های تحت بررسی به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند (جدول ۶ و شکل ۲). واریانس محیطی و ضریب تغییرپذیری محیطی جزء معیارهای پایداری

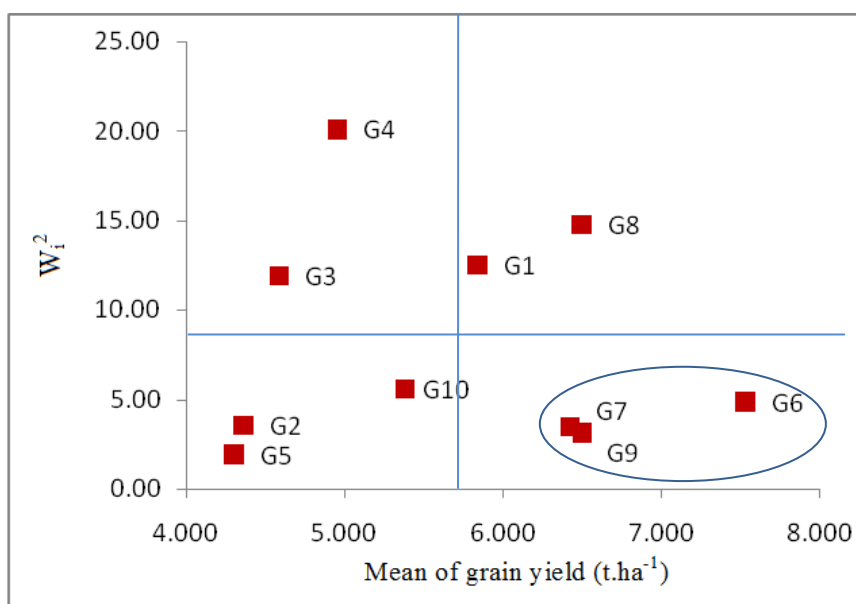


شکل ۲. ترسیم ژنوتیپ‌های برنج بر پایه ضریب تغییرپذیری محیطی و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف. ژنوتیپ‌های منتخب دارای ضریب تغییرپذیری محیطی کمتر و میانگین عملکرد بیشتر مشخص شده‌اند. برای شماره ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ رجوع شود.

Figure 2. Diagram of rice genotypes based on coefficients of environmental variation and the mean of grain yield in different environments. The selected genotypes were determined with the lower coefficients of environmental variation and higher mean for grain yield. For number of the genotypes see Table 1.

۹، ۷ و ۸ با واریانس درون مکانی کمتر در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. بیشترین واریانس درون مکانی نیز متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۴ بود (جدول ۶).

کمترین واریانس درون مکانی نیز مربوط به ژنوتیپ شماره ۶ بود که این ژنوتیپ بر پایه این معیار پایداری، ژنوتیپ پایدارتری بود و ژنوتیپ‌های شماره



شکل ۳. ترسیم ژنوتیپ‌های برنج بر پایه مقادیر اکووالانس ریک و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف. ژنوتیپ‌های منتخب دارای مقادیر اکووالانس ریک کمتر و میانگین عملکرد بیشتر مشخص شده‌اند. برای شماره ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ رجوع شود.

Figure 3. Diagram of rice genotypes based on Wricke's ecovalence values and mean of grain yield in different environments. The selected genotypes were determined with lower of Wricke's ecovalence values and higher mean for grain yield. For number of the genotypes see Table 1.

ندادند در نتیجه این ژنوتیپ‌ها پایداری عمومی و متوسط داشتند. به عبارتی دیگر با بهبود شرایط محیط، عملکرد این ژنوتیپ‌ها به‌طور متوسط افزایش پیدا می‌کند. در این بین دو ژنوتیپ شماره ۳ و ۴ با ضریب رگرسیون منفی متفاوت از دیگر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. این ژنوتیپ‌ها نسبت به محیط مطلوب کارایی کمتر و محیط نامطلوب کارایی بیشتری را از خود نشان می‌دهند (Choukan, 2008). ژنوتیپ شماره ۱ با ضریب رگرسیون ۲/۷۴ و معنی‌دار با ۱ ژنوتیپ مطلوبی برای محیط‌های مساعد به‌شمار می‌آید. این ژنوتیپ در محیط آمل بیشترین کارایی را داشت و ژنوتیپی با سازگاری خصوصی برای این منطقه به‌شمار می‌آید (جدول ۵). همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی واریانس انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد داشتند. بیشترین میزان میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون مربوط به ژنوتیپ‌های ۴، ۸ و ۳ بود، و این ژنوتیپ‌ها بیشترین نوسان‌ها از خط رگرسیون در فرآیند رابطه خطی با شاخص محیطی داشتند، اما ژنوتیپ‌های ۲، ۵ و ۷ کمترین میزان میانگین مربعات

نتایج تجزیه پایداری به روش Eberhart & Russell (1966) در جدول ۷ آورده شده است. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. معنی‌دار شدن واریانس مربوط به محیط خطی نشان می‌دهد که بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر محیط با شاخص محیطی رابطه خطی وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش شاخص محیطی، عملکرد ژنوتیپ‌ها افزایش یافته است. معنی‌دار شدن میانگین مربعات محیط \times اثر متقابل ژنوتیپ نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر میزان پایداری عملکرد و پاسخ به شرایط محیطی تفاوت زیادی وجود دارد. معنی‌دار شدن تأثیر انحراف‌های از خط رگرسیونی (انحراف مرکب) نیز گویای این بود که نقاط مربوط به عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌طور کلی در اطراف خط رگرسیون قرار نداشته و واکنش یک ژنوتیپ در طول تغییر خطی با محیط نوسان‌های زیادی دارد. به‌عبارت‌دیگر واریانس انحراف از خط رگرسیون برای بیشتر ژنوتیپ‌ها به علت وجود اثر متقابل بالا است. ضریب رگرسیون همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌جز ژنوتیپ شماره ۱ اختلاف معنی‌داری با یک نشان

رگرسیون غیر معنی‌دار با ۱ و واریانس انحراف از خط رگرسیون کمتر به‌عنوان ژنوتیپ پایدار تشخیص دادند.

با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری عملکرد برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی برنج در مجموع می‌توان گفت که بر پایه بیشتر فراسنجه‌های پایداری مورد استفاده، رگه‌های شماره ۶ و ۷ (۱-۱-۳۳-۲۷۶۱۰ و ۲-۱-۵-۳-۲۷۶۵) و نیز رقم شیروودی به ترتیب با میانگین عملکرد ۷۵۳۱، ۶۴۲۴ و ۶۵۰۱ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول و پایدار انتخاب می‌شوند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد، رگه‌های امیدبخش شماره ۶ و ۷ (۱-۱-۳۳-۲۷۶۱۰ و ۲-۱-۵-۳-۲۷۶۵) برتری معنی‌داری از لحاظ عملکرد نسبت به رقم شاهد فجر داشتند ولی نسبت به رقم شاهد شیروودی اختلاف معنی‌داری نداشتند.

انحراف از خط رگرسیون در جدول تجزیه واریانس را داشتند (جدول ۷). بر پایه سه فراسنجه مهم روش Eberhart & Russell (1966) شامل میانگین عملکرد، ضریب رگرسیون و واریانس انحراف از خط رگرسیون برای انتخاب ژنوتیپ پایدار می‌توان گفت که ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۷ و ۹ به دلیل عملکرد بالاتر، ضریب رگرسیون غیر معنی‌دار با یک و واریانس انحراف از خط رگرسیون کمتر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب می‌شوند (جدول ۷). بر پایه روش Eberhart & Russell (1966)، رقم Lalat ژنوتیپ پایداری معرفی شده است (Das et al., 2011). Rahim Soroush & Rabiei (2008) نیز واریانس انحراف از خط رگرسیون معنی‌داری برای همه ژنوتیپ‌های تحت بررسی به‌جز رگه ۸۳۱ گزارش کردند و این رگه را به خاطر عملکرد بالا، ضریب

جدول ۶. برآورد معیارهای پایداری برای ژنوتیپ‌های برنج مورد بررسی

Table 6. Estimation of stability parameters for rice genotypes

G	M	r	S _r	S _i ²	CV _i (%)	(W _i ²)	(σ _i ²)	MS _{v/p}	b _i	S ² d _i
1	5.839	5.17	3.19	5.135	38.81	12.512	2.901	2.903	2.74 [*]	0.770 ^{**}
2	4.361	8.00	2.00	0.309	12.75	3.533	0.656	6.413	0.16 ^{ns}	0.225 ^{ns}
3	4.588	7.83	2.40	1.575	27.36	11.908	2.749	6.643	-0.18 ^{ns}	1.803 ^{**}
4	4.954	6.67	3.20	2.921	34.51	20.109	4.800	6.753	-0.43 ^{ns}	3.374 ^{**}
5	4.299	8.17	0.98	1.264	26.16	1.905	0.249	6.867	1.25 ^{ns}	0.290 ^{ns}
6	7.531	2.17	1.60	1.206	14.58	4.881	0.993	0.110	0.69 ^{ns}	1.011 [*]
7	6.424	4.17	1.60	0.572	11.78	3.478	0.643	1.700	0.40 ^{ns}	0.460 [*]
8	6.495	3.67	2.50	5.097	34.76	14.771	3.465	1.780	2.32 ^{ns}	2.271 ^{**}
9	6.501	3.50	2.17	1.423	18.35	3.117	0.552	1.485	1.18 ^{ns}	0.616 [*]
10	5.382	5.67	1.75	2.742	30.77	5.567	1.164	3.899	1.88 ^{ns}	0.678 ^{**}

ns, *, ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

G=ژنوتیپ، M= میانگین عملکرد (تن در هکتار)، r= میانگین رتبه، Sr= انحراف معیار رتبه، Si2= واریانس محیطی، CVi= ضریب تغییرات محیطی، Wi2= اکوالانس ریک، σi2= واریانس پایداری شوکلا، MSy/p= واریانس درون مکانی، bi= ضریب رگرسیون و S2di= واریانس انحراف از خط رگرسیون.

ns, * and **: Non- Significant, and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

G= genotype, M= mean grain yield (t/ha), r= Mean rank, Sr= rank standard deviation, S_i²= environmental variance, CV_i=coefficient of environmental variation (Francis and Kannenberg 1978), W_i² = ecovalece (Wricke 1962), σ_i²=Shukla stability variance (Shukla 1972), MS_{v/p}= intra location variance, bi= regression coefficient, S²d_i= deviation from regression (Eberhart and Russell 1966).

جدول ۷. تجزیه واریانس پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج به روش ابرهارت و راسل

Table 7. The stability analysis of variance for grain yield of rice genotypes using Eberhart and Russell method

S.O.V	Df	Sum squares	Mean squares
Total	59	175.934	
Genotype (G)	9	64.694	7.188 ^{**}
Environment (E) + (G × E)	50	111.240	
Environment (linear)	1	29.449	29.449 ^{**}
G × E (linear)	9	30.172	3.352 ^{**}
Combined deviations	40	51.619	1.291 ^{**}
Genotype 1	4	3.644	0.911 ^{**}
Genotype 2	4	1.463	0.367 [*]
Genotype 3	4	7.775	1.944 ^{**}
Genotype 4	4	14.050	3.515 ^{**}
Genotype 5	4	1.722	0.431 [*]
Genotype 6	4	4.607	1.152 ^{**}
Genotype 7	4	2.403	0.601 ^{**}
Genotype 8	4	9.646	2.411 ^{**}
Genotype 9	4	3.025	0.756 ^{**}
Genotype 10	4	3.274	0.818 ^{**}
Combined error	108	175.934	0.141

ns, *, ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non- Significant, and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

سپاسگزاری

آمل، تنکابن و ساری که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

از همه همکاران عزیز در ایستگاه‌های تحقیقاتی برنج

REFERENCES

- Allahgholipour, M., Mohammad Salehi, M. S., Ali, J. A., Nahvi, M., Padasht Dehkaei, F., Tvazo, M. & Mehregan, H. (2006). Effect of genotype \times environment interaction and yield stability in promising rice lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 16(4), 51-58. (in Farsi)
- Barah, B. C., Binswanger, H. P., Rana, B. S. & Rao, G. P. (1981). The use of risk aversion in plant breeding; concept and application. *Euphytica*, 30, 451-458.
- Choukan, R. (2008). *Methods of genetical analysis of quantitative traits in plant breeding*. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj. P270. (in Farsi)
- Cooper, M. & Byth, D. E. (1996). Understanding plant adaptation to achieve systematic applied crop improvement - A fundamental challenge. In M. Cooper & G.L. Hammer, (eds.) *Plant adaptation and crop improvement*, p. 5-23. Wallingford, UK, CABI.
- Das, S., Misra, R. C., Das, S. R., Patnaik, M. C. & Sinha, S. K. (2011). Integrated analysis for genotypic adaptation in rice. *African Crop Science Journal*, 19, 15-28.
- Dushyanthakumar, D. M. & Shadadshari, Y. G. (2007). Stability analysis of P.U. Belliyappa local rice mutants. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20, 724-726.
- Eberhart, S. A. & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36-40.
- Evans, L.T. 1993. *Crop evolution, adaptation, and yield*. New York, Cambridge Univ. Press.
- Finlay, K. W. & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742-754.
- Francis, T. R. & Kannenberg, L. W. (1978). Yield stability studies in short season-maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 1029-1034.
- Freeman, G. H. (1973). Statistical methods for the analysis of genotype environment interaction. *Heredity*, 31, 339-354.
- Honarnejad, R., Dorosti, H., Mohammad Salehi, M. S. & Tarang, A. (1997). Assessment of stability and adaptability in rice varieties in different environmental conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 4, 32-42. (in Farsi)
- Honarnejad, R., Abdollahi, S., Mohammad-Salehi M. S. & Dorosti, H. (2000). Consideration of adaptability and stability of grain yield of progressive rice (*Oryza sativa* L.) lines. *Research Agricultural Science*, 1, 1-9.
- Honarnejad, R., Moin M. J. & Dorosti, H. (1998). Stability analysis of rice cultivars in some locations of Gillan province. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 29, 723-31. (in Farsi)
- Kanbar, A., Katsuhiko, K. & Shashidhar, H. E. (2011). Comparative efficiency of pedigree, modified bulk and single seed descent breeding methods of selection for developing high-yielding lines in rice (*Oryza sativa* L.) under aerobic condition. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2(2), 184-193.
- Ketata, H. 1988. *Genotype environment interaction*. ICARDA. *Proceeding of Biometrical Technique for Cereal Breeders*. pp. 16-32.
- Lin, C. S. & Binns, M. R. (1988). A method of analyzing cultivar \times location \times year experiment: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, 76, 425-430.
- Lin, C. S., Binns, M. R. (1991). Genetic properties of four types of stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, 82, 505-509.
- Lin, C. S., Binns, M. R. & Lefkovich, L. P. (1986). Stability analysis; where do we stand? *Crop Science*, 26, 894-900.
- Mahalingam, L., Mahendran, S., Chandra Babu, R. & Atlin, G. (2006). AMMI analysis for stability of grain yield in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Botany*, 2, 104-106.
- Nassir, A. L. & Ariyo, O. J. (2011). Genotype \times environment interaction and yield stability analyses of rice grown in tropical inland swamp. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39, 220-225.
- Rahim Soroush, H. & Eshraghi, A. (2006). Study of stability and performance of the rice lines. *Agriculture Journal*, 7, 25-36. (in Farsi)
- Rahim Soroush, H. & Rabiei, B. (2008). Evaluation of yield stability of rice genotypes in different regions of Guilan Province. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 18, 105-114. (In Farsi).
- Rahim Soroush, H. (2005). Yield Stability of promising rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 7, 112-122. (in Farsi)

25. Rahim Soroush, H., Eshraghi, A., Mohadesi, H. & Sharafi, N. (2008). Study on morphological traits, cooking quality and yield stability analysis in some rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Seed and Plant Improvement Journal*, 23, 515-529. (in Farsi)
26. Ramazani, A. (2012). The study of yield stability of rice genotypes in Isfahan Province. *Cereal Research*, 2, 181-192. (in Farsi)
27. Romer, T. H. (1917). Sind die ertragreicheren sorten ertragssicherer? *Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft*, 32, 87-89.
28. Shukla, G. K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. *Heredity*, 29, 237-245.
29. Wricke, G. (1962). Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldersuchen. *Pflanzenzucht*, 47, 92-96.