Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 4, Winter 2021 (153-164)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020.304054.654729

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰ (ص۱۶۴-۱۵۳)

برآورد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و میزان سازگاری لاین‌های امیدبخش اصلاحی برنج در مازندران

علی مومنی*[۱]، مهرداد عمواقلی طبری[۲]، عاطفه خندان[۳]، مجید ستاری[۲]، وحید خسروی[۲]، محمد محمدیان[۲]

۱و۲- استاد و استادیار، موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل،

۳- مربی موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۲)

چکیده

اصلاح برنج با زمینه ژنتیکی ارقام ایرانی، فرصتی را برای بهبود این دسته از ارقام فراهم می‌آورد که دارای سازگاری بالا نسبت به محیط هستند و از بازارپسندی مطلوبی نیز برخوردار می‌باشند. بدین جهت، هفت لاین امیدبخش حاصل از تلاقی ارقام برنج ایرانی مختلف و همچنین ژنوتیپ‌های خارجی، به همراه دو رقم شاهد طارم‌محلی و شیرودی در چهار مزرعه آزمایشی در منطقه شرق (بهشهر)، مرکز (بابل) و غرب مازندران (تنکابن) و مزرعه آزمایشی تحقیقات برنج (آمل)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ (جمعاً هشت محیط) مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس ساده حاکی از آن بود که میان ژنوتیپ‌ها از نظر صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل سال× مکان و سال× مکان× ژنوتیپ بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. ژنوتیپ G5 بیشترین عملکرد را در همه محیط‌ها داشت و ژنوتیپ G1 نیز از نظر عملکرد در رتبه دوم قرار داشت. برآورد اجزای مختلف پایداری بر اساس مدل چند متغیره تأثیرات اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر به روش امی مشخص نمود که ژنوتیپ متوسطرس و پاکوتاه G5 (DAH)، حاصل از تلاقی اهلمی‌طارم و دشت با میانگین عملکرد ۵۸۸۸/۷ کیلوگرم در همه محیط‌ها دارای وضعیت پایداری بالاتر و نوسان عملکردی کمتری از سایر ژنوتیپ‌ها بود و ژنوتیپ زودرس و پاکوتاه G1 (AHS) حاصل از تلاقی سپیدرود و اهلمی‌طارم با متوسط ۵۳۱۲/۰۶ کیلوگرم عملکرد دانه، دارای پایداری مناسبی در بیشتر محیط‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: اصلاح برنج، پایداری، تجزیه مرکب، لاین امیدبخش، عملکرد دانه.

Estimation of genotype and environment interaction and compatibility of promising breeded rice lines in Mazandaran

Ali Moumeni*[1], Mehrdad Amooghli-Tabari[2], Atefeh Khandan[3], Majid Sattari[2], Vahid Khosravi[2], Mohammad Mohammadian[2]

1,2. Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Amol, Iran. 3. Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Karaj, Iran.

(Received: June 20, 2020 - Accepted: November 2, 2020)

ABSTRACT

Rice breeding with genetic background of Iranian cultivars provides an opportunity to improve these cultivars that have high adaptability to the environment and favorable marketability. Therefore, seven promising lines, orginiated from cross combinations of Iranian and exotic rice genotypes, along with two check varieties including Tarom-Mahali and Shiroudi were evaluated in four experimental fields in Mazandaran provinces located in east zone (Behshahr), centre (Babol), west (Tonekabon) and Rice Research Instutute (Amol) in a randomized complete block design (RCBD) with three replicates during 2016-2017 (totally eight environments). Results of simple variance analysis showed that there were significant differences between genotypes for number of days to 50% of flowering, plant height, number of fertile tillers and grain yield. Combined analysis variance indicated that the effect of genotype and interaction effects of year and location and also year and location and genotype on grain yield were siginificant. G5 genotype had the highest yield in all environments and G1 genotype was in the second place in terms of yield. Stability analysis through AMMI method indicated that rice promising line G5 (DAH, originated from cross between Dasht and Ahlami-tarom) showed high of grain yield (5888.7 Kg/ha in average) and performed stable situation over environments, G1 genotype (AHS, a cross between Ahlami-tarom and Sepidroud) with 5312.1 Kg grain yield /ha in average, showed moderate stability in most of the environments.

Keywords: Combined analysis, grain yield, promising lines, rice breeding, stability.

* Corresponding author E-mail: amoumeni@areeo.ac.ir

مقدمه

اصلاح و معرفی ارقام جدید برنج، قدمتی بیش از ۶۰ سال در دنیا دارد. وقوع "انقلاب سبز" در نتیجه معرفی اولین رقم اصلاح شده برنج در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) یعنی IR8 در جهان به وقوع پیوست. در آغاز مشخص شد که ارقام محلی برنج، بیشتر پابلند و با ساقه‌های ضعیف هستند و به شدت ورس می‌کنند و کارآیی فتوسنتزی آن‌ها نیز پایین است. پژوهش‌ها جهت اصلاح گیاهان زراعی پاکوتاه، از اواسط دهه ۱۹۴۰ با مطالعه روی گندم "نورین۱۰" و انجام دورگ‌گیری با ژنوتیپ‌های دیگر آغاز شد و به دنبال آن، مطالعات مشابهی در IRRI از سال ۱۹۶۰ شروع شد (Hardgrove & Coffman, 2006). پس از آن، اصلاح و معرفی ارقام برنج پاکوتاه و پرمحصول مختلف در بسیاری از کشورها از قبیل ژاپن، چین (Wang *et al.*, 2005)، هند (Bose *et al.*, 2014)، آفریقا و همچنین سایر کشورها (WARDA, 2002) به انجام رسیده است. مشخص شد که عملکرد ارقام و لاین‌ها طی فرآیند انتخاب آن‌ها، اغلب تحت تأثیر محیط آزمایشی شامل مکان، نوع خاک و حاصلخیزی محل انجام آزمایش قرار گرفته است. بدین جهت، مطالعه سازگاری ژنوتیپ‌های اصلاحی در چند محیط متنوع، ابزار مناسبی برای اصلاح‌گران گیاهی برای شناسایی پایداری عمومی و اختصاصی عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه خواهد بود (Yan *et al.*, 2000; Akcura *et al.*, 2006).

پژوهش‌های به‌نژادی برنج در ایران نیز از سال ۱۳۳۹ آغاز شد و از آن زمان تاکنون، بیش از ۵۲ رقم مختلف برنج اصلاح و معرفی شدند (Alinia *et al.*, 2015). به دنبال معرفی ارقام پرمحصول در کشور، کشت این ارقام نیز در ایران توسعه یافت، تا جایی که در طی سال‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۶۱ با کشت ارقام آمل دو و سه و سپیدرود، تحولی در میزان عملکرد در واحد سطح در کشور و به ویژه استان‌های شمالی ایجاد شد و استان مازندران مقام اول را در کشت ارقام جدید معرفی شده در کشور به خود اختصاص داد (Moumeni, *et al.*, 2019). ۴۴ درصد از اراضی برنج‌کاری استان در سال ۱۳۸۰، به کشت ارقام پرمحصول اختصاص داشت و بیشترین سطح زیر کشت ارقام پرمحصول، به ارقام ندا، نعمت و فجر تعلق داشت. در سال ۱۳۸۱، سطح زیر کشت رقم فجر به علت مطلوب بودن کیفیت پخت، گسترش چشمگیری داشته است. در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹، بیشترین سطح زیر کشت ارقام پرمحصول، به رقم شیرودی در استان مازندران با میانگین عملکرد ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (Gholizadeh, *et al.*, 2010). در طی سال‌های اخیر، حدود ۱۵۰ هزار هکتار از سطح زیر کشت کشور به ارقامی نظیر شیرودی، فجر، ندا، کشوری، کوهسار، خزر، گوهر، سازندگی، کوهرنگ، دانیال و غیره یافته است. در سال ۱۳۹۲ گزارش شد که در استان مازندران، سطح زیر کشت ارقام پرمحصول، بیش از ۹۲ هزار هکتار بود که حدود ۴۰ درصد از سطح زیر کشت ارقام برنج در این استان را شامل می‌شد و در این میان، رقم شیرودی بالاترین سطح زیر کشت را دارا بود، درحالی‌که این میزان در سال ۹۴ به حدود ۴۷ هزار هکتار کاهش یافت (Alinia *et al.*, 2015)؛[1] این در حالی است که کشت ارقام پرمحصول اصلاح شده در سال ۱۳۹۸ در گیلان، به ۱۸ هزار هکتار و در مازندران به کمتر از ۴۶ هزار و ۷۰۲ هکتار رسید.[2] بررسی روند معرفی ارقام در ایران نشان می‌دهد که اغلب ارقام معرفی شده، به‌تدریج از کیفیت پخت بهتر و عملکرد بالاتری برخوردار بودند و کلیه ارقام معرفی شده در نتیجه انجام آزمایش‌های سازگاری و پایداری و متعاقب آن توسعه مدیریت زراعی شناسایی و معرفی شدند. از میان ۱۰ لاین امیدبخش برنج مطالعه شده در سه منطقه استان مازندران، یک لاین دارای بالاترین سازگاری و پایداری برای عملکرد در مناطق ذکر شده بود (Sedghi-Azar *et al.*, 2008). در مطالعه‌ای دیگر که روی نه لاین امیدبخش برنج همراه با رقم خزر در سه منطقه استان گیلان (رودسر، رشت و تالش) انجام شد مشخص شد که عملکرد

[1]- https://khabarban.com/a/26607680
[2]- https://khabarban.com/a/29546230

ژنوتیپ‌های برنج در محیط‌های مختلف و اثر متقابل ژنوتیپ در مکان معنی‌دار بودند (Tarang *et al.*, 2013). در مطالعه‌ای روی هفت لاین اصلاحی امیدبخش به همراه دو ژنوتیپ شاهد شیرودی و لاین ۸۴۳ در مازندران، یکنواختی واریانس خطای آزمایشات، چهار ژنوتیپ بالاترین عملکرد و پایداری را نشان داد (Sharifi *et al.*, 2017). طی سال‌های ۹۴ تا ۹۶، مطالعه‌ای روی هفت ژنوتیپ برنج به همراه چهار رقم شاهد در چهار منطقه در مازندران انجام شد که فرض همگنی واریانس برقرار بود و تجزیه پایداری به روش AMMI نشان داد که ژنوتیپ AN74، حاصل از تلاقی نعمت × علی‌کاظمی، دارای سازگاری مطلوبی برای مناطق مرکزی مازندران بود و لاین TS84، از تلاقی SHZ2 × طارم‌محلی نیز سازگاری عمومی بالایی داشت (Moumeni *et al.*, 2019). ژنوتیپ‌های اصلاحی برنج مورد استفاده در این مطالعه، در نتیجه برنامه ملی اصلاح ارقام ایرانی برنج (Moumeni *et al.*, 2009) و همچنین اصلاح برای کیفیت ارقام برنج ایرانی تولید شدند. از این‌رو، این مطالعه با هدف تعیین سازگاری و پایداری هفت لاین خالص اصلاحی ارقام برنج با زمینه ژنتیکی ایرانی در مناطق مختلف استان مازندران به انجام رسید تا ژنوتیپ‌های برتر و مطلوب برای معرفی رقم تعیین شوند.

مواد و روش‌ها

ژنوتیپ‌های برنج مورد استفاده در این تحقیق شامل هفت لاین خالص اصلاحی برنج بود که منتخب تلاقی تعدادی از ارقام ایرانی شامل طارم‌محلی، علی‌کاظمی، نعمت، سپیدرود، اهلمی‌طارم، دشت و سان‌هوان‌ژان-۲ (SHZ2، از کشور چین) حاصل شدند (جدول ۱).

این آزمایش در دو سال ۹۵ و ۹۶ در چهار منطقه در استان مازندران شامل تنکابن، آمل، بابل و بهشهر (جمعاً هشت محیط، E1: آمل سال اول، E2: بابل سال اول، E3: بهشهر سال اول، E4: تنکابن سال اول، E5: آمل سال دوم، E6: بابل سال دوم، E7: بهشهر سال دوم، و E8: تنکابن سال دوم) اجرا شد که دارای ویژگی‌های اقلیمی نسبتاً متفاوتی بودند.

این لاین‌ها به همراه دو رقم شاهد طارم‌محلی و شیرودی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر محیط، مورد مطالعه قرار گرفتند. ابعاد هر کرت سه در چهار متر بود و گیاهچه‌ها در سن حدود چهار هفتگی و با فاصله۲۰×۲۰ سانتی‌متر به صورت تک بوته نشاکاری شدند. مدیریت تغذیه شامل مصرف نیتروژن به میزان ۲۵۰ کیلوگرم اوره (۴۶ درصد ازت، N)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل (۴۶ درصد فسفر، P_2O_5) و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم (۵۰ درصد پتاس، K_2O) بود. جهت جلوگیری از هرگونه خسارت احتمالی آفت کرم ساقه‌خوار (stem borer)، از سموم گرانول پادان چهار درصد (Padan 4%) و ریجنت (Regent 0.2%) طی دو مرحله به صورت سمپاشی استفاده شد. از آن‌جا که رقم شاهد طارم‌محلی در میان لاین‌ها، به بیماری بلاست (blast disease) حساس بود، کنترل این بیماری با استفاده از قارچ‌کش وین (Win) در مرحله ظهور خوشه انجام شد. کنترل علف‌های‌هرز نیز به با تلفیق روش‌های

(شکل ۱).جدول ۱- نام، کد و برخی از ویژگی‌های لاین‌های امیدبخش برنج مورد استفاده در مطالعه، منشأ و شجره اصلاحی آن‌ها

Table1. Name, code, pedigree and origin of advanced promising lines of rice and their main characteristics

Code	Name	Pedigree/Cross	Origin of parents	Plant type	Grain shape
G1	AHS	Ahlami-tarom/Sepidroud	Traditional/Improved (Iran)	Semi-dwarf	Long-Slender
G2	AN50	Ali-Kazemi/Nemat	Traditional/Improved (Iran)	Semi-dwarf	Long
G3	AN54	Ali-Kazemi/Nemat	Traditional/Improved (Iran)	Semi-dwarf	Long
G4	TS57	Tarom-Mahali/SHZ2	Traditional (Iran)/Improved (China)	Semi-dwarf	Long-Slender
G5	DAH	Dasht/Ahlami-Tarom	Improved/ Traditional (Iran)	Semi-dwarf	Long-Slender
G6	AS4	Ahlami-tarom/Sepidroud	Traditional/Improved (Iran)	Semi-dwarf	Long-Slender
G7	AS3	Ahlami-tarom/Sepidroud	Traditional/Improved (Iran)	Semi-dwarf	Long-Slender
G8	TAR	Tarom-Mahali	Traditional (Iran)	Tall	Long-Slender
G9	SHIR	Shiroudi	Improved (Iran)	Semi-dwarf	Long-Slender

مکانیکی وجین دستی و شیمیایی با استفاده از علف‌کش‌های ماچتی (بوتاکلر، امولسیون ۶۰ درصد) و لونداکس (بن‌سولفورون متیل، DF 60%) انجام شد.

شکل۱- مکان‌های اجرای آزمایش سازگاری در استان مازندران. L1: مزرعه آزمایشی موسسه تحقیقات برنج ـ آمل، L2: مزرعه آزمایشی گاودشت، بابل، L3: مزرعه کشاورز نمونه، حسین‌آباد بهشهر و L4: مزرعه آزمایشی ایستگاه تحقیقات چپرسر تنکابن

Figure1. Experimental sites of stability test in Mazandaran province: L1: Experimental field, Rice Research Institute of Iran, Amol; L2: Experimental field of Gaavdasht, Babol; L3: Elite farmers field, Hoseinabad, Behshahr; and L4: Experimental field, Rice Research Station, Tonekabon

خصوصیات زراعی مختلف شامل تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (تعداد روز از زمان خزانه‌گیری تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها در هرکرت)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر، بعد از رسیدگی و قبل از برداشت از سطح خاک تا انتهای خوشه بدون در نظر گرفتن ریشک)، تعداد پنجه بارور در بوته (تعداد پنجه بارور/ خوشه در هر بوته)، تعداد کل سنبلچه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم: تعداد دانه کاملاً پر و سالم و در رطوبت ۱۳ درصد) اندازه‌گیری شدند. ارزیابی خصوصیات موثر بر کیفیت پخت دانه (شیمیایی) شامل میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه‌شدن، به‌همراه خصوصیات فیزیکی شامل راندمان تبدیل، میزان برنج کامل و خرد، طول دانه قبل و بعد از پخت و میزان طویل شدن در هر محیط و در یک تکرار، جهت کنترل نتایج قبلی انجام شد. عملکرد دانه در کرت نیز به‌صورت وزن دانه در منطقه عملکرد بعد از حذف اثر حاشیه که شامل دو ردیف کناری و دو ردیف نمونه‌برداری بود (کیلوگرم) و با رطوبت استاندارد ۱۴ درصد اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری و پایداری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای صفاتی نظیرعملکرد دانه، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در هر محیط، به‌طور جداگانه و با استفاده از SAS9.4 و PROC GLM بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شدند (SAS, 2013). مقایسه میانگین‌های صفات نیز با روش حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) انجام شد و در ادامه آزمون همگنی واریانس خطای آزمایشی بارتلت بر اساس روش‌های پیشنهادی بر اساسLevene (1960)، Brown & Forsythe (1974) و Snedecor & Cochran (1989) جهت صحت همگن بودن واریانس آزمایش‌های مختلف برای صفت عملکرد دانه در محیط‌ها بر اساس MACRO: BARTLETT و PROC GLM با نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. تجزیه واریانس مرکب و آزمون اثرات مختلف نیز با فرض تصادفی بودن اثرات سال‌ها و مکان‌ها و ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها با نرم افزار SAS9.4 و دستور PROC GLM انجام شد. تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف برای عملکرد دانه و بر اساس روش چند متغیره AMMI[1] (Gauch & Zobel, 1996)، از طریق CropStat 7.2[2] (2009) و بر اساس مدل زیر انجام شد.

[1]- Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI)

[2]- CropStat 7.2 for Windows Tutorial Manual (2009) Crop Research Informatics Laboratory. International Rice Research Institute. pp: 379.

$$Yij = \mu + g_i + e_j + \Sigma^n{}_{k=1}\ \lambda_k a_{ik} \gamma_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

که در این مدل، Yij: عملکرد ژنوتیپ i^{th} در محیط j^{th}، g_i: انحراف میانگین ژنوتیپ i^{th}، e_j: انحراف میانگین محیط j^{th}، λk: ریشه دوم مولفه اصلی (PCA) برای محور k، a_{ik} و γ_{jk}: امتیازهای مولفه اصلی (PCA) برای محور k از ژنوتیپ i^{th} و محیط j^{th} و ε_{ij}: اثر باقیمانده است.

در این روش میانگین، داده‌های مرتبط با عملکرد هر ژنوتیپ در هر محیط، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و سپس بردارهای ویژه هر ژنوتیپ و محیط استخراج شدند و در نهایت، سازگارترین ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها و یا محیط‌های اختصاصی انتخاب شدند.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل واریانس ساده صفات در محیط‌ها

نتایج (جدول ۲) حاکی از آن بود که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه در همه محیط‌ها اختلاف معنی‌دار داشتند. بین چهار محیط مورد بررسی از نظر صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نیز (آمل و بابل در دو سال) تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت. همچنین ارتفاع بوته بین ژنوتیپ‌ها بجز برای محیط چهار (تنکابن سال اول)، بسیار معنی‌دار شد. فقط محیط‌های یک، دو و سه از نظر صفت تعداد پنجه بارور (تعداد خوشه)اختلاف معنی‌داری داشتند و برای محیط‌های دیگر، غیر معنی‌دار شد. تقریباً در همه محیط‌ها، میزان ضریب تغییرات خطای آزمایشی زیر ۲۵ درصد و در محدوده قابل قبول بود و توزیع داده‌ها نیز نرمال برآورد شد. با مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و صفات دیگر در محیط‌های مختلف (جدول ۳) مشخص شد که ژنوتیپ‌های مختلف مورد مطالعه برای عملکرد دانه در همه محیط‌ها، در دو تا سه گروه قرار گرفتند و اغلب لاین‌های امیدبخش در محدوده مشابه‌ای از عملکرد واقع شدند. در این میان، ژنوتیپ‌های G1، (AHS)، و G5، (DAH) بالاترین میزان متوسط عملکرد دانه را به تنهایی در محیط‌های E3، E4، E5، E7 و E8 داشتند. همچنین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات مهم زراعی از جمله تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (زودرسی)، ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور (خوشه در بوته) دارای تفاوت‌های بسیار معنی‌دار بودند. برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، سه ژنوتیپ G1، G3 و G8، زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها بودند و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی آن‌ها از حدود ۹۶ تا ۱۰۰ روز از بذرپاشی بود. برای ارتفاع بوته نیز همه ژنوتیپ‌ها در دسته پاکوتاه تا متوسط بودند و با رقم طارم‌محلی که واریته‌ای پابلند است، تفاوت معنی‌داری نشان دادند. ارتفاع بوته این ژنوتیپ‌ها نظیر G1، G3 و G5 قبل از برداشت، حدود ۹۲ تا ۱۲۵ سانتی‌متر بود. در رابطه با صفت تعداد پنجه بارور (تعداد خوشه در بوته) نیز اغلب ژنوتیپ‌ها مانند G1، G2، G4 و G5 دارای تعداد پنجه بارور بیشتری (بین ۱۳ تا ۲۳)در محیط‌های مختلف بودند که از رقم طارم‌محلی برتر و همگروه با شیرودی یا برتر از آن بودند.

آزمون همگنی واریانس محیط‌ها و تجزیه واریانس مرکب

آزمون همگنی واریانس اشتباهات محیط‌های مختلف (هشت محیط) برای عملکرد دانه (شلتوک) به روش بارتلت و بر اساس Levene (1960)، Brown & Forsythe (1974) و Snedecor & Cochran (1989) انجام و مشخص شد که آزمون‌های مربوط، غیرمعنی‌دار و فرض همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در میان محیط‌های هشت‌گانه برقرار بود (جدول ۴). در ادامه، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با فرض تصادفی بودن سال‌ها و مکان‌ها (محیط) و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها روی صفت عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که میان ژنوتیپ‌های اصلاحی مورد مطالعه برای اثرات اصلی سال، مکان، ژنوتیپ و اثرات متقابل سال در مکان و سال در مکان در ژنوتیپ معنی‌دار شد. ضریب خطای آزمایشی در تجزیه مرکب (CV=٪۱۴/۹۱) برآورد شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات و عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج مورد مطالعه در محیط‌های مختلف

Table2. Variance analysis of traits and grain yield of advanced promising lines of rice at different environments

S.O.V	Traits	df	Mean square							
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Replication	GY	2	280806	604730	290799	1148501 *	375179	66305	431785	132466
	FLR		1.33	1.44	-	-	0.15	0.93	-	-
	PLH		9.50	77.7	82.1	26.1	4.5	15.9	-	12.3
	TLR		22.5 *	19.6	4.8	14.1	14.4	10.3	-	35.4
Genotype	GY	8	2082267*	2918204**	2566303*	1107801**	2522013*	3657633**	450534**	965769*
	FLR		79.3 *	38.3	-	-	79.3	94.5	-	-
	PLH		634.9 **	618.1 **	522.7 **	242.9	867.8 **	825.2 **	-	415.9**
	TLR		42.7 *	26.4 *	31.6 **	10.3	15.1	20.6	-	10.2
Error	GY	16	610356	454356	208534	201096	159399	188282	400300	620823
	FLR		87.3	68.4 **	-	-	15.3 **	4.6 **	-	-
	PLH		77.1	55.7	82.6	141.9	41.4	10.1	-	91.4
	TLR		4.8	9.2	2.9	11.1	7.8	11.8	-	24.6
CV (%)	GY		14.6	9.8	20.1	11.2	9.5	7.7	24.8	15.9
	FLR		2.2	2.1	-	-	1.8	2.1	-	-
	PLH		7.1	6.1	8.4	10.2	5.5	2.7	-	8.3
	TLR		12.3	13.3	9.1	21.5	21.8	19.8	-	25.4

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری اثرات در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد. "-": داده‌های گمشده، E1 تا E8: محیط‌های آزمایشی، به‌ترتیب: E1: آمل سال اول، E2: بابل سال اول، E3: بهشهر سال اول، E4: تنکابن، E5: آمل سال دوم، E6: بابل سال دوم، E7: بهشهر سال دوم، و E8: تنکابن سال دوم، GY: عملکرد دانه، FLR: تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، PLH: ارتفاع بوته و TLR: تعداد خوشه در بوته،

* and **: significant diffsrences at 5% and 1% of probability levels, respectively. "-": missing data, E1 to E8: Experiments environment, including: E1: Amol, year 1; E2: Babol, year 1; E3: Behshahr, year 1; E4: Tonekabon, year 1; E5: Amol, year 2; E6: Babol, year 2; E7: Behshahr, year 2; E8: Tonekabon, year 2; respectively, GY: grain yield, FLR: days to 50 % offlowering, PLH: plant height, and TLR: number of panicle/plant .

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) لاین‌های امیدبخش برنج مورد مطالعه در محیط‌های مختلف

Table 3. Mean comparison of grain yield (Kg/ha) of advanced promising lines of rice at different environments

Code	Genotype	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
G1	AHS	4901.3bc	5874.3d	6018.2ab	4701.3ab	5389.6a	4836.7de	6246.2a	4532.7ab
G2	AN50	5692.4ab	6377.3cd	5730.2abc	4446.0ab	4536.2b	5674.3ab	3075.6b	5626.7a
G3	AN54	4932.0bc	5517.0d	4081.8c	3600.0cde	3854.6b	5004.0cde	3628.3b	3609.3b
G4	TS57	5850.8ab	6458.3cd	4210.1bc	4244.7abc	4227.0b	4473.7e	3113.8b	4169.7ab
G5	DAH	5557.6b	7487.3bc	7049.4a	4006.7bcd	5576.1a	7340.0a	5876.8a	4216.0ab
G6	AS4	5341.6bc	6660.0bcd	5408.2abc	3529.7cde	2804.1c	5883.3bc	3323.6b	3991.3ab
G7	AS3	4912.8bc	7793.0ab	5052.1bc	3395.3de	3885.0b	4428.3e	3216.7b	4324.0ab
G8	TAR	3991.1c	7069.0bc	5718.0abc	3194.0e	3157.6c	5578.3bcd	3224.4b	4678.7ab
G9	SHIR	7001.6a	8667.7a	5946.0abc	4898.3a	4423.1b	7350.3a	4049.0b	4713.3ab
LSD 5%		1352.3	1166.7	1902.8	776.2	691.1	751.1	1095.1	1902.6

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. E1 تا E8: محیط‌های آزمایشی، به‌ترتیب: E1: آمل سال اول، E2: بابل سال اول، E3: بهشهر سال اول، E4: تنکابن، E5: آمل سال دوم، E6: بابل سال دوم، E7: بهشهر سال دوم، و E8: تنکابن سال دوم

Means with the same letters in the same column are significantly different. E1 to E8: Experiments environment, including: E1: Amol, year 1; E2: Babol, year 1; E3: Behshahr, year 1; E4: Tonekabon, year 1; E5: Amol, year 2; E6: Babol, year 2; E7: Behshahr, year 2; E8: Tonekabon, year 2, respectively.

جدول ۴- آزمون‌های همگنی واریانس محیط های مختلف برای عملکرد دانه

Table 4 variances homogeneity tests of different environments for grain yield

Test	S.O.V	df	$\chi 2$	MS	P
Bartlett	Env.	7	10.956	-	0.141 ns
Brown-Forsythe	Env.	7	-	491841	0.459 ns
	Error	208	-	503822	
Levene	Env.	7	-	623757	0.174 ns
	Error	208	-	420314	

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری اثرات در سطح احتمال پنج و یک درصد غیرمعنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج در هشت محیط مختلف

Table5. Combined ANOVA of grain yield of advanced promising lines of rice at eight environments

S.O.V	df	Mean square	P
Year	1	40759318 ns	0.1420
Location	3	41411951 ns	0.1430
Year X Location	3	10363094**	0.0003
Error (a)	16	892496	-
Genotype	8	8507185**	0.0001
Genotype X Year	8	1412559 ns	0.3340
Genotype X Location	24	2302733 ns	0.0511
Genotype X Year X Location	24	116597**	0.0043
Error (b)	128	553817	
CV (%)	14.91		R^2=84.03

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری اثرات در سطح احتمال پنج و یک درصد غیرمعنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

نتایج نشان داد که ژنوتیپ G5، بیشترین عملکرد را در سال اول و دوم و همچنین در مکان‌ها داشت و ژنوتیپ G1 در مرتبه دوم قرار گرفت (جدول ۶).

جدول۶- میانگین عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج در محیط‌های مختلف در آزمایش سازگاری

Table6. Grain yield average of advanced promising lines of rice at different environments in adaptability test

Code	Gen.	E1	E2	E3	E4	$Y_{\bullet 1}$	E5	E6	E7	E8	$Y_{\bullet 2}$	L1	L2	L3	L4	L	Env.
G1	AHS	4901.3	5874.3	6018.2	4701.3	5373.8	5389.6	4836.7	6246.2	4532.7	5251.3	5145.4	5355.5	5275.4	5473.8	5312.5	5312.5
G2	AN50	5692.4	6377.3	5730.2	4446.0	5561.5	4536.2	5674.3	3075.6	5626.7	4728.2	5114.3	6025.8	5678.4	3760.8	5144.8	5144.8
G3	AN54	4932.0	5517.0	4081.8	3600.0	4532.7	3854.6	5004.0	3628.3	3609.3	4024.1	4393.3	5260.5	3845.6	3614.1	4278.4	4278.4
G4	TS57	5850.8	6458.3	4210.1	4244.7	5191.0	4227.0	4473.7	3113.8	4169.7	3996.0	5038.9	5466.0	4189.9	3679.2	4593.5	4593.5
G5	DAH	5557.6	7487.3	7049.4	4006.7	6025.2	5576.1	7340.0	5876.8	4216.0	5752.2	5566.8	7413.7	5632.7	4941.7	5888.7	5888.7
G6	AS4	5341.6	6660.0	5408.2	3529.7	5234.9	2804.1	5883.3	3323.6	3991.3	4000.6	4072.9	6271.7	4699.7	3426.6	4617.7	4617.7
G7	AS3	4912.8	7793.0	5052.1	3395.3	5288.3	3885.0	4428.3	3216.7	4324.0	3963.5	4398.9	6110.7	4688.0	3306.0	4625.9	4625.9
G8	TAR	3991.1	7069.0	5718.0	3194.0	4993.0	3157.6	5578.3	3224.4	4678.7	4159.7	3574.3	6323.7	5198.3	3209.2	4576.4	4576.4
G9	SHIR	7001.6	8667.7	5946.0	4898.3	6628.4	4423.1	7350.3	4049.0	4713.3	5133.9	5712.3	8009.0	5329.7	4473.7	5881.2	5881.2

E: محیط‌های آزمایش، $Y_{\bullet 1}$، $Y_{\bullet 2}$، L و Env.: به‌ترتیب شامل متوسط عملکرد دانه هر ژنوتیپ در سال اول، دوم، مکان‌ها و همه محیط‌ها می‌باشند.

E: experimental environments, $Y_{\bullet 1}$, $Y_{\bullet 2}$, L and Env: average grain yield of each genotype at year 1 & 2, locations and over environments, respectively.

تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها و برآورد پارامترهای پایداری

با توجه به معنی‌داری اثرات متقابل در تجزیه مرکب داده‌ها، برآورد اجزای مختلف پایداری بر اساس مدل چند متغیره AMMI به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های پایدارتر انجام شد. مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم و چهارم در سطح احتمال پنج درصد ($\alpha <$ ۰/۰۵) معنی‌دار شدند، درحالی‌که مولفه اثر متقابل سوم، غیرمعنی‌دار بود (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس بر اساس مدل AMMI برای عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش برنج

Table 7 Variance analysis of grain yield of advanced promising lines of rice, based on AMMI model

S.O.V	df	Mean square	relative component (%)	Cumulative percentage
Genotype	8	2835740 **		
Environment	7	9337380 **		
Genotype x Environment	56	562772 **		
IPCA1	14	1020400 *	45.3	45.3
IPCA2	12	696944 *	26.5	71.9
IPCA3	10	448110 ns	14.2	86.1
IPCA4	8	378442 *	9.6	95.7
Residual (GxE)	12	113138	4.3	100.0
Total	71	1683986	100.0	

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری اثرات در سطح احتمال پنج و یک درصد غیرمعنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

سهم مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم، به‌ترتیب ۴۵/۳ و ۲۶/۵ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (جمعاً ۷۱/۸ درصد) در صفت عملکرد دانه بود و حدود ۲۸/۲ درصد از تغییرات مربوط به مولفه‌های غیر معنی‌دار سوم و معنی‌دار چهارم و مولفه باقیمانده بود. بنابراین مدل AMMI با دو مولفه اصلی (AMMI۲) که حدود ۷۱/۸ درصد تغییرات اثرات متقابل ژنوتیپ درمحیط را توجیه می‌نمود، در نظر گرفته شدند. همچنین در این مطالعه، مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده از مدل AMMI (نویز[1]) با میانگین مربعات غیرمعنی‌دار بود.

در شکل ۲ که بای پلات میانگین ژنوتیپ و محیط را نشان می‌دهد، ژنوتیپ‌های G5 و G1، با فاصله کمی دورتر از مرکز بای‌پلات در یک گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ شاهد شیرودی (G9) به تنهایی در بالای محور مختصات و دور از مرکز در یک گروه جداگانه دیگر، ژنوتیپ‌های G2، G3، G4، G6، G7 و G8 با فاصله نزدیک از هم و در گروه دیگر قرار گرفتند. همچنین نتایج نشان داد که محیط‌های E1 ، E2 ، E3 و E6 در یک گروه، محیط‌های E4 و E8 در گروه دیگر و محیط‌های E5 و E7 در گروهی مجزا واقع شدند.

بای پلات مرتبط با محیط و ژنوتیپ در شکل ۳ نشان داده شده است. در این بای پلات، محیط‌ها به صورت بردارهای مختلف متناسب با اثرات آن‌ها روی ژنوتیپ‌های آزمایشی و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به صورت نقطه بر اساس مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم و اثرپذیری بیشتر از هر محیط نقطه‌یابی شدند. این بای پلات، حدود ۷۱/۹ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را در رابطه با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برنج توجیه کرد که سهم دو مولفه به‌تنهایی به‌ترتیب ۴۵/۳ و ۲۶/۵ درصد بود. از آن‌جا که ژنوتیپ‌هایی که در مرکز چندضلعی و نزدیک‌تر به مرکز مختصات بای‌پلات بودند، پایدارترین ژنوتیپ‌ها در تمام محیط‌ها از حیث عملکرد محسوب می‌شوند، ژنوتیپ‌های G7 و G3 از این حیث از پایداری بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر برخوردار بودند. این در حالی است که ژنوتیپ‌های G1، G5 ، G8، G9 و G4 در دورترین نقطه از مبدأ مختصات بای پلات قرار داشتند و تشکیل چند ضلعی می‌دادند که هر کدام، بهترین ژنوتیپ‌ها (سازگاری خصوصی) برای محیط‌هایی بودند که در آن بخش واقع شدند. بدین جهت، G1 بالاترین و پایدارترین ژنوتیپ در محیط‌های چهار، پنج و هفت بود، درحالی‌که ژنوتیپ‌های G1 و G8 برای محیط‌های سه، شش و هفت و ژنوتیپ‌های G2 و G4، بهترین وضعیت را در محیط‌های یک، چهار و هشت نشان دادند.

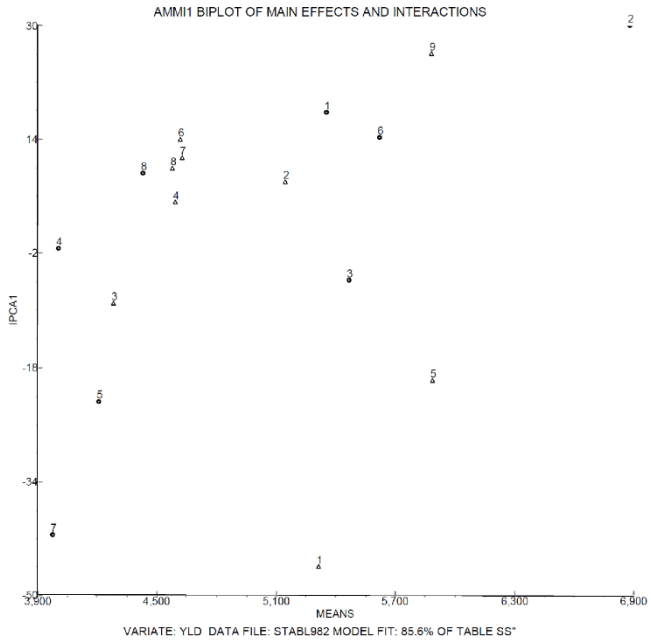
وضعیت خصوصیات فیزیکی دانه و صفات موثر بر کیفیت پخت ژنوتیپ‌های برنج

در این مطالعه، خصوصیات موثر بر کیفیت پخت دانه (شیمیایی) شامل میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه‌شدن به همراه خصوصیات فیزیکی شامل راندمان تبدیل، میزان برنج کامل و شکسته، طول دانه قبل و بعد از پخت و میزان طویل شدن در هر محیط و در یک تکرار ارزیابی شد (داده‌ها نشان داده نشدند). نتایج نشان داد که خصوصیات مهمی نظیر میزان آمیلوز در ژنوتیپ‌ها و در محیط‌های مختلف، در محدوده متوسط از حدود ۱۸ تا کمتر از ۲۵ درصد متغیر بود. میزان آمیلوز دو لاین G1 و G5 در مکان‌های مختلف در دامنه متوسط، به‌ترتیب ۰/۴±۲۳/۹ و ۰/۲±۲۴/۰ درصد بود. میزان دمای ژلاتینه‌شدن نیز از حدود سه تا ۶/۸ در میان ژنوتیپ‌ها متغیر بود که این مقدار برای دو لاین G1 و G5 به‌ترتیب ۰/۳ ±۵/۱ و ۰/۱ ±۶/۸ بود. همچنین میزان راندمان تبدیل برای ژنوتیپ‌های مختلف در این مطالعه، از ۶۹ درصد برای ژنوتیپ G1 تا حدود ۷۲ درصد برای ژنوتیپ G4 متغیر بود. میزان طویل شدن دانه بعد از پخت در میان این ژنوتیپ‌ها نیز از نسبت ۱/۶۹ (۶۹ درصد) برای ژنوتیپ G4 تا ۱/۹۷ (۹۷ درصد) افزایش طول دانه بعد از پخت برای ژنوتیپ G1 متفاوت بود.

این مطالعه به ارزیابی وضعیت سازگاری لاین‌های اصلاحی امیدبخش برنج و با توجه به این نکته که انتخاب انحصاری ژنوتیپ‌های اصلاحی مطلوب بر

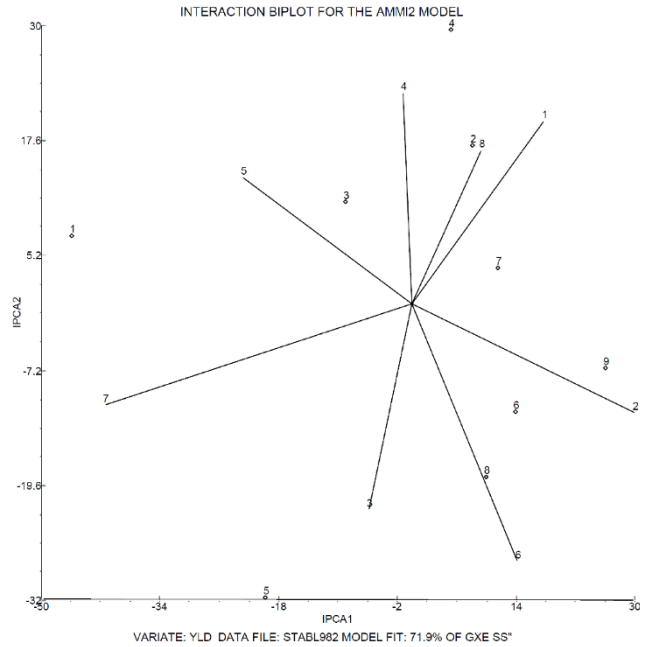
[1]- Noise

اساس عملکرد آن‌ها در یک محیط، شاخص مطلوبی نمی‌باشد، پرداخته شد تا میزان پایداری عملکرد دانه آن‌ها برای همه محیط‌ها یا برای محیط‌های اختصاصی مشخص شوند (Mohammadi *et al.*, 2015).



شکل ۲ - بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها (مثلث: ▲) و محیط‌ها (دایره: **o**) و مقادیر اولین مولفه اصلی آن‌ها (AMMI1)

Figure2. Biplot of genotype(▲) and environment (**o**) means with first principle component value (AMMI1)



شکل ۳- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و مقادیر دومین مولفه اصلی آن‌ها (AMMI2)

Figure3. Biplot of genotypes mean and related second principle component value (AMMI2)

در مطالعه‌ای مشابه روی ۱۰ لاین امیدبخش برنج در سه منطقه استان مازندران (تنکابن، آمل و ساری)، همگنی در واریانس‌ها گزارش شد و در نتیجه امکان تجزیه پایداری وجود داشت (Sedghi-Azar *et al.*, 2008). در یک مطالعه دیگر روی ۱۱ ژنوتیپ مختلف، فرض همگنی واریانس‌های آزمایشات در ۱۲ محیط برقرار بود و ادامه تجزیه و تحلیل پایداری انجام شد (Moumeni *et al.*, 2019). همچنین وجود تفاوت‌های معنی‌دار در میان ژنوتیپ‌های آزمایشی برای صفات مختلف از جمله عملکرد در محیط‌های مختلف نیز می‌تواند حاکی از وجود تنوع و تفاوت در واکنش میان ژنوتیپ‌های انتخابی در هر یک از محیط‌ها باشد. وجود تفاوت‌های معنی‌دار در میان ژنوتیپ‌های آزمایشی در آزمایش‌های ساده در مطالعه سازگاری در گزارش‌های مختلفی آمده است (Mohaddesi *et al.*, 2013; Mostafavi *et al.*, 2014; Allahgholipour *et al.*, 2007; Moumeni *et al.*, 2019).

تجزیه و تحلیل مرکب داده‌های آزمایشی برای محیط‌های مختلف، وجود تفاوت در وضعیت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را آشکار می‌نماید؛ در نتیجه به اصلاح‌گر کمک خواهد نمود تا در معرفی ژنوتیپ‌های امیدبخش برنج با سازگاری عمومی و یا اختصاصی برای محیط‌های مورد مطالعه با شناخت کافی اقدام نماید. در این مطالعه نیز تفاوت‌ها برای اثرات اصلی سال، مکان و اثر متقابل سال در مکان معنی‌دار شد؛ این موضوع نشان‌دهندهٔ وجود تنوع در میان ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بود (Balestre *et al.*, 2010; Mostafavi *et al.*, 2014; Moumeni *et al.*, 2019). معنی‌دار بودن اثر ساده سال نشان می‌دهد که عوامل جوی نظیر میزان بارندگی، طول روز، حداقل و حداکثر دمای هوا و خاک، روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها تأثیر گذاشته است. همچنین معنی‌داری اثر مکان نیز نشان از تأثیر عوامل جغرافیایی شامل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا نیز روی پتانسیل عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های امیدبخش برنج مورد مطالعه بوده است؛ وجود چنین اثرات متقابل معنی‌داری بین ژنوتیپ و محیط توسط محققان مختلفی گزارش شده است (Mohammadi *et al.*, 2015; Moumeni *et al.*, 2019). در یک مطالعه روی پایداری ۲۲ لاین پیشرفته اصلاحی برنج در هند، وجود اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط گزارش شد و از میان این لاین‌ها، تعدادی با پایداری عمومی و تعدادی با پایداری اختصاصی مناطق شناسایی شدند (Rashmi *et al.*, 2017). از آن‌جا که انجام تجزیه و تحلیل مرکب روی صفت عملکرد در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، منحصراً اطلاعاتی در خصوص وجود و یا عدم وجود اثرات متقابل محیط (سال و مکان) و ژنوتیپ ارائه داد، از این‌رو تجزیه و تحلیل پایداری و برآورد پارامترهای مشخص کننده پایداری برای تشخیص ژنوتیپ‌هایی با پایداری به انجام رسید (Farshadfar, 1998).

در این مطالعه مشخص شد که دو مولفه اول در تجزیه و تحلیل به روش AMMI، بیشترین تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمودند و ژنوتیپ‌های G7 و G3 از این حیث، پایداری بالاتری به نسبت ژنوتیپ‌های دیگر داشتند. ژنوتیپ‌های G1، G5و G4 نیز هر کدام با توجه به موقعیت آن‌ها در نمودار بای‌پلات که دورتر از مرکز مختصات واقع شدند، بهترین ژنوتیپ‌ها (سازگاری خصوصی) برای محیط‌هایی بودند که در آن بخش واقع شدند. گزارش شد که بهترین مدل، آنی است که دو مؤلفهٔ اصلی اول معنی‌دار شود و سایر مؤلفه‌ها، واریانس غیرمعنی‌داری را به خود اختصاص داده باشند (Gauch & Zobel, 1996). در مطالعه‌ای، وجود اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط روی ژنوتیپ‌های برنج گزارش شد و تجزیه و تحلیل به روش AMMI نیز معنی‌داری دو مولفه اصلی را نشان داد و از میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، چهار لاین امید بخش بالاترین عملکرد و پایداری را داشتند و گزارش شد که ژنوتیپی که از نظر عملکرد (محور افقی)، مقدار بیشتر و از نظر اولین مؤلفهٔ اثر متقابل (محور عمودی)، مقدار کمتری (نزدیک به صفر) داشتند، ژنوتیپ مطلوب‌تری بودند، چون این ژنوتیپ هم عملکرد زیادی دارد و هم پایدار است (Sharifi *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر، تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به روش AMMI نشان داد که تنها مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم بر عملکرد دانه

معنی‌دار بودند و به‌ترتیب ۳۶/۸ و ۲۶/۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه را توجیه کردند و مشخص شد که لاین زودرس و پاکوتاه AN74 با میانگین عملکرد ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای پایداری مناسبی در مناطق مرکزی مازندران و لاین متوسطرس و پاکوتاه TS84؛ حاصل از تلاقی SHZ2 در طارم‌محلی، با میانگین عملکرد ۸۰۸۹ کیلوگرم در هکتار در اغلب محیط‌ها دارای پایداری بالاتر و نوسان عملکردی کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود (Moumeni *et al.*, 2019).

برای صفات مهم موثر بر کیفیت دانه نظیر میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه‌شدن که به جهت مصرف کننده‌های ایرانی دارای اهمیت خاصی می‌باشد، لاین‌های مورد آزمایش در محدوده ژنوتیپ‌هایی با کیفیت پخت مناسب، نظیر ارقام محلی قرار داشتند و دارای میزان آمیلوز در محدوده متوسط بودند. راندمان تبدیل و میزان طویل شدن دانه بعد از پخت، به عنوان پارامترهای مهم بازارپسندی و مصرف نیز در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد مطلوب بودند (Sharma & Khanna, 2019). این لاین‌ها دارای تحمل مناسبی (از دو نوع آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز) در مقابل آفت کلیدی کرم ساقه‌خوار برنج بودند و از این حیث، خسارت بر محصول کمتر و با مصرف کمتر سموم آفت‌کش، سلامت محیط زیست و موجودات حفظ خواهد شد (Tabari *et al.*, 2017). همچنین این ژنوتیپ‌ها به لحاظ مقاومت به بیماری بلاست در مرحله رویشی در خزانه بلاست و همچنین مرحله خوشه در کرت‌های آزمایشی، در محدوده مقاوم (صفر تا یک) قرار داشتند و از این حیث و به‌ویژه در رابطه با کاهش مصرف سموم آفت‌کش و همچنین کاهش میزان خسارت مستقیم و غیرمستقیم به عملکرد و کیفیت دانه مورد توجه باشند (Moumeni *et al.*, 2006).

نتیجه‌گیری کلی

تجزیه و تحلیل پایداری لاین‌های امیدبخش برنج توانست در شناسایی ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی و خصوصی مطلوب در محیط‌های مختلف اطلاعات مفیدی در اختیار قرار دهد، به‌طوری که مشخص شد که ژنوتیپ متوسطرس و پاکوتاه G5 (DAH) حاصل از تلاقی اهلمی‌طارم در دشت با میانگین عملکرد ۵۸۸۸/۷ کیلوگرم در همه محیط‌ها، دارای وضعیت پایداری بالاتر و نوسان عملکردی کمتری از سایر ژنوتیپ‌ها بود و ژنوتیپ زودرس و پاکوتاه G1 (AHS) حاصل از تلاقی سپیدرود در اهلمی‌طارم با متوسط عملکرد دانه ۵۳۱۲/۰۶ کیلوگرم، دارای پایداری مناسبی در بیشتر محیط‌ها بود. از این‌رو، این دو ژنوتیپ به‌ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های برتر با زمینه ژنتیک ارقام محلی ایرانی و دارابودن ویژگی‌های زودرسی، تحمل به ورس و آفت کرم ساقه خوار و مقاومت در مقابل بیماری بلاست، می‌توانند جهت کشت در استان مازندران مورد استفاده قرار گیرند.

REFERENCES

Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S. & Ayranci, R. (2006). Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. *Plant Soil Environment*, 52, 254-261.

Allahgholipour, M., Mohammad-Salehi, M. S., Johar-Ali, A., Nahvi, M., Padasht, F., Tavazo, M. & Mehrgan, H. (2007). Genotype x environment interaction and stability for grain yield in some promising rice cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 6(4), 51-58. (In Persian)

Alinia, F., Nouri, M. Z., Hosseini-Chaleshtari, M., Erfani, R., Ghodsi, M., Karbalaei, M. T., Khazaei, L., Omrani, M., Fathi, N. & Seyed-Javadi, Z. (2015). *Changing in rice production in Iran through high-yielding rice cultivars*. (Farvast No: K. 94-43), Agricultural Research, Extension and Education Organization (AREEO), Tehran, Iran, 64p. (In Persian)

Balestre, M., dos Santos, V. B., Soares, A. A. & Reis, M. S. (2010). Stability and adaptability of upland rice genotypes. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 10, 357-363.

Bose, L. K, Jambhulkar, N. N., Pande, K. & Singh, O. N. (2014). Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(1), 3-9.

Brown, M. B. & Forsythe, A. B. (1974). Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69, 364–367.

Farshadfar, E. (1998). *Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding*. Secend edition. Razi University, Kermansha, Iran, 396p. (In Persian)

Gauch, J. H. G. & Zobel, R. W. (1996). AMMI analysis of yield trials. In: M.S. Kang & H.G. Gauch (Eds.), *Genotype-by-Environment Interaction*, (pp.85–122), CRC Press, Boca Raton, FL.

Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Hoseinpour, R., Mohiti, Z., Fazli-Estarbagh, M., Rezaei, M. M., Arab, H., Kazemi-Fard, R., Fazli, B., Abdshah, H., Sefidi, H., Rafiei, M. & Kazemian, A. (2010). *Agriculture Statistics for Year 2008-2009*, Vol. 1, Crops. Ministery of Agriculture, Tehran, Iran, pp. 71, (In Persian)

Hardgrove, T. & Coffman, R. (2006). Breeding history. *Rice Today*, 5(4), 35-39.

Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In: Ingram Olkin; Harold Hotelling; et al. (eds.). *Contributions to Probability and Statistics*: Essays in Honor of Harold Hotelling. (pp.278–292). Stanford University Press.

Mohaddesi, A., Bakhshipour, S., Abbasian, A., Sattari, M. & Mohammad Salehi, M. (2013). Study on adaptability, quality and quantity characters of rice genotypes in Mazandaran. *Journal of Plant Production*, 20(2), 19-36. (In Persian)

Mohammadi, M., Sharifi, P. & Karimizadeh, R. (2015). Stability analysis of seed yield of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Breeding*, 7(16), 104-114. (In Persian)

Mostafavi, K., Hosseini-Imeni, S. S. & Firoozi, M. (2014). Stability analysis of grain yield in lines and cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) using AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) method. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(3), 445-452. (In Persian)

Moumeni, A., Mohaddesi, A., Amo-oughli-Tabari, M., Tavassoli-Larijani, F. & Khosravi, V. (2019). Stability analysis and genotype × environment interaction for grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) promising breeding lines. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 20(4), 329-344. (In Persian)

Moumeni, A., Mosa-Nejad, S., Norouzi, M., Habibi, F. Ebadi, A. A. & Khosravi, V. (2009). *Improvement of resistance to rice blast in some selected Iranian traditional and modern rice cultivars*. (Final Report 1130:88), Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Extension and Education (AREEO), Tehran, Iran. (In Persian)

Moumeni, A., Nikkhah, M. J., Padasht-Dehkaei, F. & Mousanezhad S. (2006). Study on some components of slow-blasting resistance in Iranian selected rice cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 16(3): 135 - 144. (In Persian)

Rashmi, K. P., Dushyanthakumar, B. M., Nishanth, G. K. & Gangaprasad, S. (2017). Stability analysis for yield and its attributing traits in advanced breeding lines of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 1579-1589.

SAS Institute, (2013). The SAS System for Windows. Release 9.4, SAS Inst., Cary, NC. USA.

Sedghi-Azar, M., Ranjbar, G. A., Rahimian, H. & Arefi, H. (2008). Grain yield stability and adaptability study on rice (*Oryza sativa* L) promising lines. *Journal of Agriculture & Social Sciences*, 4, 27–30.

Sharifi, P., Aminpanah, H., Erfani, R., Mohaddesi, A. & Abbasian, A. (2017). Evaluation of genotype × environment interaction in rice based on AMMI model in Iran. *Rice Science*, 24(3), 173-180.

Sharma, N. & Khanna, R. (2019). Rice grain quality: Current developments and future prospects [Online First], IntechOpen; DOI: 10.5772/intechopen.89367. (pp.1-17). available:https://www.intecopen.com/online-first/rice-grain-quality-current-development-and-future-prospects.

Snedecor, G. W. & Cochran, W.G. (1989). *Statistical Methods*. 8th Edition, Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Tabari, M. A., Fathi, S. A. A., Nouri-Ganbalani, G., Moumeni, A. & Razmjou, J. (2017). Antixenosis and antibiosis resistance in rice cultivars against *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae). *Neotropical Entomology*, 46, 452–460.

Tarang, A. R., Hosseini-Chaleshtary, M., Tolghilani, A. & Esfahani M. (2013). Evaluation of grain yield stability of pure lines of rice in Guilan province. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15:1(57), 24-34. (In Persian)

Wang, Y., Xue, Y. & Li, J. (2005). Towards molecular breeding and improvement of rice in China. *Trends in Plant Science*, 10(12), 610-614.

WARDA, (2002). *Breeding rice for the high-potential irrigated systems*. (Annual Report for 2001-02). West Africa Rice Development Association, Bouake, Ivory Coast, pp. 1–1.

Yan, W., Hunt, L. A., Sheng Q. & Szlavnics, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40,597- 605.