"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیستم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۷

تجزیه پایداری و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش اصلاحی برنج (*Oryza sativa* L.)

Stability analysis and genotype × environment interaction for grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) promising breeding lines

علی مومنی[۱]، علی محدثی[۲]، مهرداد عمواقلی‌طبری[۳]، فاطمه توسلی لاریجانی[۴] و وحید خسروی[۵]

چکیده

مومنی، ع.، ع. محدثی، م. عمواقلی طبری، ف. توسلی لاریجانی و و. خسروی. ۱۳۹۷. تجزیه پایداری و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش اصلاحی برنج (*Oryza sativa* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۲۰(٤): ۳٤۳-۳۲۹.**

بهبود صفات و ویژگی‌های ارقام بومی و اصلاح شده برنج ایرانی از مهم‌ترین برنامه‌های تحقیقاتی برنج در کشور محسوب می‌شود. در همین ارتباط تعداد هفت لاین خالص اصلاحی منتخب برنج در سه سال (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵) و چهار منطقه تنکابن، آمل، بابل و بهشهر در استان مازندران از نظر پایداری عملکرد و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر اغلب صفات از جمله ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه و عملکرد دانه در اغلب محیط‌ها معنی‌دار بودند. لاین G1 (AN74؛ حاصل از تلاقی نعمت/علی‌کاظمی)، بطور معنی‌داری زودرس‌تر از سایر لاین‌های امیدبخش بود و با رقم زودرس طارم محلی در یک گروه قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، اثر متقابل سال در مکان، ژنوتیپ در مکان و سال در مکان در ژنوتیپ بر عملکرد لاین‌های مورد ارزیابی معنی‌دار بود. نتایج تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین G1 (AN74)، با شیب خط رگرسیونی غیرمعنی‌دار (bi=۰/٦۲) و میانگین عملکرد ٦۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، دارای پایداری اختصاصی برای مناطق مرکزی مازندران بود. لاین G7، (TS84)، با شیب خط رگرسیونی غیرمعنی‌دار (۰/۸۹) و عملکرد دانه ۸۰۸۹ کیلوگرم در هکتار، از پایداری عمومی بالایی برخوردار بود. تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به روش امی (AMMI) نشان داد که تنها مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند و به ترتیب ۳٦/۸ و ۲٦/۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه را توجیه کردند. نتایج نشان داد که لاین زودرس و پاکوتاه G1 (AN74) با میانگین عملکرد ٦۵۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای پایداری مناسبی در مناطق مرکزی مازندران (آمل و بابل) و لاین متوسط‌رس و پاکوتاه G7 (TS84؛ حاصل از تلاقی SHZ2/طارم محلی) با میانگین عملکرد ۸۰۸۹ کیلوگرم در هکتار در اغلب محیط‌ها دارای پایداری بالاتر و نوسان عملکردی کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود. لاین G1 (AN74؛ حاصل از تلاقی نعمت/علی‌کاظمی) دارای کوتاه‌ترین ارتفاع بوته (۸۵/۷ سانتی‌متر) و زودرس‌ترین لاین (۹۷ روز از بذرپاشی در خزانه تا برداشت) بود. بدین جهت، دو لاین AN74 و TS84 به عنوان ژنوتیپ‌های مناسب جهت ادامه بررسی در آزمایشات تحقیقی ترویجی و ارزیابی‌های به زراعی قابل توصیه هستند.

واژه‌های کلیدی: برنج، تجزیه واریانس مرکب، پایداری عملکرد، رگرسیون و لاین امیدبخش.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۳۱۳۲-۰۴-۰۴-۲ مصوب موسسه تحقیقات برنج کشور می‌باشد.

۱-دانشیار موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: amoumeni@areeo.ac.ir)
۲-محقق موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۳-استادیار موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۴-محقق موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۵-مربی موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

مقدمه

برنج بعد از گندم دومین محصول مهم زراعی در تامین غذای مردم ایران محسوب می‌شود که سطح زیر کشت آن حدود ۵۳۰ هزار هکتار برآورد می‌شود. میزان تولید برنج در کشور در طی پنجاه سال اخیر و پس از شروع برنامه‌های تحقیقاتی برنج که با معرفی ارقام پرمحصول و توسعه مدیریت‌های مناسب زراعی همراه بوده است، به بیش از دو برابر رسیده است (Anonymous, 2015). اصلاح و معرفی ارقام جدید برنج جهت بهبود ویژگی‌های آن در دنیا از سابقه نسبتا طولانی برخوردار است و قدمت جهانی تحقیقات در زمینه اصلاح و معرفی ارقام جدید برنج با هدف افزایش تولید، به بیش از ۷۰ سال می‌رسد، به طوری‌که با معرفی اولین رقم اصلاح شده در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) بنام IR8، انقلابی در زمینه افزایش تولید برنج در جهان به وقوع پیوست که بنام انقلاب سبز نامیده شد (Hazell, 2009). با اجرای برنامه‌های اصلاحی مختلف، ارقام برنج پاکوتاه و پرمحصول بسیار زیادی در کشورهای مختلف مانند ژاپن، چین (Wang *et al.*, 2005)، هند و سایر کشورها و همچنین آفریقا (Anonymous, 2002) معرفی شدند.

عملکرد ارقام و لاین‌های برنج اغلب تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد (Mostafavi *et al.*, 2014)، بنابراین ارزیابی ژنوتیپ‌های امیدبخش و اصلاحی در چند مکان و در چند سال روش مناسبی جهت شناسایی پایداری عمومی و اختصاصی عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی خواهد بود (Yan *et al.*, 2000; Akcura *et al.*, 2006). تجزیه‌های سازگاری عملکرد در آزمایشات مقایسه‌ای در چند محیط در دهه‌های اخیر به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (Kang, 1988). برای معرفی یک رقم، عملکرد دانه به تنهایی معیار مناسبی برای انتخاب نبوده و تخمین درجه سازگاری و ثبات عملکرد، معیارهای مطمئن‌تری هستند. مدل‌های مختلفی جهت تفسیر اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط توسعه داده شدند، از جمله این روش‌ها می‌توان مدل اثر متقابل ژنوتیپ در چند محیط با استفاده از روش‌های چندمتغیره، از جمله مدل اثرات اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب پذیر (Additive Main effects and Multiplicative Interaction; AMMI) را نام برد (Gauch and Zobel, 1996). در طی سال‌های متمادی اجرای برنامه‌های اصلاحی و معرفی ارقام برنج، آزمایش‌های مختلف سازگاری و ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط انجام شده است. نتایج یک آزمایش سازگاری و پایداری عملکرد روی ۱۴ لاین امیدبخش همراه با یک رقم برنج NERICA (New Rice for Africa)، در سه مکان و دو سال نشان داد که اثرات محیط، ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بود و در تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با روش AMMI، اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل از طریق دو مولفه اصلی، معنی‌دار گزارش شدند (Seyou *et al.*, 2016). همچنین نتایج ارزیابی پایداری ۲۲ لاین پیشرفته اصلاحی برنج در هند نشان داد که اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بوده و تعدادی از لاین‌ها با پایداری عمومی و تعدادی با پایداری اختصاصی برای مناطق مختلف شناسایی شدند (Rashmi *et al.*, 2017).

در ایران فعالیت‌های اصلاح برنج و معرفی ارقام جدید با تاسیس ایستگاه‌های تحقیقاتی برنج در استان‌های گیلان و مازندران در رشت و آمل در سال ۱۳۳۹ شروع شد و از آن زمان تاکنون بیش از ۵۰ رقم برنج اصلاح و یا معرفی شده‌اند (Alinia *et al.*, 2015). بررسی روند معرفی ارقام برنج در ایران، نشان می‌دهد که اغلب ارقام معرفی شده از ابتدا تاکنون از لحاظ کیفیت پخت مطلوب‌تر و عملکرد دانه آنها نیز بیشتر شده است. در رابطه با ارزیابی سازگاری ژنوتیپ‌های برنج، آزمایش‌های متعددی در سال‌های مختلف انجام شده و کلیه ارقام معرفی شده در کشور از این آزمایش‌ها حاصل شده‌اند. رحیم‌سروش و همکاران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

(Rahim-Soroush *et al.*, 2007) با ارزیابی پایداری عملکرد و صفات زراعی و کیفیت دانه در هشت ژنوتیپ برنج در سه منطقه گیلان گزارش نمودند که بین ژنوتیپ‌ها از نظر توان تولید محصول تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات ساده ژنوتیپ و مکان معنی‌دار بودند که نشان دهنده تفاوت بین ژنوتیپ‌های برنج و تفاوت بین مکان‌ها بود و میانگین عملکرد دانه لاین‌ها ۵/۱ تا ۵/۳ تن در هکتار، حدود یک تن بیشتر از رقم اصلاح شده خزر (شاهد) بود. نتایج آزمایشی دیگر با ۱۰ لاین امیدبخش برنج در سه منطقه استان مازندران (تنکابن، آمل و ساری) نشان دهنده همگنی واریانس‌ها و امکان تجزیه واریانس مرکب و تجزیه پایداری بود. بر اساس تجزیه رگرسیونی مشخص شد که یک لاین با کد A5455 دارای بالاترین سازگاری و پایداری عملکرد در مناطق ذکر شده بود (Sedghi-Azar *et al.*, 2008). محدثی و همکاران (Mohaddesi *et al.*, 2013) در آزمایشی به منظور مطالعه وضعیت هشت ژنوتیپ برنج در مناطق مختلف استان مازندران گزارش نمودند که دو لاین اصلاحی خالص ۴ و ۷ دارای وضعیت بهتری از نظر عملکرد در مناطق مختلف استان بودند. در آزمایشی روی هفت لاین امیدبخش همراه با دو شاهد شیرودی و لاین ۸۴۳ (جمعا ۹ ژنوتیپ) طی سه سال در سه منطقه مازندران، یکنواختی واریانس خطای آزمایشات مشاهده شد و نتایج تجزیه مرکب نیز نشان دهنده وجود اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط بود. تجزیه و تحلیل به روش AMMI نیز نشان دهنده معنی‌داری دو مولفه اصلی بود و چهار ژنوتیپ دارای بالاترین عملکرد دانه و پایداری بودند (Sharifi *et al.*, 2017).

با توجه به رویکرد مصرف کنندگان و استقبال بازار از ارقام دانه بلند کیفی و تمایل کشاورزان به تولید محصول بیشتر با هزینه کمتر و در زمان کوتاه‌تر و همچنین نیاز کمتر به عملیات داشت و همچنین زودرسی به منظور اجتناب از خسارات بارندگی‌های زمان خوشه‌دهی و رسیدگی (انتهای فصل) و علاقه کشاورزان به کشت مجدد و یا محصول دوم در سال‌های اخیر، جهت‌گیری برنامه‌های اصلاح ارقام برنج ایرانی بر این اهداف استوار گردیده است. از این‌رو لاین‌های مورد استفاده در آزمایش حاضر از تلاقی‌های انجام شده بین ارقام پرمحصول و محلی و یا ژنوتیپ‌های خارجی، بعد از ارزیابی مشاهده‌ای و آزمون‌های تکمیلی اولیه، انتخاب شدند. مقایسه مقدماتی و انتخاب لاین‌های خالص برتر حاصل از برنامه‌های اصلاحی در سال ۱۳۹۱ انجام شد و طی آن از بین ۴۵ لاین اصلاحی برنج، تعداد ۱۱ لاین برتر که دارای عملکرد بالاتری از ژنوتیپ‌های والدینی بودند و ویژگی‌های زراعی، کیفیت پخت و فیزیکی دانه مطلوبی داشتند، جهت مقایسه بیشتر در قالب آزمایش‌های پیشرفته‌تر و تکراردار انتخاب شدند (Moumeni *et al.*, 2014). این لاین‌ها در سال ۱۳۹۲ همراه با ژنوتیپ‌های والدینی و شاهد استاندارد کشوری مورد مقایسه قرار گرفتند و هفت لاین برتر انتخاب شدند. از این‌رو این آزمایش با هدف ارزیابی سازگاری روی هفت لاین خالص اصلاحی منتخب حاصل از برنامه‌های اصلاحی ارقام برنج اجرا شد تا ژنوتیپ‌های برتر، پایدار و مطلوب برای آزمایش‌های مدیریت زراعی و معرفی رقم شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل هفت لاین منتخب اصلاحی حاصل از برنامه‌های اصلاحی بود (جدول ۱) که برای ارزیابی سازگاری در چهار منطقه تنکابن (مزرعه تحقیقاتی)، آمل (مزرعه تحقیقاتی)، بابل (مزرعه کشاورز) و بهشهر (مزرعه کشاورز) در استان مازندران که دارای ویژگی‌های نسبتاً متفاوت اقلیمی هستند، انتخاب شدند. این ژنوتیپ‌ها از تلاقی ارقام ایرانی طارم محلی، عنبربو، علی‌کاظمی با سان هوان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

جدول ۱- شجره و ویژگی‌های مهم زراعی لاین‌های برنج منتخب از آزمایش عملکرد مقدماتی

Table 1. Pedigree and important agronomical characteristics of selected breeding rice lines collected from preliminary yield trial

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes		شجره Pedigree	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	دمای ژلاتینه‌شدن Gelatinization termp. (°C)	غلظت ژل Gel consistency	آمیلوز Amylose content (%)	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-grain weight (g)	طول دانه Grain length (mm)	دانه پر در خوشه No. of filled grain.panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length (cm)	پنجه بارور در بوته Panicle. Plant^{-1}	ارتفاع بوته Plant height (cm)
G1	AN74	Alikazemi/Nemat	5628	7	45	23.3	31.0	9.5	84.4	26.0	13.3	87.5
G2	NS27	Nemat/SHZ2	6600	7	90	20.4	25.8	10.5	102.6	25.0	14.3	99.9
G3	NS23	Nemat/SHZ2	6091	7	86	23.0	22.6	9.6	101.4	27.0	17.7	100.1
G4	NS11	Nemat/SHZ2	7055	7	50	21.1	24.0	10.3	89.4	25.0	15.6	108.7
G5	NS86	Nemat/SHZ2	6198	7	37	21.1	25.8	10.4	83.3	27.0	15.1	114.0
G6	NS77	Nemat/SHZ2	5861	7	100	23.8	32.0	10.5	86.4	24.0	14.8	101.8
G7	TS84	Tarom-mahalli/SHZ2	8141	3	46	23.2	26.0	8.6	83.9	25.0	15.9	99.5
G8	SHZ2	San Huan Zhan2	6373	6.7	59	23.7	21.0	8.3	95.0	21.0	14.0	105.0
G9	طارم محلی	Tarom-mahalli	4183	4	51	18.2	23.0	9.8	83.0	23.0	9.0	146.0
G10	نعمت	Sang-tarom/Amol3	7040	7	34	25.8	31.0	10.6	95.0	30.0	12.0	118.0
G11	کشوری	Keshvari	5458	3.1	74	21.5	26.0	10.2	126.5	26.3	15.0	123.0

G: Rice genotypes codes. G8 to G11 are check cultivars

G: کدهای ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی. G8 تا G11 ارقام شاهد هستند

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

ژان-۲ (SHZ2، از کشور چین) و نعمت بدست آمدند و بر اساس ارزیابی‌های مشاهده‌ای و مقدماتی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ انتخاب شدند. این لاین‌ها همراه با چهار رقم شاهد شامل ارقام والدینی طارم محلی، SHZ2 و نعمت، همچنین رقم کشوری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در چهار ایستگاه تحقیقاتی تنکابن، آمل، بابل و بهشهر مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳ × ۴ متر بود و گیاهچه‌ها در سن حدود چهار هفتگی به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به صورت تک بوته نشاکاری شدند. برای تامین نیاز غذایی گیاهان کودهای شیمیایی نیتروژن ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار (از منبع کود اوره)، فسفر (P_2O_5) ۷۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع کود سوپر فسفات تریپل) و پتاس (K_2O) ۵۰ کیلوگرم (از منبع کود سولفات پتاسیم) به خاک داده شد. کنترل آفات کرم ساقه‌خوار با استفاده از سموم گرانول پادان چهار درصد و ریجنت ۰/۲ درصد در دو مرحله انجام شد. کنترل علف‌های هرز نیز به دو صورت؛ وجین دستی و با استفاده از علف‌کش‌های ماچتی (بوتاکلر) امولسیون ۶۰ درصد و لونداکس (بن‌سولفورون متیل) DF 60 درصد انجام شد.

در طول رشد گیاه تا برداشت محصول و پس از برداشت، خصوصیات زراعی شامل؛ تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (تعداد روز از بذرپاشی تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها در هر کرت)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر، بعد از رسیدگی و قبل از برداشت از سطح خاک تا انتهای خوشه بدون در نظر گرفتن ریشک)، تعداد پنجه‌های بارور در بوته (تعداد پنجه بارور/ خوشه در بوته)، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم، تعداد دانه پر و سالم با رطوبت ۱۴ درصد)، طول و عرض دانه (میلی‌متر، طول و عرض دانه قهوه‌ای و بعد از حذف لما و پالئا و نسبت آن‌ها، راندمان تبدیل (درصد) (نسبت وزن برنج سفید به وزن شلتوک)، میزان آمیلوز (درصد) و عملکرد دانه در کرت (کیلوگرم، عملکرد دانه در کرت بعد از حذف دو ردیف کناری) ارزیابی شدند. ارزیابی لاین‌ها برای مقاومت به کرم ساقه‌خوار در محوطه محصور شده با توری دانه‌ریز (جهت جلوگیری از ورود آفات)، بر اساس روش پاتاک و همکاران (Pathak *et al.*, 1971) و برای بیماری بلاست در خزانه بلاست بر اساس روش مک‌گیل و بونمن (MacKill and Bonman, 1992) انجام شد.

تجزیه آماری داده‌ها برای میانگین صفات هر آزمایش (مکان و سال) با استفاده از نرم‌افزار SAS9.4 و PROC GLM بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد (SAS, 2013). آزمون همگنی واریانس خطای آزمایشی (بارتلت) جهت آزمون صحت همگن بودن واریانس آزمایش‌های مختلف در سال‌ها و مکان‌ها براساس MACRO: BARTLETT در محیط SAS 9.4 انجام شد. تجزیه مرکب و آزمون اثرات مختلف با فرض تصادفی بودن اثرات سال‌ها و مکان‌ها و ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها در محیط SAS9.4 و PROC GLM انجام شد (Gomez and Gomez, 1984). آزمون F برای تجزیه مرکب بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات انجام شد. برای صفت تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه تبدیل جذری روی داده‌ها انجام و تجزیه مرکب روی داده‌های تبدیل شده انجام گرفت.

با توجه به معنی‌داری اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط، تجزیه و تحلیل پایداری ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه بر اساس پارامتر تک‌متغیره رگرسیون خطی (Finlay and Wilkinson, 1963) با استفاده از نرم‌افزار PBSTAT-GE2.7 به صورت برخط (http://www.pbstat.com)، و روش چند متغیره AMMI (Gauch and Zobel, 1996) با استفاده از CropStat 7.2 (International Rice Research Institute, 2007) انجام شد. سپس بهترین ژنوتیپ‌ها جهت توسعه مدیریت‌های زراعی و معرفی رقم اصلاحی برنج با زمینه ارقام ایرانی، انتخاب شدند.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

نتایج و بحث

نتایج تجزیه ساده صفات لاین‌های خالص اصلاحی برنج در هر محیط (سال/مکان) نشان داد که صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه ژنوتیپ‌های برنج در اغلب محیط‌ها معنی‌دار بودند. بین ژنوتیپ‌ها برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی که در دو محیط آمل و تنکابن اندازه‌گیری شد نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت و لاین G1 (AN74) بطور معنی‌داری زودرس‌تر از سایر لاین‌های مورد مطالعه بود. مقایسه میانگین نیز نشان داد که این لاین با رقم زودرس طارم محلی در یک گروه قرار گرفت. میزان ضریب تغییرات خطای آزمایشی در کلیه آزمایش‌ها تقریباً زیر ۲۵ درصد و در محدوده قابل قبول بودند و توزیع داده‌ها نیز نرمال برآورد شد.

آزمون همگنی واریانس خطاهای محیط‌های آزمایشی (۱۱ محیط؛ محیط دوم (بابل) در سال دوم بدلیل کامل نبودن داده‌های عملکرد از تجزیه مرکب حذف شد) برای عملکرد دانه با استفاده از روش بارتلت انجام شد و نتایج نشان دهنده عدم معنی‌داری آن در محیط‌های مختلف بود ($\chi^2_{cal}= 11.61 < \chi^2_{tab,df.10}= 18.31$)، در نتیجه فرض یکنواختی و همگنی واریانس‌ها در میان محیط‌های آزمایشی برقرار بود. بر این اساس تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با فرض تصادفی بودن سال‌ها و مکان‌ها (محیط) (سه سال و چهار مکان) و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها و آزمون F براساس امید ریاضی میانگین مربعات انجام شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در اثرات سال، اثرات متقابل سال در مکان، ژنوتیپ و سال در مکان در ژنوتیپ معنی‌دار بود. اثر مکان برای کلیه صفات، به‌جز طول خوشه، تعداد خوشه و تعداد خوشه‌چه پوک غیرمعنی‌دار بود. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها و سال‌ها و مجموع مکان‌ها و سال‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

با توجه به اینکه انتخاب ژنوتیپ‌های اصلاحی مطلوب بر اساس عملکرد در یک محیط، معیار مناسبی نمی‌باشد، ارزیابی ژنوتیپ‌ها/ ارقام در چند مکان متنوع و چند سال لازم است تا با سنجش میزان پایداری، بهترین و پایدارترین آن‌ها که عملکرد دانه بالاتر از میانگین و یا بالاتر نسبت به ژنوتیپ‌های شاهد یا سایر ژنوتیپ‌ها داشته باشند، شناسایی شوند (Mohammadi *et al*., 2015). در این آزمایش همگنی واریانس آزمایش‌ها در محیط‌های مختلف مشاهده شد، بنابراین امکان تجزیه مرکب فراهم شد (Sedghi-Azar *et al*., 2008). تفاوت‌های معنی‌دار مشاهده شده بین ژنوتیپ‌های برنج برای صفات مختلف از جمله عملکرد دانه در مکان‌ها و سال‌های مختلف نشان دهنده وجود تنوع و تفاوت بین ژنوتیپ‌های انتخابی در این محیط‌ها بود. تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی در سایر آزمایش‌های سازگاری نیز گزارش شده است (Mohaddesi *et al*., 2013; Mostafavi *et al*., 2014).

تجزیه و تحلیل مرکب داده‌های آزمایشی برای مکان‌ها و سال‌ها وجود تفاوت در رفتار ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را با توجه به وجود اثرات اصلی و متقابل معنی‌دار برای صفات مختلف نشان داد، از این رو این نتایج کمک خواهد نمود تا اصلاح و معرفی ژنوتیپ‌های امیدبخش و اصلاحی برنج با سازگاری عمومی و یا اختصاصی بالا برای مناطق مورد مطالعه امکان‌پذیر شود. در این آزمایش اثرات سال و مکان برای عملکرد دانه معنی‌دار شدند. این موضوع نشان‌دهندهٔ وجود تنوع و تفاوت میان ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بود (Balestre *et al*., 2010; Mostafavi *et al*., 2014). معنی‌دار بودن اثر سال، نشان داد که عوامل جوی (میزان بارندگی، طول روز، حداقل و حداکثر دمای هوا و خاک) می تواند بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها تأثیر بگذارد.

معنی‌داری اثر مکان نیز حاکی از تأثیر عوامل جغرافیایی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

جدول ۲- میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) لاین‌های خالص اصلاحی برنج در آزمایش سازگاری به تفکیک محیط‌های مختلف (سال‌ها و مکان‌ها)

Table 2. Mean of grain yield (kg.ha^{-1}) of rice breeding lines in stability experiment in different environments (years and locations)

	۱۳۹۳ 2014					۱۳۹۴ 2015					۱۳۹۵ 2016					
ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	آمل Amol(E1)	بابل Babol(E2)	بهشهر Behshahr(E3)	تنکابن Tonekabon(E4)	میانگین Mean	آمل Amol(E5)	بابل Babol(E6)	بهشهر Behshahr(E7)	تنکابن Tonekabon(E8)	میانگین Mean	آمل Amol(E9)	بابل Babol(E10)	بهشهر Behshahr(E11)	تنکابن Tonekabon(E12)	میانگین Mean	میانگین ۳ سال Mean (3 years)
G1	8745.1	6760.5	8138.2	7070.0	7678.4	7479.8	5691.2	4903.6	5816.5	5972.8	5221.2	6828.6	6405.1	4948.9	5850.9	6500.7
G2	6803.1	11564.0	7331.7	8979.3	8669.5	9290.6	7794.7	6374.2	8523.0	7995.6	6794.3	8063.7	6025.3	8279.8	7290.8	7985.3
G3	7781.2	8922.8	9341.5	9138.0	8795.9	8403.2	5656.9	4021.9	7849.1	6482.8	5582.1	7400.3	4909.1	7077.2	6242.2	7173.6
G4	7346.0	11070.3	6601.8	8416.7	8358.7	7567.2	6200.0	5536.7	6101.1	6351.2	6679.3	8501.8	6044.4	6482.0	6926.9	7212.3
G5	6300.7	10075.8	7620.4	6995.7	7748.1	9278.0	8297.7	5392.5	5892.2	7215.1	6046.5	6853.4	5548.2	6164.3	6153.1	7038.8
G6	7920.8	12274.1	7660.3	8007.0	8965.6	6990.0	6417.0	5075.8	6473.8	6239.2	6247.0	6911.7	3994.8	5926.2	5769.9	6991.6
G7	8140.5	10562.9	6850.8	9364.3	8729.6	9796.3	8164.3	8475.5	7715.2	8537.8	6796.1	7965.0	6308.9	6928.8	6999.7	8089.1
G8	6985.2	9465.6	6495.2	8268.7	7803.7	8528.9	5716.3	3788.9	6037.7	6018.0	5129.4	6011.6	4333.3	6056.7	5382.8	6401.5
G9	5685.3	5624.1	4858.8	4762.3	5232.6	5078.9	7088.8	4303.2	4401.6	5218.1	4827.2	4829.4	7747.0	4702.4	5526.5	5325.8
G10	7964.3	9225.7	5704.2	7445.3	7584.9	9565.1	8791.8	7303.4	8014.2	8418.6	6589.1	7799.8	6444.0	7154.0	6996.7	7666.7
G11	6957.0	8223.7	8231.0	5498.0	7227.4	6944.1	5935.7	4130.1	4724.5	5433.6	4646.1	8493.1	3425.4	4439.5	5251.0	5970.7

ادامه جدول ۲- میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) لاین‌های خالص اصلاحی برنج در آزمایش سازگاری (۳ سال و ۴ مکان)

Table 2(Continued). Mean of grain yield (kg.ha^{-1}) of rice breeding lines in stability experiment (3 years and 4 locations)

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	آمل Amol	بابل Babol	بهشهر Behshahr	تنکابن Tonekabon
G1	7148.7	6426.8	6482.3	5945.1
G2	7629.3	9140.8	6577.1	8594.1
G3	7255.5	7326.7	6090.8	8021.4
G4	7197.5	8590.7	6061.0	6999.9
G5	7208.4	8408.9	6187.0	6350.8
G6	7052.6	8534.2	5577.0	6802.3
G7	8244.3	8897.4	7211.7	8002.8
G8	6881.2	7064.5	4872.5	6787.7
G9	5197.1	5847.5	5636.3	4622.1
G10	8039.5	8605.8	6483.9	7537.8
G11	6182.4	7550.8	5262.2	4887.3

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا باعث بروز تفاوت‌ها و پتانسیل عملکرد دانه ژنوتیپ‌های امیدبخش اصلاحی برنج مورد مطالعه بوده است. وجود چنین اثرات متقابل معنی‌دار بین ژنوتیپ و محیط توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Mohammadi *et al*., 2015; Nahvi *et al*., 2002).

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به مکان ۲ (بابل) در سال ۱۳۹۳ بود و مکان ۳ (بهشهر) کمترین عملکرد دانه را داشت و در مجموع مکان ۱ (آمل) بهترین میزان عملکرد را بعد از مکان ۲ (بابل) داشت.

باتوجه به اینکه تجزیه مرکب داده‌ها فقط اطلاعاتی در مورد وجود و یا عدم وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ارائه می‌دهد و با توجه به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ در مکان در سال در این آزمایش، برآورد اجزای پایداری بر اساس مدل‌های روابط تک‌متغیره خطی رگرسیون پیوسته فینلی ـ ویلکینسون (b_i) و مدل چند متغیره اثرات اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های پایدارتر انجام شدند. نتایج تجزیه پارامترهای پایداری براساس شیب خط رگرسیونی (شاخص محیطی) فینلی ـ ویلکینسون (b_i) در جدول ۳ نشان داده است. تعدادی از ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از جمله G2 (NS27)، با شیب خط رگرسیونی (b_i=۱/۱۴) و میانگین عملکرد ۷۹۸۵ کیلوگرم در هکتار، و G7 (TS84)، با شیب خط رگرسیونی ۰/۸۹ و عملکرد ۸۰۸۹ کیلوگرم در هکتار وG5 (NS86) با مقدار (b_i=۱/۱۵) و میانگین عملکرد ۷۰۳۸ کیلوگرم در هکتار، دارای بالاتر از میانگین کل، از پایداری مناسبی برخوردار بودند. سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل G1 (AN74)، G4 (NS11) و G6 (NS77) از نظر شاخص محیطی و میانگین عملکرد در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند.

گزارش شد که انجام تجزیه و تحلیل مرکب برای صفاتی از جمله عملکرد دانه در میان ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی منحصراً اطلاعاتی در خصوص وجود و یا عدم وجود اثرات متقابل محیط (سال و مکان) و ژنوتیپ ارائه می‌دهد، تجزیه و تحلیل پایداری و برآورد شاخص‌های پایداری برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با پایداری بالاتر مفید خواهد بود (Farshadfar, 1998).

جهت ارزیابی ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از تجزیه و تحلیل پارامترهای پایداری به روش AMMI استفاده شد. نتایج نشان داد که مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم معنی‌دار بودند. سهم مولفه‌های اثرمتقابل اول ودوم، به ترتیب ۳۶/۸ و ۲۶/۱ درصد از تغییرات

جدول ۳- شیب خط رگرسیون در تجزیه پایداری فینلی- ویلکینسون برای عملکرد دانه لاین‌های خالص اصلاحی برنج

Table 3. Slope of regression line in stability analysis, Finlay and Wilkinson, for grain yield of rice breeding lines

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	شیب رگرسیون (b_i) Regression slope (b_i)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
G1	0.62 **	6500.7
G2	1.14 ns	7985.3
G3	1.21 *	7173.6
G4	1.17 *	7212.3
G5	1.15 ns	7038.9
G6	1.61 **	6991.6
G7	0.89 ns	8089.1
G8	1.39 **	6401.5
G9	-0.03 **	5325.8
G10	0.63 **	7666.7
G11	1.21 *	5970.7

ns، * و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد. محدوده پایداری: ۰/۸۴ ≤ bi ≤۱/۱۶ بود

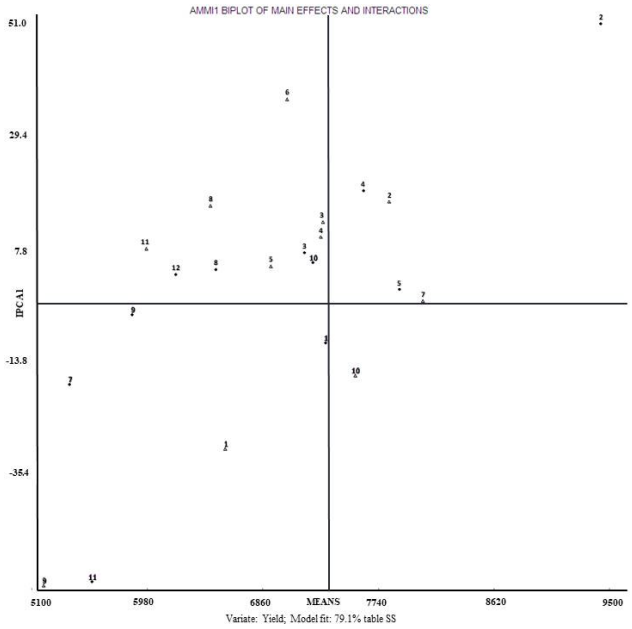
ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively. Stability range (α=0.05): 0.84 to 1.16

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط را در عملکرد دانه بود و حدود ۳۷ درصد از تغییرات مربوط به مولفه‌های غیر معنی‌دار سوم و معنی‌دار چهارم و باقیمانده بود، بنابراین مدل AMMI با دو مولفه اصلی (AMMI1 & 2) که حدود ۶۳ درصد تغییرات اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه کرد، در نظر گرفته شدند.

مقدار مجموع مربعات باقی مانده از مدل AMMI (Noise) دارای میانگین مربعات غیرمعنی‌دار بود که نشان‌دهندهٔ دقت کافی مدل بود. در شکل ۱ که بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها ارائه شده است، ژنوتیپ‌های G2 ، G3 ، G4 و G7 در یک گروه و نزدیک به مرکز، ژنوتیپ‌های G1 و G9، با فاصله دورتر از مرکز بای‌پلات در گروه مجزایی قرار گرفتند. چهار ژنوتیپ G5، G6، G8 و G11 در گروه دیگری دسته‌بندی شدند. نتایج همچنین نشان داد که محیط E1 (آمل، سال اول) در یک گروه، محیط‌های E2، E4 و E5 (به‌ترتیب بابل سال اول، تنکابن سال اول و آمل سال دوم) در گروه دیگر، محیط‌های E3، E8، E10 و E5 (به‌ترتیب بهشهر سال اول، تنکابن سال دوم، بابل سال سوم و آمل سال دوم) در گروهی مجزا و محیط‌های E7، E9 و E11 (به‌ترتیب بهشهر سال دوم، آمل سال سوم و بهشهر سال سوم) نیز در گروه مجزای دیگری قرار گرفتند. با این وجود اغلب محیط‌ها شامل E1، E3، E4، E5، E8، E10 و E12 نزدیک به هم و در مرکز بای پلات قرار داشتند و تا حدودی می‌توان این محیط‌ها در یک گروه دسته بندی کرد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۸۷۰۰ تا ۱۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ‌های G1، G2، G3، G4، G5، G6 و G7 بود که به‌ترتیب در محیط‌های ۱، ۲، ۳، ۲، ۲، ۲ و ۲ بدست آمد (جدول ۲).



شکل۱- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها (مثلث: ▲) و محیط‌ها (لوزی: ◆) و مقادیر اولین مولفه اصلی آن‌ها (AMMI1)

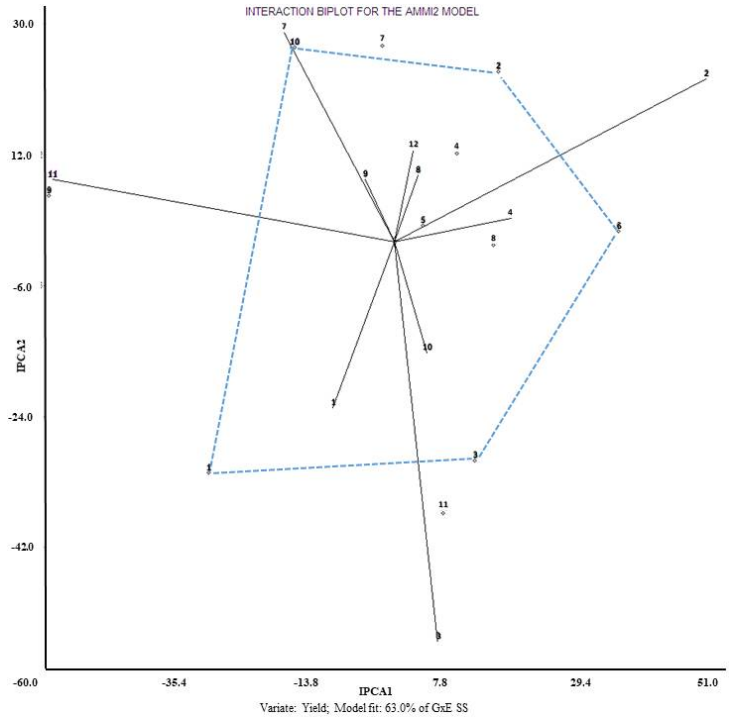
Fig. 1. Biplot of genotypes mean (▲) and environments (◆) with first principle component value (AMMI1)

بای پلات مرتبط با محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها در شکل ۲ ارائه شده است. در این شکل محیط به صورت بردار و ژنوتیپ‌های برنج به صورت نقطه، بر اساس مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم نقطه‌یابی شدند. این

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

بـای پـلات حـدود ۶۳/۱ درصـد از تغییـرات اثرمتقابـل ژنوتیـپ در محـیط را در رابطـه بـا عملکـرد دانـه توجیـه مـی‌کنـد کـه سـهم دو مولفـه اول و دوم بـه ترتیـب ۳۶/۹ و ۲۶/۲ درصـد بـود. بـا توجـه بـه اینکـه ژنوتیـپ‌هـای واقـع در مرکـز چندضـلعی و نزدیـک‌تـر به مرکز مختصات بای‌پلات، پایـدارترین ژنوتیـپ‌هـا در تمـام محـیط‌هـا از نظـر عملکـرد محسـوب مـی‌شـوند، ژنوتیـپ‌هـای G2، G7، G4 و G5 از پایـداری بـالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودنـد. ژنوتیـپ‌هـای G1، G3 و G6 در دورترین نقطه از مبدأ مختصـات بـای پلات قرار داشتند و تشکیل چنـد ضـلعی دادنـد کـه هـر کدام بهترین ژنوتیـپ‌هـا (دارای سـازگاری خصوصـی) برای محیط‌هایی محسـوب مـی‌شـوند کـه در آن بخـش واقع شده‌اند.



شکل ۲- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و مقادیر دومین مولفه اصلی آن‌ها (AMMI2)

Fig. 2. Biplot of genotypes mean and related second principle component value (AMMI2)

در یک آزمایش ارزیابی پایداری ۲۲ لایـن پیشـرفته اصلاحی برنج در هند، وجود اثرات متقابـل ژنوتیـپ در محیط گزارش شد و تعدادی از لاین‌های اصلاحی برنج بـا پایـداری عمـومی و تعـدادی از آنهـا بـا پایـداری اختصاصـی، براسـاس دو شـاخص عملکـرد بـالاتر از میانگین و ضریب رگرسیون معـادل یـک، بـرای منـاطق مـورد مطالعـه شناسـایی شـدند (Rashmi *et al*., 2017). بدین جهت و براساس این دو شاخص ژنوتیپ‌هـای G2 و G7 از ژنوتیـپ‌هـای پرمحصـول و پایـدار در ایـن آزمایش شناخته شدند. در این مطالعه باتوجه به ایـن‌کـه دو مولفـه اول بیشـترین تغییـرات ایـن اثـر متقابـل را توجیـه کردنـد، ژنوتیـپ‌هـای G7، G2 و G5 براسـاس نزدیکـی بیشـتر بـه مرکـز مختصـات و در عـین حـال عملکـرد بـالاتر از متوسـط کـل، و یـا نزدیـک آن، بـه عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مناسب شناخته شـدند. در این رابطه گزارش شـده اسـت کـه بهتـرین مـدل، مـدلی اسـت کـه فقـط دو مؤلفـهٔ اصـلی اول معنـی‌دار شـود و سایر مؤلفه‌ها، واریـانس غیرمعنـی‌داری را داشـته باشـند

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

(Gauch and Zobel, 1996). در عین حال ژنوتیپ‌های G1، G3، G4 و G6 دارای پایداری اختصاصی به تعدادی از محیط‌ها، از جمله آمل و بابل بودند که مرکز تولید برنج در مازندران محسوب می‌شوند. در آزمایش دیگر در خصوص مطالعه تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط در برنج، وجود اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط گزارش شد و تجزیه و تحلیل به روش AMMI نیز نشان دهنده معنی‌داری دو مولفه اصلی بودند و ژنوتیپ (لاین امید بخش) بالاترین عملکرد و پایداری را داشتند (Sharifi *et al.*, 2017). در مطالعه دیگری روی ۲۷ ژنوتیپ برنج با تفاوت گسترده در زمینه ژنتیکی آنها در غرب آفریقا در غنا، اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بود و سه مولفه اصلی مرتبط با اثرمتقابل (به‌ترتیب با مقادیر ۴۲/۳، ۱۹/۲ و ۱۴/۴ درصد) نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند، ولی اثرات باقیمانده معنی‌دار نبود (Katsura *et al.*, 2016). بعلاوه گزارش شده است که ژنوتیپی که از نظر عملکرد (محور افقی) مقدار بیشتر و از نظر اولین مؤلفهٔ اثر متقابل (محور عمودی) مقدار کمتری (نزدیک به صفر) داشته باشد، ژنوتیپ مطلوب‌تری خواهد بود، زیرا این ژنوتیپ هم عملکرد بالاتری دارد و هم پایدارتر است. در آزمایش حاضر مشخص شد که محیط‌های E1 و E5 (آمل: سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵)، E3 (بهشهر: ۱۳۹۳)، E4 و E8 (تنکابن: سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) عملکردی بیش از میانگین داشتند و اثر متقابل مشابهی را دارا بودند. مجموع مربعات باقیمانده از مدل امی (Noise) نیز میانگین مربعات غیرمعنی‌دار داشت که نشان‌دهندهٔ دقت مدل در تجزیه و تحلیل پایداری بود (Anandan and Eswaran, 2009).

میزان آمیلوز دانه، به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت دانه و راندمان تبدیل (نسبت میزان برنج سفید به شلتوک) در ژنوتیپ‌های خالص اصلاحی برنج در سه سال و چهار مکان و برای هر محیط یک تکرار، مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به اینکه در آزمایش‌های قبلی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، خصوصیات فیزیکی دانه و کیفیت پخت، به‌عنوان شاخص‌های مهم در انتخاب، مورد ارزیابی قرار گرفته بودند، این خصوصیات در یک تکرار در هر منطقه اندازه‌گیری شد. میزان آمیلوز دانه ژنوتیپ‌های برنج از

جدول ۴- وضعیت مقاومت به کرم ساقه‌خوار، بیماری بلاست و تعداد روز تا گلدهی در لاین‌های خالص اصلاحی برنج

Table 4. Resistance performance of rice breeding lines to stem borer, blast disease and days to 50% flowering

	بیماری بلاست Blast disease		کرم ساقه‌خوار Stem borer		روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	
ژنوتیپ‌های برنج Rice genotype	گیاهچه Seedling	خوشه Panicle	گیاهچه Seedling	خوشه Panicle	آمل Amol	تنکابن Tonekabon
G1	1.0	0.0	0.03	0.21	97	101
G2	1.0	0.0	0.11	0.10	132	120
G3	1.0	0.0	0.02	0.20	132	119
G4	3.0	0.0	0.16	0.46	132	120
G5	1.0	0.0	0.13	0.26	132	121
G6	1.0	0.0	0.00	0.18	132	122
G7	1.0	0.0	0.00	0.42	132	123
G8	1.0	0.0	0.00	0.28	134	123
G9	7.0	7.0	0.02	0.12	103	95
G10	1.0	0.0	0.23	0.31	135	117
G11	1.0	0.0	0.08	0.32	132	112

اعداد جدول میانگین نمره‌ها و مقادیر در تکرارها و مکان‌ها می‌باشند

Figures in table are average of scores and values across replications and environments

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

۱۷/۱ درصد برای ژنوتیپ G9 (شاهد طارم محلی) در سال اول در بابل تا حداکثر ۲۵/۷ درصد برای لاین G8 (SHZ2) در سال سوم در بابل متغیر بود. میزان آمیلوز دانه برای ژنوتیپ‌های امید بخش، به‌جز دو لاین G2 و G3 در سال سوم در بهشهر (با ۲۵/۶ درصد)، در محدوده متوسط (۲۵> AC >۲۰ درصد) قرار داشت. میزان برنج سالم نیز در این ژنوتیپ‌ها از حداقل ۶۴/۶ درصد (برای لاین G11– سال سوم، بابل) تا حداکثر ۷۵/۲ درصد (برای لاین G5) متغیر بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

ارزیابی وضعیت مقاومت به آفت کرم ساقه‌خوار و بیماری بلاست در خزانه نشان داد که اغلب لاین‌های مورد ارزیابی دارای مقاومت بالایی به کرم ساقه‌خوار بودند و بدین جهت در گروه ارقام مقاوم با نمره ۱ قرار گرفتند. از نظر مقاومت به بیماری در خزانه بلاست نیز در گروه ژنوتیپ‌های مقاوم (۱) قرار گرفته بودند. رقم والدینی و شاهد طارم محلی (G9) با نمره ۷ کاملاً حساس بود (جدول ۴).

با توجه به اهمیت کیفیت پخت دانه و پارامترهای موثر بر آن در رابطه با مصرف کننده، از جمله میزان آمیلوز دانه، لاین‌های برنج مورد مطالعه، به‌جز دو ژنوتیپ G2 و G3 که در سال سوم آمیلوز بالای ۲۵/۶ درصد داشتند، در محدوده ژنوتیپ‌های با کیفیت پخت مناسب قرار داشتند و دارای میزان آمیلوز متوسط بودند. همچنین به جهت راندمان تبدیل به عنوان پارامتر موثر در بازرگانی و کاهش ضایعات، وضعیت لاین‌های مورد مطالعه در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد مطلوب بود. بعلاوه اغلب این لاین‌ها دارای مقاومت مناسبی در مقابل خسارت آفت کرم ساقه‌خوار برنج بودند، به ویژه آنکه مشخص شد که لاین G1 (AN74) دارای هر دو نوع سازوکار آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز نسبت به این آفت بود (Tabari *et al.*, 2017). این ژنوتیپ‌ها از نظر مقاومت به بیماری بلاست در خزانه و مرحله خوشه‌دهی در مزرعه نیز هیچگونه علائمی از بیماری بلاست نشان ندادند.

نتیجه‌گیری

روش‌های مورد استفاده در این آزمایش جهت ارزیابی پایداری لاین‌های امیدبخش برنج، اطلاعات مفیدی در خصوص شناسایی ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی مطلوب در محیط‌های مختلف ارائه کردند، به‌طوری که لاین زودرس و پاکوتاه G1 (AN74؛ حاصل از تلاقی نعمت/علی‌کاظمی) با میانگین عملکرد ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای پایداری اختصاصی برای مناطق مرکزی مازندران (آمل و بابل) و لاین متوسط‌رس و پاکوتاه G7 (TS84؛ حاصل از تلاقی SHZ2/طارم محلی) با میانگین عملکرد ۸۰۸۹ کیلوگرم در هکتار در اغلب محیط‌ها (سال‌ها و مکان‌ها) دارای پایداری بالاتر و نوسان عملکردی کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند. از ویژگی مهم لاین G1 (AN74) زودرس‌تر بودن (۹۷ روز از بذرپاشی در خزانه تا برداشت) و کوتاه‌ترین ارتفاع بوته (۸۵/۷ سانتی‌متر) در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود، از این‌رو می‌توان از دو لاین G1 و G7 (به عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای چهار منطقه مورد ارزیابی) و لاین G1 جهت تعیین بهترین مدیریت زراعی جهت تولید بالاترین میزان عملکرد دانه در آزمایشات تحقیقی ترویجی برای مناطق مرکزی مازندران استفاده کرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از کارشناسان همکار در اجرای این تحقیق آقایان مهندس عیسی علی‌نژاد، مهندس مجید رحیمی و سرکار خانم مهندس فاطمه رمضانی سپاسگزاری به عمل می‌آید. این تحقیق در قالب پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور با شماره ۲-۰۴-۰۴-۹۳۱۳۲ مصوب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی انجام شده است.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

References منابع مورد استفاده

Akcura, M., Y. Kaya, Taner, S. and R. Ayranci. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. Plant Soil Environ. 52: 254-261.

Alinia, F., M. Z. Nouri, M. Hosseini-Chaleshtari, R. Erfani, M. Ghodsi, M. T. Karbalaei, L. Khazaei, M. Omrani, N. Fathi and Z. Seyed-Javadi. 2015. Changing in Rice Production in Iran through High-yielding Rice Cultivars. Agricultural Research, Extension and Education Organization (AREEO), Tehran, Iran, 64p. (In Persian).

Anandan, A. and R. Eswaran. 2009. Genotype by environment interactions of rice (*Oryza sativa* L.) hybrids in the east coast saline region of Tamil Nadu. In The Proceedings of 2nd International Rice Congress, pp. 2-26, New Delhi, India.

Anonymous. 2015. National Agriculture Statistics of 2013-14, Crop and Horticulture Plants: Vol 1: Crop Plants. Information and Communication Technology Center, Department of Economy and Planning Publication, Ministry of Jihad-e-Agriculture, (In Persian).

Anonymous. 2002. Breeding Rice for the High-potential Irrigated Systems. WARDA Annual Report 2001–02 Features. 15-27.

Balestre, M., V. B. dos Santos, A. A. Soares and M. S. Reis. 2010. Stability and adaptability of upland rice genotypes. Crop Breed. Appl. Biotechnol. 10: 357-363.

Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics on Plant Breeding. 2nd Ed. University of Kermanshah Press. 396 p. (In Persian).

Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agric. Res., 14: 742-754.

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

Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research (2 Ed.). John Wiley and Sons, New York. USA.

Hazell, P. B. R. 2009. The Asian Green Revolution. Sustainable Solutions for Ending Hunger and Poverty. IFPRI Discussion Paper. Int. Food Policy Res. Inst. Available at: www.ifpri.org/millionsfed.

International Rice Research Institute. 2007. "CropStat for Windows 7.2," DAPO, Metro Manila, Philippines.

Kang, M. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes. Cereal Res. Com. 16(1/2):113-115.

Katsura, K., Y. Tsujimoto, M. Oda, K. Matsushima, B. Inusah, W. Dogbe and J-I. Sakagami. 2016. Genotype-by-environment interaction analysis of rice (*Oryza spp.*) yield in a floodplain ecosystem in West Africa. Europ. J. Agron. 73: 152–159.

Mackill, D. J. and J. M. Bonman. 1992. Inheritance of blast resistance in near-isogenic lines of rice. Phytopathology. 82: 746-749.

Mohaddesi, A., S. Bakhshipour, A. Abbasian, M. Sattari and M. Mohammad Salehi. 2013. Study on

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

adaptability, quality and quantity characters of rice genotypes in Mazandaran. J. Plant Prod. 20(2): 19-36. (In Persian with English abstract).

Mohammadi, M., P. Sharifi and R. Karimizadeh. 2016. Stability analysis of seed yield of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). J. Crop Breed. 7(16): 104-114. (In Persian with English abstract).

Mostafavi, K., S. S. Hosseini-Imeni and M. Firoozi. 2014. Stability analysis of grain yield in line as and cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) using AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) method. Iran. J. Field Crops Sci., 45(3): 445-452. (In Persian with English abstract).

Moumeni, A., M. A. Tabari, V. Khosravi, F. Tavassoli-Larijani, I. Alinejad and N. Fathi. 2014. Preliminary yield trials of breeding pure lines of rice for important agronomical traits, yield and cooking quality characteristics. Final Report of Research Project. Rice Research Institute of Iran, AREEO Farvast Reg. No. 46555. 27p. (In Persian), Unpublished data. (In Persian with English abstract).

Nahvi, M., M. Alahgholipour and M. S. Mohammad-Salehi. 2002. Study on stability and adaptability of rice genotypes in Guilan province. Seed Plant J. 18(1): 1-12. (In Persian with English abstract).

Pathak, M. D., F. Andres, N. Galacgac and R. Raros. 1971. Resistance of rice varieties to striped rice borers. International Rice Research Institute, Los-Banos, Laguna, Philippines, p 69.

Rahim-Soroush, H., B. Rabiei, M. Nahvi and M. Ghodsi. 2007. Study of some morphological, qualitative traits and yield stability of rice genotypes (*Oryza sativa* L.). Pajouhesh & Sazandegi, 75: 25-32. (In Persian with English abstract).

Rashmi, K. P., B. M. Dushyanthakumar, G. K. Nishanth and S. Gangaprasad. 2017. Stability analysis for yield and its attributing traits in advanced breeding lines of rice (*Oryza sativa* L.). Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 6(5): 1579-1589.

SAS Institute Inc. 2013. The SAS System for Windows. Release 9.4. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Sedghi-Azar, M., G. A. Ranjbar, H. Rahimian and H. Arefi. 2008. Grain yield stability and adaptability study on rice (*Oryza sativa* L) promising lines. J. Agric. Soc. Sci. 4: 27–30.

Seyou, M., S. Alamerew and K. Bantte. 2016. Stability analysis of grain yield in rice genotypes across environments of Jimma Zone, Western Ethiopia. J. Cereals Oilseeds. 7(3): 27-33.

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

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

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

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]

Stability analysis and genotype × environment interaction for grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) promising breeding lines

Moumeni, A.[1], A. Mohaddesi[2], M. Amo-oughli-Tabari[3], F. Tavassoli-Larijani[4] and V. Khosravi[5]

ABSTRACT

Moumeni, A., A. Mohaddesi, M. Amo-oughli-Tabari, F. Tavassoli-Larijani and V. Khosravi. 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):329-343. (In Persian).**

Improvement of rice characteristics of Iranian traditional and high-yielding cultivars is very important in rice breeding programmes for sustainable rice production in Iran. Therefore, a total of seven advanced promising breeding lines of rice were tested for their adaptability and genotype × environment interaction in 2014 to 2016 and four locations at Amol, Babol, Behshahr and Tonekabon, Iran. Results of analysis of variance showed significant differences among these promising breeding lines and their parents as well as check cultivars for important characteristics such as grain yield, plant height, panicle number per plant, grain per panicle most of environments. It's found that promising breeding line G1 (AN74), originated from Alikazemi × Nemat, was significantly early maturity as compared with other lines, and was similar to Tarom-Mahalli, a local variety. Combined analysis of variance indicated that year, year × location, genotypes × location and year × location × genotype interaction effects were significant on grain yield. According to the adaptability analysis for grain yield, we found that two promising breeding lines; AN74 (G1) with *bi*=0.62 and an average yield of 6500 Kg/ha showed specific adaptation in central Mazandaran, while genotype TS84 (G7) with *bi*=0.89 and average yield of 8089 kg.ha^{-1} with higher yield and yield stability in most of the environments. Analysis of genotype × environment interaction through AMMI method showed that two first components of interaction (IPCA1 and IPCA2) were significant explained 36.8 and 26.1 percent of the variation in grain yield, respectively. The promising breeding line AN74, of Ali-Kazemi background, with an average of 97 days to 50 percent flowering, plant height of ~85 cm and intermediate amylose content (20~24 %) was identified as a suitable promising breeding line for centeral areas of Mazandaran. Another suitable promising breeding line with Tarom background, TS84, was well adapted to rice growing areas in Mazandaran. Therefore, these two promising breeding lines; AN74 and TS84 can be considered for further verifications on farmers' fields for being released as new rice cultivars.

Key words: Combined analysis of variance, Promissing lines, Regression, Rice and Stability of grain yield.

Received: June, 2018 **Accepted: January, 2019**

1. Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Amol. Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Iran (Corresponding author)(Email: amoumeni@areeo.ac.ir)
2. Researcher, Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Amol. Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Iran
3. Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Amol. Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Iran
4. Researcher, Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Amol. Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Iran
5. Researcher, Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Amol. Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-11-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4]