

بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج در استان اصفهان

احمد رضانی

کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۴)

چکیده

معرفی ارقام و ژنوتیپ‌های جدید یکی از دلایل عمده افزایش عملکرد محصولات زراعی در سال‌های اخیر بوده است. این تحقیق با هدف بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج در مناطق مختلف استان اصفهان به اجرا گذاشته شد. در این مطالعه تعداد ۱۱ ژنوتیپ امیدبخش برنج به همراه رقم شاهد سازندگی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در دو منطقه (ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه و منطقه سهرفیروزان) طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه مرکب عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که اثرات ساده سال و مکان در سطح احتمال ۵ درصد و اثر ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند. همچنین اثرات متقابل سال × مکان و سال × ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سه جانبه سال × مکان × ژنوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند. نتایج ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها به روش‌های مختلف نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۱، ۲ و ۴ پایدار بودند و در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، واکنش بهتری نسبت به شرایط محیطی مورد مطالعه نشان دادند. عملکرد ژنوتیپ‌های ۲ و ۴ به ترتیب ۸۰۶۱ و ۷۹۵۵ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب ۷/۱ و ۵/۷ درصد از رقم شاهد سازندگی بیشتر بود. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌های ۲ و ۴ با دارا بودن پایداری مطلوب، عملکرد دانه بالا و خصوصیات زراعی و کیفیت دانه مناسب، به عنوان برترین ژنوتیپ‌ها در شرایط آب و هوایی اصفهان بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، برنج، پایداری، عملکرد دانه، کیفیت پخت

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) به عنوان غذای اصلی ۲/۵ میلیارد نفر از جمعیت جهان بوده (Kanbar et al., 2011) و در دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی، بین عرض جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی کشت می‌شود (Grist, 1986). از چهار دهه پیش تاکنون تحقیقات برنج پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه اصلاح ارقام، افزایش بهره‌وری در مدیریت منابع و نهاده‌های کشاورزی داشته است. در این راستا معرفی ارقام و ژنوتیپ‌های جدید از دلایل عمده افزایش عملکرد محصولات زراعی در دهه‌های اخیر بوده است. به طوری که توانسته تحولی عظیم در افزایش تولید، تنوع محصول و افزایش درآمد کشاورزان داشته باشد (Mahboub, 2005). بنابراین معرفی ارقام برنج با کمیت و کیفیت مطلوب که دارای ویژگی‌های زودرسی، پاکوتاهی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها باشند از اهداف اصلاح برنج بوده و حائز اهمیت فراوان است (Dowling, 1998; Khush, 2000).

عملکرد یک رقم تابعی از ژنوتیپ (G)، محیط (E) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GEI) است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط توسط اصلاح کنندگان نباتات از طریق ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف طی چند سال در چند منطقه برای نشان دادن تغییرات زمانی-مکانی انجام می‌شود. بنابراین انتخاب یک رقم زراعی ایده‌آل با عملکرد مطلوب بدون در نظر گرفتن شرایط محیطی موفقیت آمیز نخواهد بود. میزان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معمولاً هم نمایانگر سازگاری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و هم نشان دهنده دامنه تغییرات شرایط محیطی موجود در آزمایش است (Blanche and Linscombe, 2009).

روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است (Wescott, 1986; Lin and Binns, 1990; Kang, 2002; Gauch, 2006). روش‌های کلاسیک تجزیه و تحلیل پایداری مثل روش واریانس پایداری شوکلا (Shoukla, 1972) و اکووالانس ریک (Wricke, 1962) اثر متقابل را به صورت کمی نشان می‌دهند، ولی معیار مناسبی برای تعیین میانگین عملکرد یک ژنوتیپ نمی‌باشند. یتس و کوکران (Yates and Cochran, 1938)، فیلی و ویلکسون (Finlay and

(Wilkinson, 1963) و ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) مدل رگرسیون میانگین ژنوتیپ روی میانگین محیط را برای برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پیشنهاد کردند. اخیراً روش‌های تجزیه جداگانه اثرات شامل مدل اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل چندگانه (Zobel et al., 1988) و مدل اثرات اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (Yan, 2001) برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف پیشنهاد شده است. هر کدام از روش‌های مورد استفاده توسط محققین دارای نقاط ضعف و قوت ویژه‌ای هستند و بهتر است برای اطمینان بیش‌تر از ترکیب دو یا چند روش به صورت همزمان استفاده شود (Blanche and Linscombe, 2009).

واکنش متفاوت واریته‌های برنج در محیط‌های مختلف توسط تعدادی از پژوهشگران گزارش شده است. در مطالعه‌ای که هنرنژاد و همکاران (Honarnejad et al., 1996) به منظور بررسی سازگاری و پایداری ارقام برنج با روش پیشنهادی ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) انجام دادند، گزارش کردند که ارقام سپیدرود، آمل ۲، هراز و گیل ۱ بیشترین عملکرد و سازگاری عمومی را نشان دادند. سامونته و همکاران (Samonte et al., 2005) در مطالعه‌ای با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط شش رقم نیمه پاکوتاه برنج طی سه سال در چهار منطقه تگزاس در آمریکا، با استفاده از روش‌های AMMI و بای‌پلات (Biplot) گزارش کردند که ارقام جدید برنج از نظر سازگاری و پایداری در محیط‌های مختلف متفاوت بودند و رقم کوکودری (Cocodrie) را به عنوان سازگارترین و پایدارترین رقم با عملکرد ۸/۸ تن در هکتار معرفی کردند.

در بررسی که به منظور تعیین پایداری عملکرد دانه و صفات کمی و کیفی هشت لاین امیدبخش برنج به همراه ارقام خزر و نعمت به عنوان شاهد در سه منطقه گیلان اجرا شد، ژنوتیپ‌های ۷۶۰۴ و ۷۶۰۶ به دلیل داشتن واریانس و ضریب تغییرات محیطی و واریانس درون مکانی کمتر، دارا بودن ضریب خط رگرسیون معادل یک و هم چنین واریانس انحراف از خط رگرسیون کم و غیر معنی‌دار، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند (Rahim Soroush et al., 2005). اله‌قلی‌پور و

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تعداد یازده ژنوتیپ امیدبخش برنج به همراه رقم سازندگی به عنوان شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه استان اصفهان (ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه و روستای سهرفیروزان از توابع شهرستان فلاورجان) طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. از میان ۱۱ ژنوتیپی که ویژگی‌های آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است، ۹ ژنوتیپ انتخابی از میان توده‌های محلی برنج کشور هستند. این ژنوتیپ‌ها طی سه سال در قالب آزمایش احیاء و ارزیابی توده‌های محلی برنج کشور از بین ۳۷۱ ژنوتیپ ارسالی از بانک ژن موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور انتخاب شده‌اند (Abedi and Ramazani, 2006). ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۵ نیز از توده‌های محلی برنج اصفهان هستند که به همراه ۹ ژنوتیپ فوق‌الذکر در آزمایش مقایسه مقدماتی عملکرد از بین ۱۶ ژنوتیپ انتخاب شده‌اند (Ramazani, 2008).

بذرهای ارقام پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل دو در هزار در سینی‌هایی به ابعاد $30 \times 30 \times 60$ سانتی‌متر خزانه‌گیری و نشاها پس از یک ماه به زمین اصلی منتقل شدند. کلیه عملیات تهیه زمین، مصرف کودهای شیمیایی، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و آبیاری طبق عرف منطقه در هر دو مکان به طور یکنواخت انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، طول خوشه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و تعداد روز پس از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی، کیفیت تبدیل، کیفیت ظاهری و کیفیت پخت دانه بود. محصول تیمارها در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی از ده متر مربع هر واحد آزمایشی پس از حذف حاشیه برداشت و با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. به منظور بررسی کیفیت ارقام مقدار آمیلوز به روش جولیانو (Juliano, 1971)، درجه حرارت ژلاتینی‌شدن به روش لیتل و همکاران (Littel et al., 1958) و قوام ژل به روش کاگامپانگ و همکاران (Cagampang et al., 1973) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

همکاران (Allahgholipour et al., 2006) نیز به منظور تعیین سازگاری و پایداری ۸ لاین امیدبخش برنج، لاین‌ها را در سه منطقه‌ی رشت، رودسر و طالش طی سه سال مورد ارزیابی قرار داد و دو لاین امیدبخش ۸۴۰ و ۸۴۱ را به دلیل داشتن عملکرد بالا، نوسانات کمتر در سال‌های مختلف، ضریب تغییرات و میانگین مربعات درون مکانی کوچک‌تر، خواص کیفی برتر، طول دوره رشد کوتاه‌تر و مقاومت به بیماری بلاست، به عنوان ارقام جدید برنج برای استان گیلان پیشنهاد دادند.

در پژوهش دیگری که به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط و تعیین پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج اجرا شد، لاین‌های ۸۳۰ و ۸۳۱ به عنوان پایدارترین لاین‌ها معرفی شدند. ارزیابی میزان عطر دانه و مقاومت به بیماری بلاست نشان داد که این لاین‌ها از ارقام معطر و مقاوم به بلاست بودند و در نتیجه، با در نظر گرفتن سایر خصوصیات زراعی و کیفیت دانه، به عنوان ارقام جدید پیشنهاد شدند (Rahim Soroush and Rabiei, 2008). محدثی و همکاران (Mohadesi et al., 2012) با ارزیابی تعداد ۹ لاین برتر منتخب از آزمایش‌های مقدماتی عملکرد به همراه رقم شیروودی به عنوان شاهد در ۳ منطقه‌ی تنکابن، آمل و گرگان گزارش کردند که اثرات ساده سال، مکان و اثرات متقابل رقم \times سال، رقم \times مکان و رقم \times سال \times مکان معنی‌دار بودند و ژنوتیپ شماره ۵ را به عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب نمودند.

در مطالعه‌ای که به منظور مقایسه مقدماتی عملکرد و کیفیت دانه ژنوتیپ‌های انتخابی از توده‌های محلی برنج کشور در اصفهان انجام شد، نتایج نشان داد که عملکرد لاین‌های شماره ۴، ۲، ۱۰۴، ۱۳۰ و ۶ از ارقام شاهد بیشتر بود و از نظر کیفیت دانه، تمام ارقام و لاین‌ها آمیلوز متوسط بودند. در پایان لاین‌های برتر جهت انجام آزمایشات تکمیلی شناسایی و انتخاب شدند (Ramazani, 2008). در ادامه این بررسی، پژوهش حاضر با هدف بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش برنج انتخابی از توده‌های محلی برنج کشور در راستای شناسایی و معرفی ارقام دارای پایداری عملکرد مطلوب و کیفیت مناسب برنج در مناطق مختلف استان اصفهان به اجرا گذاشته شد.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد آزمایش

Table 1. Characteristics of studied genotypes

ژنوتیپ	کد بانک ژن	منشأ اولیه	دوره رشد (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن هزار دانه (گرم)	طول خوشه (سانتی متر)	عرض دانه (میلی‌متر)	طول دانه (میلی‌متر)
Genotype	Gene bank code	Origin	Growth period (day)	Plant height (cm)	1000 grain weight (gr)	Panicle length (cm)	Grain width (mm)	Grain length (mm)
1	Local*	Isfahan	142	125	24	20	2.60	8.65
2	03-1677**	Lorestan	145	125	21	22	2.45	8.34
3	03-1679**	Lorestan	143	135	20	24	2.44	8.54
4	03-1764**	Isfahan	148	120	21	25	3.11	8.56
5	Local*	Isfahan	140	131	21	24	2.49	8.35
6	03-1780**	Isfahan	150	130	20	23	2.46	8.23
7	03-1806**	Isfahan	144	125	21	26	2.36	8.31
8	03-1849**	Fars	153	140	20	24	2.68	8.66
9	03-1944**	Chaharmahal	148	110	22	23	2.37	8.29
10	03-2017**	Zanjan	149	125	19	23	2.56	8.27
11	03-2023**	Zanjan	146	120	22	25	2.57	8.82
12	Sazandegi (Control)	Isfahan	150	130	21	22	2.46	8.78

*: Selected from landraces of Isfahan.

*: انتخاب شده از توده‌های محلی برنج اصفهان.

**: Received from gene bank.

**: ارسالی از بانک ژن.

نشده. بنابراین با توجه به یکنواختی اشتباهات آزمایشی تجزیه مرکب داده‌ها برای عملکرد با فرض تصادفی بودن سال‌ها و ثابت بودن مکان‌ها و ارقام و بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات صورت پذیرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد و برخی از صفات زراعی ژنوتیپ‌ها در مناطق و سال‌های مختلف در جدول ۲ و مقایسه میانگین‌های صفات زراعی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها برای عملکرد نشان داد اثر ساده ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. این موضوع بیانگر وجود اختلافات ژنتیکی در عملکرد بین ژنوتیپ‌های مختلف است. اثر ساده سال در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد که نشانگر وجود تفاوت در میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها از سالی به سال دیگر است. اثر ساده مکان نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. این موضوع نشان می‌دهد واکنش ارقام در مکان‌های مختلف متفاوت بوده است، به طوری که عواملی مانند خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، و ... باعث اختلاف مکان‌ها شده‌اند.

اثر متقابل دو جانبه ژنوتیپ × سال برای عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان داد ارقام مختلف از سالی به سال دیگر عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان دادند. اثر متقابل دو جانبه سال × مکان و اثر متقابل

به منظور تعیین پایداری ارقام از شش روش شامل: واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، ضریب تغییرات محیطی (CV)، ضریب تشخیص (R^2)، رگرسیون فینلی و ویلکسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و ابره‌ارت و راسل (Eberhart, and Russell, 1966) استفاده شد. برای ارزیابی دقیق‌تر پایداری ژنوتیپ‌ها، پس از تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها به روش‌های مختلف، ژنوتیپ‌ها در هر روش رتبه بندی شدند به طوری که به پایدارترین ژنوتیپ کوچک‌ترین عدد اختصاص یافت و سپس برای هر ژنوتیپ میانگین رتبه (R) محاسبه و به عنوان معیار نهایی گزینش ژنوتیپ برتر منظور شد. بر این اساس ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین میانگین بودند به عنوان پایدارترین ژنوتیپ-ها شناسائی شدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای SPSS ver 16 و SAS ver 9.1 (SAS Institute, 2002) و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام گرفت.

نتایج و بحث

به منظور بررسی یکنواختی اشتباهات آزمایشی آزمون بارتلت انجام شد و فرض صفر مبنی بر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واریانس خطاها در آزمایش‌های جداگانه رد

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف

متغیرات	SOV	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	طول خوشه (سانتی متر)	تعداد دانه پوک در خوشه	تعداد پیچیده در کبه	ارتفاع بوته (سانتی متر)	روز تا رسیدگی کامل
متغیرات	SOV	درجه آزادی	عملکرد دانه (Kg/ha)	Number of grain per panicle	1000 grain weight	Particle length (cm)	Number of unfilled grain per panicle	Number of tiller per hill	Plant height (cm)	Days to maturity
مکان	Location	1	8.32*	7425.18 ^{ns}	8.97 ^{ns}	7.13 ^{ns}	109.51 ^{ns}	728.5 ^{ns}	4592.30 ^{ns}	121.92 ^{ns}
سال	year	1	6.45*	1716.02 ^{ns}	83.35**	106.51**	263.67 ^{ns}	1240.33**	349.38 ^{ns}	686.29*
سال×مکان	Location × year	1	11.93**	8190.19*	10.78 ^{ns}	7.13 ^{ns}	115.62 ^{ns}	31.69 ^{ns}	1831.51*	570.63*
تکرار درون سال و مکان	Rep (Location year)	12	0.81	1434.24	7.72	6.23	63.09	65.83	250.49	44.51
ژنوتیپ	genotype	12	1.57**	532.04 ^{ns}	35.38**	8.53**	8.81 ^{ns}	34.92 ^{ns}	33.88 ^{ns}	223.00**
ژنوتیپ × مکان	Genotype × Location	12	0.32 ^{ns}	380.84 ^{ns}	1.45 ^{ns}	0.59 ^{ns}	13.71 ^{ns}	30.30 ^{ns}	51.06 ^{ns}	41.10 ^{ns}
ژنوتیپ × سال	Genotype × year	12	0.55**	534.15*	2.32*	1.83 ^{ns}	23.72**	21.22 ^{ns}	13.32 ^{ns}	28.34*
ژنوتیپ × سال × مکان	Genotype × year × Location	12	0.34*	419.34*	1.35 ^{ns}	0.59 ^{ns}	14.51*	11.34 ^{ns}	35.31 ^{ns}	68.08**
خطای آزمایشی	Error	144	0.17	239.41	1.18	1.28	8.62	15.75	27.41	14.60
CV%			5.01	13.88	5.19	5.01	36.44	16.33	4.23	2.52

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

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

جدول ۳- تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی به روش‌های مختلف

Table 3. Stability analysis of genotypes for grain yield in different methods

شماره ژنوتیپ	واریانس شوکلا	اکووالانس ریک	انحراف از خط رگرسیون	شیب خط رگرسیون	ضریب تغییرات	ضریب تشخیص	میانگین (کیلوگرم در هکتار)	میانگین رتبه
Genotype No.	δi^2	W_i	$S^2 di$	b_i	CV	R^2	$^{++}$ Mean (Kg/ha)	R
1	$^{+}0.28^{(9)}$	$0.75^{(10)}$	$0.2990^{ns(11)}$	$0.5716^{ns(9)}$	$9.9^{(4)}$	$30.7^{(12)}$	$7983a^{(2)}$	7.96
2	$0.03^{(2)}$	$0.11^{(2)}$	$0.0018^{ns(1)}$	$1.3648^{ns(8)}$	$10.3^{(5)}$	$99.8^{(1)}$	$8061a^{(1)}$	2.96
3	$0.12^{(7)}$	$0.32^{(8)}$	$0.0435^{ns(4)}$	$1.5366^{ns(12)}$	$13.4^{(9)}$	$95.7^{(4)}$	$7422ab^{(10)}$	8.61
4	$0.08^{(5)}$	$0.23^{(6)}$	$0.0170^{ns(3)}$	$1.4885^{ns(11)}$	$8.5^{(1)}$	$98.1^{(3)}$	$7955a^{(3)}$	4.60
5	$0.34^{(10)}$	$0.89^{(11)}$	$0.4223^{ns(12)}$	$0.7590^{ns(6)}$	$13^{(8)}$	$35.6^{(11)}$	$7499ab^{(8)}$	10.03
6	$0.16^{(8)}$	$0.43^{(9)}$	$0.1331^{ns(10)}$	$0.5459^{ns(10)}$	$9.4^{(2)}$	$47.6^{(10)}$	$7705ab^{(5)}$	7.95
7	$0.07^{(4)}$	$0.19^{(4)}$	$0.0785^{ns(7)}$	$1.2142^{ns(5)}$	$9.5^{(3)}$	$88.5^{(5)}$	$7493ab^{(9)}$	4.83
8	$0.08^{(5)}$	$0.23^{(6)}$	$0.1137^{ns(8)}$	$1.0089^{ns(1)}$	$14.3^{(10)}$	$81.1^{(7)}$	$7075b^{(12)}$	6.91
9	$0.04^{(3)}$	$0.14^{(3)}$	$0.0566^{ns(5)}$	$0.9228^{ns(3)}$	$14.8^{(11)}$	$83.9^{(6)}$	$7948ab^{(4)}$	5.08
10	$0.09^{(6)}$	$0.25^{(7)}$	$0.1220^{ns(9)}$	$0.8980^{ns(4)}$	$9.5^{(3)}$	$72.9^{(9)}$	$7610ab^{(6)}$	6.05
11	$0.02^{(1)}$	$0.02^{(1)}$	$0.0082^{ns(2)}$	$1.0566^{ns(2)}$	$11.8^{(7)}$	$98.2^{(2)}$	$7257ab^{(11)}$	3.75
Sazandegi	$0.07^{(4)}$	$0.21^{(5)}$	$0.0589^{ns(6)}$	$0.6699^{ns(7)}$	$11.0^{(6)}$	$75.6^{(8)}$	$7525ab^{(7)}$	5.62

$^{++}$: اعداد داخل پرانتز بیانگر رتبه هر ژنوتیپ می‌باشد.

$^{+}$: حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

$^{+}$: Similar letters) indicate no significant difference at 5% probability level.

ns: Non-significant.

ns : غیر معنی‌دار.

بودند و با در نظر گرفتن عملکرد آن‌ها ژنوتیپ‌های ۲، ۴ و ۹ به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و مطلوب شناسایی شدند. سروش و اشراقی (Rahim Soroush and Eshraghi, 2006) با بررسی پایداری عملکرد لاین‌های برنج در استان‌های گیلان و مازندران با استفاده از روش پایداری واریانس شوکلا و واکووالانس ریک، لاین شماره ۱ (IR67012-168-2-1) را به عنوان پایدارترین لاین معرفی کردند. نتایج تجزیه رگرسیون میانگین عملکرد نشان داد که ضریب رگرسیونی تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، فاقد اختلاف معنی‌دار با یک بود. بنابراین تمامی ارقام دارای پایداری عمومی متوسط بودند. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۴ به ترتیب با دارا بودن بیشترین عملکرد و عملکرد بیشتر از میانگین کل ارقام به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار تلقی شدند. در مطالعه‌ای که به منظور تعیین پایداری عملکرد لاین‌های پیش‌رفته برنج در استان گیلان صورت گرفت، رقم سپیدرود و لاین ۴۰۸ با دارا بودن عملکرد مطلوب و ضریب رگرسیون معادل یک به عنوان ارقام پایدار معرفی شدند (Abdollahi Mobarhan, 1996).

سه جانبه ژنوتیپ \times مکان \times سال به ترتیب در سطح احتمال یک و ۵ معنی‌دار شدند. این موضوع اهمیت اثر متقابل دوجانبه سال \times مکان را بر عملکرد ژنوتیپ‌ها و همچنین بر معنی‌دار شدن اثر متقابل سه جانبه روشن می‌سازد. علاوه بر این، معنی‌دار شدن اثر متقابل سه جانبه حاکی از وجود اثرات بین ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مورد آزمایش بود. به عبارت دیگر عملکرد ژنوتیپ‌ها در واکنش به محیط‌ها دارای نوسان بوده است. سروش و ربیعی (Rahim Soroush and Rabiei, 2008) و اله‌قلی‌پور و همکاران (Allahgholipour *et al.*, 2006) نیز اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه معنی‌دار در بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج در استان گیلان را گزارش کردند.

اگرچه اثر متقابل دو جانبه ژنوتیپ \times مکان معنی‌دار نبود، ولی با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل سه جانبه ژنوتیپ \times مکان \times سال، تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها به روش‌های مختلف انجام شد (جدول ۳). بر اساس معیارهای پایداری واریانس شوکلا (Shukla, 1972) و اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۹، ۷ و ۴ به ترتیب دارای بیشترین پایداری، ژنوتیپ‌های ۵ و ۱ دارای پایداری کم و سایر ارقام دارای پایداری متوسط

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف براساس آزمون LSD

Table 4. Mean comparisons of agronomic traits of genotypes in different environments based on LSD test							
شماره ژنوتیپ	ارتفاع بوته (سانتی- متر)	روز تارسیدگی کامل	تعداد پنجه در کپه	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در خوشه	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد دانه پوک درخوشه
Genotype No.	Plant height (cm)	Days to maturity	Number of tiller per hill	1000 grain weight	Number of grain per panicle	Panicle Length (cm)	Number of unfilled grain per panicle
1	124	140	23.0	22.8	127.6	23.2	20
2	124.8	153	22.9	23.4	122.7	22.8	16
3	122.5	154	27.2	19.2	119.0	22.3	24
4	121.1	152	23.6	19.9	116.8	22.7	14
5	125.6	153	24.1	21.8	110.9	21.3	32
6	122.8	152	25.1	19.9	118.1	22.6	21
7	122.1	153	23.5	19.7	124.8	23.2	28
8	123.8	152	22.8	20.6	107.2	22.6	35
9	122.7	150	24.3	23.1	114.3	21.6	19
10	125.2	151	24.1	20.3	116.4	23.3	17
11	123.4	150	23.9	19.6	118.4ab	22.4	34
Sazandegi	125.6	152	27.1	20.5	122.3	23.8	18
LSD _{5%}	2.84	4.14	3.58	1.19	17.99	1.05	3.79

در بررسی پایداری ارقام مورد مطالعه به روش ضریب تغییرات ژنوتیپ شماره ۴، ۶ و ۷ به ترتیب با CV معادل ۸/۵، ۹/۴ و ۹/۵ دارای بیشترین پایداری بودند. در این روش با توجه به میانگین عملکرد ارقام در مناطق و سال های مختلف ژنوتیپ ۴ به عنوان رقم پرمحصول و پایدار معرفی شد. در بررسی پایداری هشت رقم برنج در تاریخ کاشت های مختلف در لویزیانای آمریکا با استفاده از روش دامنه تغییرات، ارقام Cypress و CI161 به ترتیب با دارا بودن بیشترین عملکرد و کمترین ضریب تغییرات به عنوان ارقام با پایداری مطلوب ارزیابی شدند (Blanche and Linscombe, 2009). بر اساس روش ضریب تشخیص ژنوتیپ‌های ۲، ۱۱ و ۴ به ترتیب بیشترین پایداری را از خود نشان دادند، ژنوتیپ‌های ۱ و ۵ ناپایدار و سایر ارقام از پایداری متوسط برخوردار بودند. سروش و اشراقی (Rahim Soroush and Eshraghi, 2006) با استفاده از روش‌های شوکلا، ضریب تبیین واریانس و انحراف از خط رگرسیون، لاین ۴ را به عنوان پایدارترین ژنوتیپ در گیلان و مازندران معرفی کردند.

در روش ابرهارت و راسل با توجه به اینکه هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها دارای واریانس انحراف از خط رگرسیون و شیب خط رگرسیون معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نبودند، از میان پنج ژنوتیپ ۱، ۲، ۴، ۶ و ۹ که دارای میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل بودند ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴ و ۹ با شیب خط رگرسیون نزدیک به یک و انحراف از خط رگرسیون پایین به عنوان ارقام پرمحصول و پایدار انتخاب شدند. در این پژوهش هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها دارای واریانس انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نبودند. این موضوع نشان دهنده این است که نقاط مربوط به عملکرد ارقام تقریباً در اطراف خط رگرسیون قرار داشته و واکنش یک رقم در طول تغییرات خطی با محیط با تغییرات قابل توجهی همراه نبوده‌است. در همین رابطه هنرنژاد و همکاران (Honarnejad *et al.*, 1996) نیز با استفاده از روش ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) ارقام سپیدرود، آمل ۲، هراز و گیل ۱ را به عنوان ارقام پایدار در گیلان معرفی کردند.

ژنوتیپ برنج با استفاده از نه روش تجزیه پایداری، از میان لاین‌های ۸۲۹، ۸۳۰، ۸۳۱ و ۸۳۳ که از پایداری خوبی برخوردار بودند، با استناد به معیارهای پایداری پیشنهاد شده توسط لین و بینز (Lin and Binns, 1991) لاین-های ۸۳۰ و ۸۳۱ را بر اساس روش‌های وراثت‌پذیر یعنی واریانس و ضریب تغییرات محیطی و واریانس و ضریب تغییرات درون مکانی پایدارترین لاین‌ها معرفی کردند.

نتایج مقایسه میانگین صفات زراعی به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد (جدول ۴) نشان داد که ژنوتیپ-های ۲ و ۴ از نظر تعداد روز پس از کاشت تا رسیدگی کامل، تعداد دانه در خوشه و تعداد دانه پوک در خوشه دارای تفاوت معنی‌دار با رقم سازندگی نبودند ولی ژنوتیپ ۲ از نظر وزن هزار دانه و تعداد پنجه در کپه و ژنوتیپ ۴ از نظر، ارتفاع بوته و طول خوشه دارای تفاوت معنی‌دار با رقم شاهد بودند. حداقل ارتفاع بوته (۱۲۱/۱ سانتی‌متر) و کمترین تعداد دانه پوک در خوشه (۱۴ دانه پوک در خوشه) مربوط به ژنوتیپ ۴ و بیشترین وزن هزار دانه متعلق به ژنوتیپ ۲ بود. بنابراین با توجه به مجموعه خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های ۲ و ۴ به عنوان ژنوتیپ‌های دارای صفات زراعی مطلوب مشخص شدند.

مقایسه صفات کیفی ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۵) که تمامی ژنوتیپ‌ها از ارقام کیفی محسوب می‌شدند. به طوری که از لحاظ کیفیت پخت دانه، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای درصد آمیلوز (۲۵-۲۰)، درجه حرارت ژلاتینی شدن (۵-۳) و قوام ژل (۶۰-۴۰ میلی‌متر) متوسط بودند. این در حالی بود که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان آمیلوز مشاهده نشد. همچنین ارقام از نظر صفات درصد کل تبدیل (۷۴-۷۱ درصد)، درصد پوسته (۲۳-۲۰ درصد)، طول و عرض دانه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و با توجه به داشتن شکل دانه بیش از ۳ میلی‌متر در گروه برنج‌های دانه بلند و قلمی بودند. در نگاه اجمالی به مجموع صفات کیفی، ژنوتیپ‌های ۲ و ۴ با داشتن کیفیت پخت، کیفیت تبدیل و کیفیت ظاهری مطلوب و در حد رقم شاهد سازندگی به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب کیفی شناسایی شدند.

نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه گزینش لاین‌های پایدار و پر محصول، نیمه پاکوتاه، مقاوم به ورس و

نظر به اینکه نتایج حاصل از هر یک از روش‌های ارزیابی پایداری عملکرد ارقام کم و بیش متفاوت بود، به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های برتر ابتدا ژنوتیپ‌ها در هر روش رتبه‌بندی شدند و سپس میانگین رتبه‌های هر ژنوتیپ محاسبه شد و ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین میانگین بودند به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. بر این اساس مشخص شد که ژنوتیپ‌های ۲، ۱۱ و ۴ به ترتیب با میانگین رتبه ۲/۹۶، ۳/۷۵ و ۴/۶۷ نسبت به بقیه ارقام پایداری بالاتری را نشان دادند (جدول ۳). ژنوتیپ ۲ بیشترین عملکرد (۸۰۶۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میانگین رتبه ($R=2/96$) را به خود اختصاص داد و با دارا بودن بالاترین ضریب تشخیص ($R^2=99/8$)، حداقل انحراف از خط رگرسیون (S^2_{di})، واریانس پایداری شوکلا (δi^2) و اکووالانس ریک (W_i) پایین، ضریب تغییرات (CV) متوسط و شیب خط رگرسیون (b_i) غیر معنی‌دار به عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا انتخاب شد. ژنوتیپ ۴ نیز اگر چه از نظر واریانس پایداری شوکلا (δi^2) و اکووالانس ریک (W_i) در رتبه متوسط قرار گرفت اما با داشتن حداقل ضریب تغییرات (CV)، ضریب تشخیص خوب ($R^2=98/1$)، عملکرد بالا (۷۹۵۵ کیلوگرم در هکتار)، میانگین رتبه مطلوب ($R=4/61$)، انحراف از خط رگرسیون کم و غیر معنی‌دار (S^2_{di})، و شیب خط رگرسیون غیر معنی‌دار (b_i) جزء ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد مطلوب در نظر گرفته شد. اما ژنوتیپ ۱۱ علیرغم اینکه از پایداری مطلوبی برخوردار بود، به دلیل داشتن عملکرد (۷۲۵۲ کیلوگرم در هکتار) پایین‌تر از میانگین کل عملکرد ارقام (۷۶۶۵ کیلوگرم در هکتار) و رقم شاهد سازندگی (۷۵۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان ژنوتیپ انتخابی در نظر گرفته نشد. بنابراین ژنوتیپ‌های ۲ و ۴ به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول انتخاب شدند (جدول ۳).

بلانچ و لینسکاب (Blanche and Linscombe, 2009) معتقدند هرکدام از روش‌های تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها مورد استفاده توسط محققین دارای نقاط ضعف و قوت ویژه‌ای هستند و پیشنهاد کردند برای اطمینان بیشتر در انتخاب ارقام پایدار از دو یا چند روش به صورت همزمان استفاده شود. سروش و ربیعی (Rahim Soroush and Rabiei, 2008) نیز با ارزیابی هفت

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی از مشخصات کیفی دانه در ژنوتیپ‌های مطالعه شده براساس آزمون LSD
Table 5. Mean comparisons of some characteristics of grain quality of studied genotypes based on LSD test

شماره ژنوتیپ	دمای ژلاتینی شدن	قوام ژل (میلی‌متر)	درصد خرده رنج	درصد برنج سالم	شکل دانه
Genotype No.	Gelatinization temperature	Gel consistency (mm)	Broken rice (percent)	Head rice recovery (percent)	Grain shape
1	5.1	52	13.86	57.74	3.3
2	5.3	46	11.36	61.38	3.2
3	4.2	58	26.81	45.38	3.5
4	5.2	51	17.17	56.20	3.7
5	6.6	47	13.02	59.49	3.2
6	4.5	62	19.85	50.29	3.4
7	4.9	62	18.14	55.60	3.7
8	6.6	59	20.63	52.80	3.7
9	3.7	61	11.89	61.30	3.1
10	6.7	63	13.50	59.29	3.6
11	5.0	58	19.08	53.05	3.7
Sazandegi	5.4	50	18.50	53.62	3.7
LSD _{5%}	1.8	6.6	4.3	6.5	0.3

خصوصیات زراعی مطلوب نظیر طول خوشه، تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه و درصد کم پوکی و همچنین کیفیت پخت، کیفیت تبدیل و کیفیت ظاهری مناسب به عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول، پایدار و دارای خصوصیات مطلوب زراعی و کیفی معرفی می‌شوند.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر بر گرفته از پروژه تحقیقاتی " بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌ها و ارقام برنج در اصفهان" با شماره مصوب ۱۵-۸۶۰-۰۴-۳۸-۲ می‌باشد. نگارنده لازم می‌داند از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان که هزینه اجرای این پژوهش را تقبل نموده‌اند، صمیمانه تشکر نماید.

میان‌رس، با داشتن خصوصیات زراعی و کیفیت دانه مطلوب، به معرفی ارقام جدید برنج نظیر درفک، کادوس، فجر، ساحل و شفق منجر شده است (Rahim Soroush and Rabiei, 2008). سایر محققین از جمله سروش (Rahim Soroush, 2005)، در معرفی ژنوتیپ‌های ۷۶۰۴ و ۷۶۰۶ در استان گیلان، اله قلی پور و همکاران (Allahgholipour et al., 2006) در معرفی ۸۴۰ و ۸۴۱ در استان گیلان و محدثی و همکاران (Mohadesi et al, 2012) در انتخاب ژنوتیپ شماره ۵ در سه منطقه تنکابن، آمل و گرگان، علاوه بر عملکرد بیشتر، پایداری مناسب و خواص کیفی را نیز لحاظ نموده‌اند.

در بررسی کلی نتایج کمی و کیفی حاصل از این آزمایش، ژنوتیپ‌های ۲ و ۴ به ترتیب با دارا بودن عملکرد مطلوب (۸۰۶۱ و ۷۹۵۵ کیلوگرم در هکتار) و بالاتر از میانگین سایر ژنوتیپ‌ها و رقم شاهد سازندگی و

References

- Abedi, H. A and Ramezani, A. 2006.** Resuscitation and evaluation of rice landraces of Iran. Research Report. No. 85.958. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC). 36 pp. (In Persian).
- Abdullahi-Mobarhan, S. 1996.** Stability determination of advanced rice lines. M.Sc. Dissertation, Islamic Azad University of Karaj, Iran. (In Persian).

- Allahgholipour, M., Mohammad Salehi, M. S., Ali, J. A., Nahvi, M., Padasht Dehkaei, F., Tvazo, M. and Mehregan, H. 2006. Effect of genotype×environment interaction and yield stability in promising rice lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 16 (4): 51-58. (In Persian).
- Blanche, S. B. and Linscombe, S. D. 2009. Stability of rice grain and whole kernel milling yield is affected by cultivar and date of planting. *Agronomy Journal* 101: 522-528.
- Cagampang, G. B., Perez, C. M. and Juliano, B. O. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. *Journal of Food and Agricultural Sciences* 24: 1589-1594.
- Dowling, N. G., Green Field, S. M. and Fisher, K. S. 1998. Sustainability of rice in global food system. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- Finlay, K. W. and Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research* 14: 742-754.
- Gauch, H. G., Jr. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 46: 1488-1500.
- Grist, D. H. 1986. The origin and history of rice. In: Grist, D. H. (Ed.), Rice. Longman, Singapore. pp. 1-9.
- Honarnejad, R., Dorosti, H. and Moain, M. J. 1996. Stability determination of rice cultivars in different region of Guilan Province. The 4th research and scientific conference of University of Guilan, Rasht, Iran. (In Persian).
- Juliano, B. O. 1971. Rice: Chemistry and technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Kang, M. S. 2002. Genotype-environment interactions: Progress and prospects. In: Kang, M. S. (Ed.), Quantitative genetics, genomics and plant breeding. CAB International, New York. pp. 221-243.
- Kanbar, A., Katsuhiko, K. and 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.
- Khush, G. S. and Virk, P. S. 2000. Rice breeding: achievements and future strategies. *Crop Improvement* 27: 115-144.
- Lin, C. S. and Binns, M. R. 1990. Assessment of a method for cultivar selection based on regional trial data. *Theoretical and Applied Genetics* 82: 379-388.
- Lin, C. S. and Binns, M. R. 1991. Genotype properties of four types of stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics* 82: 505-509.
- Little, R. R., Hilder, G. B. and Dawson, E. H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry* 35: 111-126.
- Mahaboub, H. 2005. Dose rice research reduces poverty in Asia? *Rice Today* 5 (1): 37.
- Mohadesi, A. 2012. Adaptation and stability of promising rice lines in area yield comparison experiments. Research Report. Rice Research Institute of Iran. (In Persian).
- Rahim Soroush, H. 2005. Yield Stability of promising rice genotypes (*Oryza sativa* L). *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 7: 112-122. (In Persian).
- Rahim Soroush, H. and Eshraghi, A. 2006. Study of Stability and performance of the Rice Lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 7: 25-36. (In Persian).
- 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 Persian).
- Rahim Soroush, H., Rabiei, B., Nahvie, M. and Ghodsi, M. 2006. Study of some agronomic and qualitative traits and yield stability of rice genotypes. *Pajoohesh va Sazandegi* 75: 25-32. (In Persian).
- Ramazani, A. 2008. Comparison of grain yield and quality of promising rice lines selected from landraces of Iran. Research Report. No. 87.958. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC). (In Persian).
- SAS Institute. 2002. SAS user's guide: Statistics. Ver. 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC.
- Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. *Heredity* 29: 237-245.

- Samonte, O. P. B., Wilson, L. T., McClung, A. M. and Medley, J. C. 2005.** Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. **Crop Science** 45: 2414-2424.
- Wescott, B. 1986.** Some methods of analyzing genotype-environment interaction. **Heredity** 56: 243-253.
- Wricke, G. 1962.** Über eine method zur erfassung der ökologischen streubreite in feld versuchen. **Pflanzenzucht** 47: 92-96.
- Yan, W. 2001.** GGE biplot–A windows application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal** 93: 1111-1118.
- Yates, F. and Cochran, W. G. 1938.** The analysis of groups of experiments. **The Journal of Agricultural Science** 28: 556-580.
- Zobel, R. W., Wright, M. J. and Gauch, H. G. 1988.** Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal** 80: 388-393.

The study of yield stability of rice genotypes in Isfahan Province

Ahmad Ramazani

M.Sc., Agriculture and Natural Resources Research Center of Isfahan

(Received: August 29, 2012- Accepted: December 24, 2012)

Abstract

Introducing of new genotypes and cultivars is one of the main reasons for increasing grain yield of crop plants in recent years. This research was carried out to evaluate the yield stability of rice genotypes in Isfahan province. In current study, eleven promising rice genotypes together with Sazandegi as control cultivar were evaluated using randomized complete block design with four replications in two locations of Isfahan province (Fozveh Research Station and Shorefirozan region) during 2008 and 2009. Results of combined analysis of variance for grain yield showed that the simple effects of year and location at 5% and genotype at 1% probability levels were significant. Also, interaction effects of year×location and year×genotype were significant at 5% and year×location×genotype at 1% probability levels. Results of stability analysis of genotypes by different methods showed that the genotypes 11, 2 and 4 were stable and had better responses to experimented environmental conditions than other genotypes. The grain yield of genotypes 2 and 4 was 8061 and 7955 kg.ha⁻¹, respectively, which was 7.1% and 5.7 % higher than the control variety, Sazandegi. Results from current research showed that the genotypes 2 and 4 with desirable stable, high grain yield and suitable grain quality and agronomic characteristics were superior genotypes under Isfahan climate conditions.

Keywords: Cooking quality, Genotype × environment interaction, Grain yield, Rice, Stability