

## بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌ها و ارقام برنج با استفاده از روش امی (تأثیرات اصلی افزایشی و تأثیرات متقابل ضرب پذیر)

خداداد مصطفوی<sup>۱\*</sup>، سیدصادق حسینی ایمنی<sup>۲</sup> و مرتضی فیروزی<sup>۳</sup>

۱. استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، البرز

۲. پژوهشگر معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور، آمل

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۹/۲۰)

### چکیده

موفقیت در گزینش ارقام و لاین‌های دارای عملکرد مطلوب به شدت تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد. در این تحقیق به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در برنج، دوازده لاین برنج همراه با دو رقم شاهد به نام فجر و ندا در نه محیط (سه منطقه و سه سال) از نظر عملکرد ارزیابی شدند. طرح استفاده‌شده، بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. در تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آنها معنی‌دار بود. داده‌ها با استفاده از روش AMMI تجزیه و تحلیل شدند. در این روش دو مؤلفه اول اثر متقابل معنی‌دار و ۶۶ درصد از واریانس اثر متقابل را توجیه کردند. نتایج نشان داد که عملکرد برنج تا حد زیادی تحت تأثیر فاکتورهای محیطی قرار می‌گیرد. ژنوتیپ ۹ دارای عملکردی بیشتر از میانگین و از نظر اولین مؤلفه اثر متقابل کمترین مقدار را داشت که به عنوان لاین پایدار مشخص شد. نمودار دوبعدی مربوط به دو مؤلفه اول اثر متقابل نشان داد که لاین ۹ در محیط‌های ساری سال ۸۷ و آمل سال ۸۷ دارای سازگاری خصوصی بود. دو لاین ۱۱ و ۱۲ و رقم ندا در آمل و در سال ۸۸ دارای بیشترین سازگاری خصوصی بودند. لاین‌های ۴ و ۸ در تنکابن سال ۸۷ و ۸۸ و آمل در سال ۸۹ دارای سازگاری خصوصی بودند. لاین‌های ۶، ۷ و ۱۰ و رقم فجر در سال ۸۸ و ۸۹ در ساری دارای سازگاری خصوصی بودند. لاین‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ در تنکابن سال ۸۹ دارای سازگاری خصوصی بودند. لاین‌های ۲، ۵، ۷ و ۱۲ و ارقام فجر و ندا نیز نسبت به سایر لاین‌ها از سازگاری عمومی بیشتری برخوردار بودند.

**واژه‌های کلیدی:** اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، امی، برنج، عملکرد دانه.

### مقدمه

بیشتری است. اصلاح‌کنندگان گیاه سعی می‌کنند واریته‌هایی با پایداری عملکرد و سازگاری زیاد معرفی کنند، هرچند بیشتر صفات زراعی تابع عوامل محیطی‌اند. وجود اثر متقابل موجب پیچیده شدن ارزیابی ارقام و کاهش بازده ناشی از انتخاب می‌شود. بنابراین مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در برنامه‌های اصلاحی کاملاً ضروری است.

به دلیل افزایش جمعیت و افزایش روزافزون مصرف برنج در ایران، اصلاح این گیاه با هدف بهبود عملکرد اهمیت زیادی دارد. تعیین و اندازه‌گیری عملکرد ساده است، اما این صفت به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. به طور کلی هر واریته در محیط خاصی دارای پایداری عملکرد

بررسی پایداری لاین‌های برنج استفاده کردند و با دو مؤلفه اصلی اول که ۸۳/۳۹ درصد از تغییرات کل مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط را دربرداشت، نسبت به رسم بای‌پلات و تصمیم‌گیری در مورد پایداری لاین‌های برنج اقدام کردند.

Farshadfar & Sutka (2006) با استفاده از روش امی پایداری ۲۲ ژنوتیپ گندم دوروم را در ایران ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که ۹۲/۵ درصد از تنوع داده‌ها توسط مدل AMMI3 توجیه می‌شود که ۴/۵ برابر روش تجزیه رگرسیون خطی بود.

Stanley *et al.* (2005) شش ژنوتیپ برنج را در دوازده محیط (چهار مکان و سه سال) از نظر عملکرد مطالعه کردند. آنان با برازش مدل AMMI2 و با رسم نمودار بای‌پلات مربوط، ژنوتیپ‌های مناسب هر منطقه را شناسایی کردند.

Mostafavi *et al.* (2011) چهارده لاین ذرت را با استفاده از روش امی و براساس داده‌های حاصل از تلاقی‌های دای‌آل ارزیابی کردند. مدل برازش داده‌شده بیش از ۷۵ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه کرد. نتایج حاصل از این روش، لاین‌های دارای ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بالا را به‌درستی از یکدیگر تفکیک کرد.

Anandan *et al.* (2009) هفده هیبرید برنج را در شش محیط (سه مکان و دو سال) ارزیابی کردند. صفات بررسی‌شده شامل صفات کیفی و کمی از قبیل درصد پوسته، درصد آرد، طول بذر قبل و بعد از پخت و محتوای آمیلوز بودند. این محققان داده‌های حاصل را با روش امی تجزیه و تحلیل کردند. در این تحقیق اثر متقابل چشمگیری بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها گزارش شد و ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی برای هر منطقه معرفی شدند.

هدف از این مطالعه بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین ارزش مکان‌ها و سال‌ها برای عملکرد در ده لاین برنج بود. اطلاعات حاصل از این بررسی ممکن است درک اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در برنج را ساده کرده و به گزینش لاین‌های مناسب برای هر منطقه کمک کند.

### مواد و روش‌ها

داده‌های استفاده‌شده در این مطالعه حاصل ارزیابی

گرچه اطلاعات کمی از پایداری عملکرد برنج در دسترس است، اعتقاد بر این است که عملکرد تا حد زیادی متأثر از مکان، نوع خاک و حاصلخیزی زمین است (Rohilla *et al.*, 2000; Vijayakumar *et al.*, 2001). مطالعه جامع اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (G $\times$ E) برای عملکرد به ابزار آماری قدرتمندی نیازمند است. روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط وجود دارند که به‌طور کلی به دو گروه اصلی روش‌های تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. در میان روش‌های چندمتغیره، عنوان می‌شود که مدل تأثیرات اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) روش کارآمدی برای حذف خطا یا نویز و آشکار کردن الگوی مناسب داده‌ها است (Yan & Hunt, 2002; Aqura *et al.*, 2005). دلیل استفاده گسترده از این روش این است که این مدل بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه و تأثیرات اصلی و آثار متقابل را از یکدیگر تفکیک می‌کند (Ebdon & Guch, 2002). همچنین این روش در طراحی برنامه‌های اصلاحی بلندمدت در خصوص سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب بسیار سودمند است (Zobel, 1997).

محققان مختلف از بین پارامترهای مختلف پایداری، تجزیه AMMI را روشی مطمئن برای تجزیه واکنش سازگاری و پایداری ارقام و انتصاب ارقام به محیط‌ها یا مکان‌های مختلف گزارش کردند (Crossa *et al.*, 2001; Gower & Hand, 1996).

Tarakanovas & Ruzgas (2006) روش امی را روشی مؤثر برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معرفی کردند و بیان داشتند که نتایج روش گرافیکی حاصل می‌تواند ارقام مناسب را برای کشت در محیط‌های مناسب یا ارقام را برای کشت در شرایط محیطی خاص مشخص کند.

Abamuf & Allurik (1998) با استفاده از روش امی در ارقام برنج، تأثیرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها را مطالعه کردند و اظهار داشتند که مدل امی مناسب‌ترین مدل برای بررسی اثر متقابل و تعیین ارقام پایدار است.

Saeid & Mohammadi (2005) از تجزیه امی برای

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه نشان داد که میانگین مربعات مربوط به ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). این موضوع نشان‌دهنده تنوع کافی بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است. نتایج مشابهی را *Das et al.* (2010) برای عملکرد دانه در برنج گزارش کرده‌اند. در این تحقیق واریانس توجیه‌شده توسط ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به ترتیب برابر با ۸/۸، ۴۵ و ۱۸ درصد بود. سهم مجموع مربعات اثر متقابل حدود دوبرابر سهم ژنوتیپ است که این مطلب نشان‌دهنده پاسخ متفاوت ارقام به محیط‌ها است. در مقایسه، محققان در بررسی عملکرد ارقام برنج با استفاده از روش امی واریانس توجیه‌شده توسط ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آنها را به ترتیب ۱۷/۸، ۵۵/۴ و ۲۶/۷ درصد گزارش کردند (*Stanley et al.*, 2005).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها براساس مدل امی در جدول ۳ ارائه شده است. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مشابه با تجزیه واریانس مرکب معنی‌دار است، این موضوع نشان‌دهنده مشکلات پیش روی اصلاح‌کنندگان نبات و گزینش واریته‌های جدید برای آزادسازی است. همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط امکان شکستن آن به دو مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA) را به محقق می‌دهد. این دو مؤلفه در مجموع بیش از ۶۶ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند (IPCA1=%37.65, IPCA2=%29.06). مجموع مربعات باقی‌مانده از مدل امی (نویز) با کمترین میانگین مربعات غیرمعنی‌دار بود که نشان‌دهنده دقت مدل است (*Anandan et al.*, 2009). محققان در مطالعه‌ای شانزده رقم برنج را در هشت محیط با استفاده از روش امی ارزیابی کردند که در نتیجه چهار مؤلفه اثر متقابل معنی‌دار و ۹۱ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه کردند (*Tariku et al.*, 2013). *Gauch & Zobel* (1996) بیان کردند که بهترین مدل، مدلی است که فقط دو مؤلفه اصلی اول معنی‌دار شود و سایر مؤلفه‌ها، واریانس کمی را به خود اختصاص داده باشند. در این خصوص خاطر نشان می‌شود عواملی از قبیل نوع گیاه، تنوع موجود در ژرم‌پلاسم و شرایط محیطی پیچیدگی مدل

دوازده لاین برنج و دو رقم شاهد شامل فجر و ندا در نه محیط (ترکیب سه مکان و سه سال) بود. شجره و نام لاین‌ها و ارقام بررسی‌شده در جدول ۱ ارائه شده است. مناطق مورد نظر عبارت بودند از آمل، ساری و تنکابن. لاین‌های مورد نظر طی سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در این مناطق کشت و ارزیابی شدند. طرح مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر آزمایش بود. هر ژنوتیپ در یک کرت با شش خط به طول ۲ متر کشت شد. فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر انتخاب شد. عملیات داشت طبق معمول منطقه صورت گرفت. در هر کرت ردیف‌های حاشیه حذف و سایر ردیف‌ها (مساحت دو متر مربع) با دست برداشت شد و عملکرد دانه کرت‌ها محاسبه گردید. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای رسم گراف‌ها از نرم‌افزار GGE biplot (*Yan*, 2001) استفاده شد.

آنالیز امی طبق روش پیشنهادی (*Gauch* 1988) صورت گرفت. در این روش ابتدا تأثیرات اصلی ژنوتیپ و محیط محاسبه و سپس باقی‌مانده این مدل به‌عنوان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط براساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استخراج و محاسبه می‌شود (*Anandan et al.*, 2009; *Laxmi et al.*, 2000).

جدول ۱. شماره و شجره لاین‌ها و ارقام استفاده‌شده در

#### آزمایش

ردیف (شماره رقم/لاین)	شجره - نام
۱	IR50
۲	CT9900-2-2-M-M
۳	IR72
۴	YRL101
۵	M92-2
۶	CT9509-25-M-1-1-3-2P-M-1
۷	CNAX4264-4-4-1-3-1
۸	UPR1201-1-5-3
۹	IR71146-97-1-2-1-3
۱۰	NANJING70272
۱۱	CT9506-12-10-1-1-M-3P-M
۱۲	IR73888-2-10-3
۱۳	فجر
۱۴	ندا

از نظر اولین مؤلفه اثر متقابل (محور عمودی) مقدار کمتری (نزدیک به صفر) داشته باشد، ژنوتیپ مطلوب‌تری خواهد بود؛ چون این ژنوتیپ هم عملکرد زیادی دارد و هم پایدار است (شکل ۱- الف و جدول ۴). اگر یک ژنوتیپ و یک محیط از نظر اولین مؤلفه اثر متقابل هم‌علامت باشند، دارای اثر متقابل مثبت هستند و برعکس اگر از نظر این مؤلفه هم‌علامت نباشند، اثر متقابل منفی دارند. محیط‌های E3 (آمل سال ۸۹)، E7 (تنکابن سال ۸۷) و E8 (تنکابن سال ۸۸) عملکردی بیش از میانگین داشته و اثر متقابل مشابهی دارند، چون از نظر اولین مؤلفه اثر متقابل منفی‌اند. این محیط‌ها با ژنوتیپ‌های G4، G9، G12 و G14 اثر متقابل مثبت، و با ژنوتیپ‌های G7 و G13 اثر متقابل منفی دارند. بر اساس این شکل محیط‌های E5 (ساری سال ۸۸)، E6 (ساری سال ۸۸) و E9 (تنکابن سال ۸۸) با ژنوتیپ‌هایی مثل G2، G3، G6 و G10 اثر متقابل مثبت اما عملکردی کمتر از میانگین دارند. سایر محیط‌ها شامل E4 (ساری سال ۸۷)، E1 (آمل سال ۸۷) و E2 (آمل سال ۸۸) با ژنوتیپ‌های G8 و G11 دارای اثر متقابل مثبت‌اند. در این نمودار، ارقام یا محیط‌هایی که در امتداد یک خط عمود هستند، عملکرد یکسانی دارند؛ همچنین ارقام و محیط‌هایی که در امتداد یک خط افقی قرار گرفته باشند، اثر متقابل مشابهی نشان می‌دهند. برای مثال لاین‌های ۱، ۵، ۸ و ۱۳ همگی عملکردی در حدود میانگین دارند. لاین‌های ۵ و ۹ و همچنین محیط‌های E1، E4 و E5 دارای کمترین اثر متقابل‌اند (شکل ۱- الف و جدول ۴).

ژنوتیپ‌هایی که از نظر عملکرد مقدار کمی داشته باشند اما دارای مقدار مثبت برای اولین مؤلفه اثر متقابل باشند، برای کاشت در مناطق فقیر مناسب‌اند؛ به عبارتی با مناطق فقیر، اثر متقابل مثبت دارند. برای مثال ژنوتیپ‌های G6 و G10 چنین وضعیتی دارند (Hanamaratti *et al.*, 2009).

محیط‌هایی که دارای اولین مؤلفه اثر متقابل نزدیک به صفر باشند، برای تمییز لاین‌ها مناسب نیستند؛ برای مثال محیط‌های E4 و E5 این‌گونه‌اند. برعکس محیط‌هایی که دارای اولین مؤلفه اثر متقابل بزرگ باشند برای تمییز و غربال ژنوتیپ‌ها مناسب‌اند، برای نمونه محیط‌های E8 و E6 به دلیل دارا بودن مقدار زیاد

امی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Crossa *et al.*, 1990). جدول ۴ عملکرد ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها، مقادیر اولین و دومین مؤلفه اثر متقابل برای لاین‌ها و محیط‌ها را نشان می‌دهد. میانگین عملکرد ارقام و لاین‌ها در همه محیط‌ها ۵/۶۹ تن در هکتار بود. لاین ۱۲ و رقم ندا بیشترین عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۶/۳۴ و ۶/۰۸ تن در هکتار را به خود اختصاص دادند. لاین‌های ۱۰ و ۱۱ نیز به ترتیب با ۴/۸۵ و ۵/۳۱ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند. عملکرد رقم فجر ۵/۷۵ تن در هکتار بود که در حدود میانگین تمامی ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۴).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای ۱۴

لاین و رقم برنج در ۹ محیط			
منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
محیط	۸	۲۵۲/۸۶	۳۱/۶۱**
تکرار (محیط)	۱۸	۴۸/۷۸	۲/۷۱**
ژنوتیپ	۱۳	۴۹/۹۲	۳/۸۳**
محیط × ژنوتیپ	۱۰۴	۱۰۰/۷۹	۰/۹۷**
خطا	۲۳۴	۱۰۹/۷۹	۰/۴۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۰۲	

\*\*\*، \*\* و ns معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد دانه ۱۴ لاین برنج در ۹

محیط براساس روش AMMI			
منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
تکرار محیط	۲	۹/۸۹	۴/۹۵**
ژنوتیپ	۸	۲۵۲/۸۶	۳۱/۶۱**
محیط × ژنوتیپ	۱۳	۴۹/۹۲	۳/۸۴**
محیط × ژنوتیپ	۱۰۴	۱۰۰/۷۹	۰/۹۷**
اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل	۲۰	۳۷/۹۵	۱/۸۹**
دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل	۱۸	۲۹/۲۹	۱/۶۳**
(Noise) نویز	۶۶	۳۳/۵۳	۰/۵۱ <sup>ns</sup>
خطا	۲۵۰	۱۴۸/۶۸	۰/۵۹
کل		۳۷۷	۵۶۲/۱۶

\*\*\*، \*\* و ns معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

شکل ۱- الف بای‌پلات میانگین عملکرد در مقابل اولین مؤلفه اثر متقابل را نشان می‌دهد. در این شکل ژنوتیپی که از نظر عملکرد (محور افقی) مقدار بیشتر، و

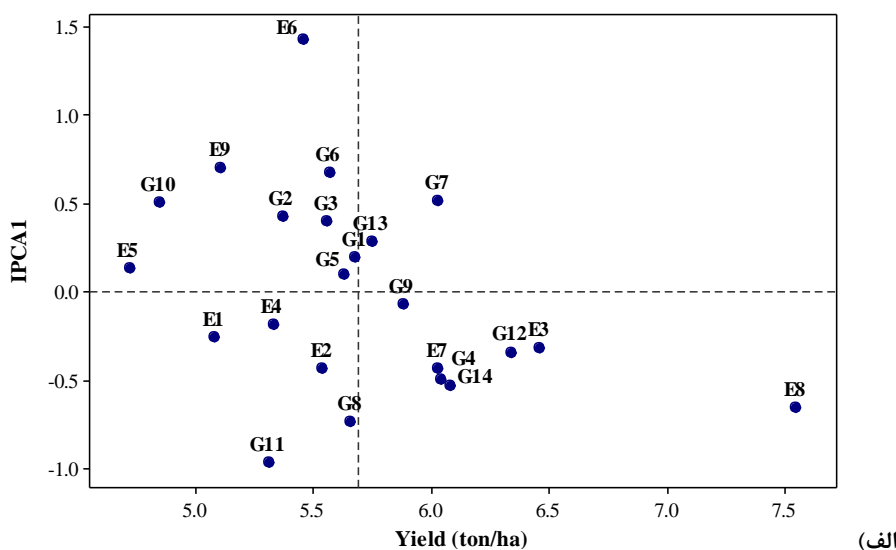
خاصی است (Sanni et al., 2009). در این شکل ژنوتیپ‌هایی که در مجاورت یک مکان قرار داشته باشند با آن محیط سازگاری خصوصی دارند و ژنوتیپ‌هایی که نزدیک محورهای مؤلفه‌ها قرار گرفته باشند دارای سازگاری عمومی‌اند (Nikkhah et al., 2007). از این رو ژنوتیپ‌های ۹، ۱۲ و ۱۴ به محیط‌های E4، E1 و E2، ژنوتیپ‌های ۴ و ۸ به محیط E8، ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۱۰ و ۱۳ به محیط‌های E5 و E6 و ژنوتیپ‌های ۱، ۳ و ۵ به محیط E9 دارای سازگاری خصوصی‌اند. لاین‌های ۱، ۲، ۵، ۹ و ۱۱ به دلیل اینکه نزدیک محورهای مؤلفه‌های اثر متقابل قرار دارند از سازگاری عمومی چشمگیری برخوردارند (شکل ۱-ب). در این مطالعه هیچ‌کدام از محیط‌ها دارای مقادیر نزدیک به صفر برای دو مؤلفه اثر متقابل نیست. این موضوع نشان می‌دهد که تمامی محیط‌ها پتانسیل ایجاد اثر متقابل را دارا می‌باشند.

اولین مؤلفه اثر متقابل برای جدا کردن ژنوتیپ‌ها مناسب‌اند. لاین ۹ دارای عملکرد بیش از میانگین است و کمترین مقدار را از نظر اولین مؤلفه اثر متقابل دارد، بنابراین پایداری زیادی دارد و لاین مناسبی است. لاین‌های ۱ و ۵ به مبدأ مختصات نزدیک‌اند که به این مفهوم است که این لاین‌ها واکنش زیادی به محیط‌ها نشان نمی‌دهند و به تغییر محیط‌ها حساس نیستند.

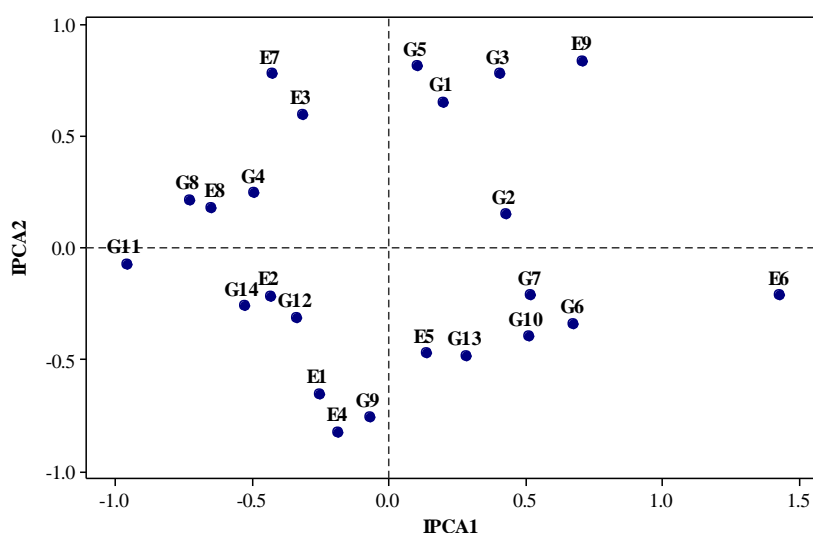
شکل ۱-ب بای‌پلات اولین مؤلفه اثر متقابل در مقابل دومین مؤلفه اثر متقابل است. این شکل ۶۶ درصد از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توضیح می‌دهد. به نظر می‌رسد اثر متقابل قوی‌ای بین محیط‌ها و لاین‌ها وجود دارد، چرا که هیچ‌کدام از لاین‌ها یا محیط‌ها نزدیک به مبدأ نیست. به عبارت دیگر، داشتن مقدار بزرگ مؤلفه اثر متقابل برای یک ژنوتیپ نشان‌دهنده سازگاری خصوصی آن ژنوتیپ به محیط

جدول ۴. میانگین عملکرد دانه، مؤلفه اصلی اول و دوم بر مبنای مدل AMMI برای چهارده لاین برنج

ژنوتیپ/ محیط	عملکرد دانه (تن در هکتار)	اولین مؤلفه اثر متقابل	دومین مؤلفه اثر متقابل
ژنوتیپ ۱ (G1)	۵/۶۸۲	۰/۱۹۵	۰/۶۵۱
ژنوتیپ ۲ (G2)	۵/۳۷۲	۰/۴۲۸	۰/۱۴۹
ژنوتیپ ۳ (G3)	۵/۵۵۹	۰/۴۰۳	۰/۷۷۸
ژنوتیپ ۴ (G4)	۶/۰۴۵	-۰/۴۹۲	۰/۲۴۵
ژنوتیپ ۵ (G5)	۵/۶۲۸	۰/۱۰۲	۰/۸۱۱
ژنوتیپ ۶ (G6)	۵/۵۷۵	۰/۶۷۶	-۰/۳۳۸
ژنوتیپ ۷ (G7)	۶/۰۳۲	۰/۵۱۹	-۰/۲۱۲
ژنوتیپ ۸ (G8)	۵/۶۶۰	-۰/۷۲۹	۰/۲۱۴
ژنوتیپ ۹ (G9)	۵/۸۷۹	-۰/۰۶۹	-۰/۷۶۲
ژنوتیپ ۱۰ (G10)	۴/۸۵۱	۰/۵۰۸	-۰/۳۹۹
ژنوتیپ ۱۱ (G11)	۵/۳۰۹	-۰/۹۶۰	-۰/۰۷۴
ژنوتیپ ۱۲ (G12)	۶/۳۴۲	-۰/۳۳۷	-۰/۳۱۳
ژنوتیپ ۱۳ (G13)	۵/۷۵۵	۰/۲۸۴	-۰/۴۸۵
ژنوتیپ ۱۴ (G14)	۶/۰۸۶	-۰/۵۲۹	-۰/۲۶۳
آمل سال ۱۳۸۷ (E1)	۵/۰۷۶	-۰/۲۵۵	-۰/۶۵۵
آمل سال ۱۳۸۸ (E2)	۵/۵۴۱	-۰/۴۳۴	-۰/۲۱۸
آمل سال ۱۳۸۹ (E3)	۶/۴۶۲	-۰/۳۱۸	۰/۵۹۵
ساری سال ۱۳۸۷ (E4)	۵/۳۳۰	-۰/۱۸۵	-۰/۸۲۷
ساری سال ۱۳۸۸ (E5)	۴/۷۲۰	۰/۱۳۵	-۰/۴۷۳
ساری سال ۱۳۸۹ (E6)	۵/۴۶۱	۱/۴۲۸	-۰/۲۱۵
تنکابن سال ۱۳۸۷ (E7)	۶/۰۳۲	-۰/۴۲۶	۰/۷۷۷
تنکابن سال ۱۳۸۸ (E8)	۷/۵۴۹	-۰/۶۵۳	۰/۱۷۸
تنکابن سال ۱۳۸۹ (E9)	۵/۱۱۴	۰/۷۰۸	۰/۸۳۸
واریانس توجیه‌شده (درصد)		۳۷/۶۵	۲۹/۰۶



(الف)



(ب)

شکل ۱. نمودار دوبعدی میانگین عملکرد در مقابل اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (۱-الف).  
نمودار دوبعدی اولین مؤلفه اثر متقابل در مقابل دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل برای عملکرد دانه برنج (۱-ب).

در این مطالعه تجزیه آمی ژنوتیپها را از نظر پایداری و اثر متقابل با محیطهای مورد بررسی رتبهبندی کرد. تجزیه آمی برای غربال ژنوتیپهای مناسب هر محیط می تواند برای اصلاح کنندگان گیاه مفید باشد. این روش تأثیرات متقابل را به صورت دقیق توجیه می کند و ژنوتیپهای سازگار به هر منطقه را از طریق گرافیکی نمایان می سازد. همچنین در این روش با محاسبه نوزی مربوط به مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و نیز محاسبه ریشه میانگین مربعات باقی مانده می توان مناسب بودن مدل را آزمون کرد. در نهایت مدل آمی روشی مفید برای آشکار کردن اطلاعات نهفته در دادهها است و سبب افزایش آگاهی ما نسبت به

براساس چهار ناحیه این نمودار می توان مناطق را گروه بندی کرد. مناطق موجود در هر ناحیه در یک گروه قرار می گیرند (Asenjo, 2003; Crossa, 1991). بنابراین، چهار گروه مناطق به صورت زیر است: گروه اول شامل محیطهای E1، E2، E4، E7؛ گروه دوم شامل محیطهای E5، E6، E8 و E9؛ بر همین اساس گروههایی از ژنوتیپها که واکنش ژنوتیپی مشابهی دارند به صورت زیرند: گروه اول شامل ژنوتیپهای G4 و G8؛ گروه دوم شامل ژنوتیپهای G1، G2، G3، G5 و G9؛ گروه سوم شامل ژنوتیپهای G6، G7، G10، G11، G12، G13 و G14؛ گروه چهارم نیز شامل ژنوتیپهای G10، G7، G6، G13.

در این تحقیق روش امی محیط‌های مورد نظر را به چهار ابرمحیط<sup>۱</sup> تقسیم کرد. سه لاین همراه با رقم ندا دارای عملکرد زیاد در محیط‌های E1، E2 و E4؛ دو لاین دارای عملکرد زیاد در محیط‌های E3، E7 و E8؛ و چهار لاین دارای عملکرد زیاد در محیط E9 بودند. همچنین سه لاین باقی‌مانده به همراه رقم فجر در محیط‌های E5 و E6 عملکرد خوبی داشتند.

مقدار و طبیعت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌شود. نتایج نشان داد که بیشترین سهم مربوط به تنوع داده‌ها، مربوط به محیط است. اکثر قریب به اتفاق ارقام و لاین‌های بررسی‌شده، تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بودند، بنابراین ژنوتیپی با عملکرد زیاد در تمامی محیط‌ها شناسایی نشد. اکثر لاین‌ها دارای سازگاری خصوصی به محیط‌ها بودند.

## REFERENCES

1. Abamuf, J. & Allurik, A. (1998). AMMI analysis of rain fed lowland rice (*Oriza sativa*) traits in Nigeria. *Plant Breed*, 117, 395-397.
2. Anandan, A. & Eswaran, R. (2009). Genotype by environment interactions of rice (*Oryza sativa* L.) hybrids in the east coast saline region of Tamil Nadu. In the Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Rice Congress, pp: 226.
3. Asenjo, C. A., Bezus R. & Acciaresi, H. J. (2003). Genotype- environment interactions in rice (*Oryza sativa* L.) in temperate region using the joint regression analysis and AMMI methods. *Cereal Res. Communi*, 31 (1-2), 97-104.
4. Crossa, J., Gauch, H.G. & Zobel, R.W. (1990). Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*, 30, 493-500.
5. Crossa, J., Fox, P. N., Pfeiffer, W. H., Rajaram, S. & Gauch, H. G. (1991). AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theor. Appl. Genet*, 81, 27-37.
6. Crossa, J., Cornelius, P. L. & Yan, W. (2001). Biplots of linear-bilinear models for studying crossover genotype  $\times$  environment interaction. *Crop Science*, 41, 158-163.
7. Das, S., Misra, R. C., Patnaik, M. C. & Das, S. R. (2010). G $\times$ E INTERACTION, ADAPTABILITY AND YIELD STABILITY OF MID-EARLY RICE GENOTYPES. *Indian J Agric Res*, 44 (2), 104-111.
8. Ebdon, J. S. & Gauch, H. G. (2002). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: I. Interpretation of genotype environment interaction. *Crop Sci*, 42, 489-496.
9. Farshadfar, E. & Sutka, J. (2006). Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(4), 459-467.
10. Gower, J. C. & Hand, D. J. (1996). Biplots. *Chapman and Hall, UK*.
11. Gauch, H. G. (1988). Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics*, 88, 705-715.
12. Gauch, H. G. & Zobel, R. W. (1996). AMMI analysis of yield trials .In: Genotype-by-Environment Interaction, Kang MS and HG Gauch (Eds.). Boca Raton CRE CRC, New York, USA, pp. 85-122.
13. Hanamaratti, N. G., Salimath, P. M., Vijayakumar, C. H. M., Ravikumar, R. L., Kajjidoni, S. T. & Chetti, M. B. (2009). Genotypic stability of superior near isogenic introgression lines for productivity in upland Rice. *Karnataka J Agric Sci*, 22(4), 736-740
14. Laxmi, R. R. & Gupta, R. (2000). Different approaches for stability measures in relation to genotype-environment interaction. *Crop Res*, 20(1), 118-125.
15. Mostafavi, K., Choukan, R., Taeb, M., Majidi Heravan, E. & Bihanta, M. R. (2011). Genetic Potential Evaluation of Iranian Corn Inbred Lines Using Griffing Diallel and AMMI Model. *J of Agr Research*, 2(3), 67-79. (In Farsi).
16. Nikkhah, H. R., Yousefi, A., Mortazavian, S. M. & Arazmjoo, M. (2007). Analysis of yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 9, 1(33), 1-12 (In Farsi).
17. Saeid, A., Moghadam, M. & Mohammadi, A. (2005). Investigation of yield stability in rice cultivars and lines using AMMI analysis. *Abstract article of 8th Iranian congress in agronomy and plant breeding*. Gilan University, Rasht, p.168. (In Farsi).
18. Sanni, K. A., Ariyo, O. J., Ojo, D. K., Gregorio, G., Somado, E. A., Sanchez, I., Sie, M., Futakuchi, K., Ogunabayo, S. A., Guel, R. G. & Wopereis, M. C. S. (2009). Additive main effects and multiplicative interaction analysis of grain yield performance in rice genotypes across environments. *Asian J Plant Sci*, 8(1), 48-53.

19. SAS Institute. (2002). SAS/STAT® user's guide, SAS Institute, Cary, NC, USA.
20. Stanley, O., Samante, P. B., Wilson, T., Anna, M. M. & Medley, J. C. (2005). Targeting Cultivars onto Rice Growing Environments Using AMMI and SREG GGE Biplot Analyses. *Crop Sci*, 45, 2414-2424.
21. Tarakanovas, P., & Ruzgas, V. (2006). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. *Agric Res*, 4, 91-98.
22. Tariku S., Lakew, T., Bitew, M. & Mitiku, A. (2013). Genotype by environment interaction and grain yield stability analysis of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes evaluated in north western Ethiopia. *Net J Agric Sci*, 1(1), 10-16.
23. Vijayakumar, C. H. M., Ahmed, M. I., Viraktamath, B. C., Balakrishnan, R. & Ramesha, M. S. (2001). Genotype × environment interaction effects on yield of rice hybrids in India. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 61(2), 101-106.
24. Yan, W. (2001). GGEbiplot - A Widows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agron J*, 93, 1111-1118.
25. Yan, W. & Hunt, L. A. (2002). Biplot analysis of multi-environment trial data, In M. S. Kang, ed. *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. CAB International, Willingford.