

## ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج تحت اقلیم مرطوب شمالی ایران

### Evaluation of Grain Yield Stability of Rice Genotypes under Humid Climate of Northern Iran

خداداد مصطفوی<sup>۱\*</sup>، سیدصادق حسینی ایمنی<sup>۲</sup> و مجید حاجی محمدعلی جهرمی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۰۱

(مقاله پژوهشی)

#### چکیده

هدف این پژوهش مطالعه میزان پایداری و سازگاری ۱۲ لاین امیدبخش برنج به همراه دو رقم شاهد (فجر و ندا) بود. ژنوتیپ‌ها طی سه سال زراعی (۱۳۸۹-۹۰، ۱۳۹۰-۹۱ و ۱۳۹۱-۹۲) در سه منطقه آمل، ساری و تنکابن در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. در این تحقیق از آماره‌های واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات فرنسیس و کانبرگ، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ارزش پایداری امی، واریانس درون مکانی لینز و بینز، ضریب تغییرات درون مکانی و روش رگرسیون تای جهت بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌ها استفاده شد. براساس نتایج آماره واریانس محیطی رومر و ضریب تغییرات، لاین‌های ۷، ۹ و رقم ندا پایدار و عملکرد قابل قبولی نشان دادند. طبق نتایج روش‌های واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک و نیز عملکرد دانه، لاین‌های شماره ۱، ۷، ۹، ۱۲ و رقم فجر بهترین ژنوتیپ‌ها بودند. آماره‌های واریانس درون مکانی و ضریب تغییرات درون مکانی لین و بینز نشان داد که لاین‌های ۱۰، ۷ و ۱ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. براساس ارزش پایداری امی، لاین‌های ۱، ۲، ۴، ۷ و ۱۲ و رقم ندا بیش‌ترین پایداری و عملکرد را به خود اختصاص دادند. نتایج رگرسیون تای نیز نشان داد که لاین‌های ۷، ۹ و ۱۲ و ارقام فجر و ندا بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری و عملکرد بودند. در مجموع، بر اساس نتایج روش‌های مختلف، لاین‌های ۷ و ۹ و رقم فجر پایداری عملکرد بالایی را نشان دادند و از نظر عملکرد نیز به ترتیب برابر با ۶۰۳۲/۴۴، ۵۸۷۹/۵۹ و ۵۷۵۵/۸۱ کیلوگرم در هکتار، دارای عملکرد بیش‌تری از میانگین ژنوتیپ‌ها بودند.

**واژه‌های کلیدی:** اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، عملکرد دانه، تجزیه پایداری، آماره‌های پایداری

۱ و ۳. به ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران

۲. پژوهشگر مؤسسه تحقیقات برنج کشور، آمل، ایران

\* نویسنده مسئول Email: mostafavi@kiau.ac.ir

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده سوم به راهنمایی خداداد مصطفوی می‌باشد.

میزان و معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ و محیط تعیین و مولفه‌های اثر متقابل در رابطه با اثر ژنوتیپ و محیط برآورد گردید.

محدثی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی با عنوان مطالعه خصوصیات کمی، کیفی و سازگاری ژنوتیپ‌های برنج در مازندران با محاسبه ضریب تغییرات درون مکانی لین و بین ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۷ را به‌عنوان ارقام پایدار معرفی نمودند، در این تحقیق لاین شماره ۴ با متوسط عملکرد ۶۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از سازگاری عمومی خوبی برخوردار بود.

تاریکو<sup>۱۶</sup> و همکاران (2013) جهت تعیین ارقام پایدار و دارای عملکرد بالا، ۶۰ ژنوتیپ برنج را در هشت محیط در شمال غرب اتیوپی ارزیابی نمودند. تجزیه امی نشان داد که مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط سه برابر مجموع مربعات ژنوتیپ می‌باشد، چهار مولفه اثر متقابل ۹۱/۱۳ درصد از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه نمودند. در این تحقیق رقم پایداری شناسائی نشد ولی مشخص شد که ارقام شماره ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۳ در مکان‌های مطلوب از پتانسیل عملکرد خوبی برخوردار می‌باشند. در این تحقیق مکان‌های مورد مطالعه به سه ابرمحیط<sup>۱۷</sup> تقسیم شدند.

آکورا<sup>۱۸</sup> و همکاران (2006) به‌منظور تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دوروم از پارامترهای ضریب رگرسیون  $b_i$ ، انحراف از خط رگرسیون  $S_{di}^2$ ، ضریب تشخیص  $R_i^2$ ، واریانس پایداری شوکلا  $\sigma_i^2$ ، اکووالانس ریک  $W_i^2$ ، واریانس محیطی  $S_i^2$ ، ضریب تغییرات  $CV_i$  و پارامترهای پایداری  $\lambda_i$  و  $\beta_i$  روش تای<sup>۱۹</sup> (1971) استفاده کردند. آن‌ها همچنین برای برآورد ژنوتیپ‌های پایدار از نمودار سه بعدی عملکرد به‌همراه پارامترها استفاده کردند و در نهایت پنج ژنوتیپ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی نمودند که از بین آن‌ها دو ژنوتیپ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها گزارش شدند.

محمدی<sup>۲۰</sup> و همکاران (2009) در ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دوروم دیم نشان دادند که همبستگی بسیار بالایی بین رتبه ژنوتیپ‌ها براساس روش‌های  $GGE\ biplot$ <sup>۲۱</sup>، عملکرد- پایداری ( $YS_i$ ) و عملکرد- رگرسیون ( $Yb_i$ ) وجود دارد. آن‌ها اظهار داشتند آماره‌های  $YS_i$  و  $Yb_i$  می‌توانند جایگزین مناسبی برای روش  $GGE\ biplot$  باشند.

ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط اطلاعات ارزشمندی در رابطه با عملکرد ارقام گیاهی در محیط‌های مختلف فراهم می‌کند و نقش مهمی در ارزیابی پایداری عملکرد مواد اصلاحی دارد. به عقیده کاراداووت<sup>۱</sup> و همکاران (2010) ژنوتیپ‌های پایدار، عکس‌العمل‌های مشابهی را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهند. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باعث می‌شود که عملکرد ارقام تحت تأثیر محیط قرار بگیرد و منجر به تفاوت عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف شود (اسکاپیم<sup>۲</sup> و همکاران، 2000). یکی از عوامل کند بودن روند اصلاح و معرفی ارقام در مناطق مختلف، وجود این نوع اثرها است (کنگ<sup>۳</sup>، 1998). از آنجایی که تجزیه واریانس مرکب فقط اطلاعاتی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط فراهم می‌کند، بنابراین محققان روش‌های گوناگونی را برای تجزیه پایداری پیشنهاد داده‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش رگرسیونی بیتز و کوکران (بیتز و کوکران<sup>۴</sup>، 1938)، فینلی و ویلکینسون<sup>۵</sup> (1963)، ابرهارت و راسل<sup>۶</sup> (1966)، واریانس محیطی رومر<sup>۷</sup> ( $S_i^2$ ) (1917)، ضریب تغییرات فرانسیس و کاننبرگ<sup>۸</sup> ( $CV_i$ ) (1978)، اکووالانس ریک<sup>۹</sup> ( $w_i^2$ ) (1962)، واریانس پایداری شوکلا<sup>۱۰</sup> ( $\sigma_i^2$ ) (1972)، میانگین مربعات سال‌های درون مکانی لین و بین<sup>۱۱</sup> ( $MS_{Y/L}$ ) (1988)، روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری کنگ ( $YS_i$ ) (1993) و روش چندمتغیره اثرهای اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر گاش و زوبل<sup>۱۲</sup> (1998) اشاره نمود. پورچیس<sup>۱۳</sup> و همکاران (2000) پارامتر ارزش پایداری AMMI<sup>۱۴</sup> یا ASV را ارائه نمودند، که یکی از پارامترهای جدید AMMI می‌باشد، براساس نمرات  $IPCA_1$  و  $IPCA_2$  مدل AMMI برای هر ژنوتیپ محاسبه می‌شود.

سامونته<sup>۱۵</sup> و همکاران (2005) به‌منظور تعیین سودمندی روش‌های امی و بای‌پلات در ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، شش رقم برنج را از نظر عملکرد دانه در چهار منطقه و طی سه سال متوالی ارزیابی نمودند. با استفاده از تجزیه امی

1. Karadavut
2. Scapim
3. Kang
4. Yates and Cochran
5. Finlay and Wilkinson
6. Eberhart and Russell
7. Romer
8. Francis and Kanenberg
9. Wricke
10. Shukla
11. Lin and Binns
12. Gauch and Zobel
13. Purchase
14. Additive Main Effect and Multiplicative Interaction
15. Samonte

16. Tariku

17. Mega-environment

18. Akcura.

19. Tai

20. Mohammadi

21. Genotype Plus Genotype Environment Interaction

Biplot

هکتار توأم با وجین دستی برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ استفاده شد. در طول فصل رشدونمو عملیات زراعی به‌طور مرتب انجام گردید و یادداشت‌برداری لازم از صفات موردنظر به‌عمل آمد. در پایان هر سال زراعی و پس از رسیدن محصول، عملیات برداشت با استفاده از کمباین آزمایشی انجام گرفت. برای این کار بوته‌های ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه (۶ مترمربع) برداشت گردید.

پس از تعیین عملکرد دانه هر ژنوتیپ، تجزیه واریانس ساده در هر سال و هر مکان انجام شد. سپس با انجام آزمون بارتلت و اثبات یکنواختی واریانس خطاها، تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثر سال و مکان انجام گردید. برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها از پارامترهای پایداری واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات فرنسیس و کاننبرگ، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد. به‌منظور مطالعه پارامتر ارزش پایداری امی از فرمول پورچاز<sup>۶</sup> و همکاران (2000) به شرح زیر استفاده شد:

$$ASV_i = \sqrt{\left[ \frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPCA2}} (IPCA_1 score) \right]^2 + (IPCA_2 score)^2} \quad (1)$$

در رابطه فوق  $SS_{IPCA_1}$  و  $SS_{IPCA_2}$  به‌ترتیب مجموع مربعات مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل اول و دوم،  $IPCA_1$  و  $IPCA_2$  به‌ترتیب مقدار مولفه اصلی اول و دوم اثر متقابل برای هر یک از ژنوتیپ‌ها می‌باشند. برای محاسبه واریانس درون مکانی لین و بینز (1988) ابتدا برای هر ژنوتیپ واریانس مربوط به سال‌های داخل هر مکان محاسبه گردید و با میانگین‌گیری از این واریانس‌ها در همه مکان‌ها در نهایت میانگین واریانس‌های درون مکانی برای هر ژنوتیپ محاسبه گردید. برای به‌دست آوردن ضریب تغییرات درون مکانی از واریانس درون مکانی جذر گرفته شد و با تقسیم کردن بر میانگین، برحسب درصد بیان گردید. جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج آزمون بارتلت نشان‌دهنده همگن بودن واریانس‌ها بود و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام شد (جدول ۳). اثر متقابل سال در مکان معنی‌دار بود؛ به‌عبارت دیگر میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها از سالی به سال دیگر متفاوت بوده است.

کلثوم<sup>۱</sup> و همکاران (2013) در بررسی پایداری و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در هیبریدهای برنج با استفاده از روش امی در خصوص عملکرد دانه ارقام مختلف را از نظر سازگاری خصوصی و عمومی رتبه‌بندی نمودند. این محققین هیبرید dhan2 را به‌عنوان ژنوتیپی با سازگاری عمومی وسیع به اکثر مناطق معرفی نمودند.

مصطفوی<sup>۲</sup> و همکاران (2011) چهارده ژنوتیپ برنج را در اقلیم شمال ایران از نظر عملکرد دانه ارزیابی نمودند. بررسی پایداری ارقام با استفاده از روش GGE biplot صورت گرفت و پایدارترین رقم، رقم ندا به همراه دو لاین امیدبخش بود. هدف از این تحقیق، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امیدبخش برنج در اقلیم مرطوب شمال بود.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۲ لاین امیدبخش برنج به‌همراه دو رقم فجر و ندا، به‌عنوان ارقام شاهد، در سه منطقه آمل، ساری و تنکابن (مزارع پژوهشی وابسته به مرکز تحقیقات برنج کشور) طی سه سال زراعی متوالی (۹۰-۱۳۸۹، ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. مشخصات هواشناسی مناطق و مشخصات ارقام و لاین‌های موردنظر به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. تمامی ژنوتیپ‌ها از مرکز تحقیقات برنج کشور مستقر در آمل تهیه گردید. هر کرت شامل ۶ خط به‌طول ۶ متر و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر (به‌عبارتی مساحت هر کرت ۷/۲ مترمربع) بود. پس از تهیه زمین، کاشت بذر با استفاده از بذرکار مخصوص آزمایشی (وینتراشتاایگر<sup>۳</sup>) انجام گرفت. مقدار بذر مصرفی بر مبنای ۴۵۰ دانه در مترمربع در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت جوی و پشته و آبیاری به‌صورت نشتی انجام گرفت. مقدار کود لازم براساس نتایج آزمون خاک و توصیه‌های بخش تحقیقات خاک و آب هر منطقه تعیین شد. هم‌چنین کود نیتروژن از منبع اوره، کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم و کود فسفر نیز از منبع فسفات آمونیوم تأمین و به‌طور یکنواخت به کرت‌های آزمایشی اضافه گردید. کلیه کودها به‌جز نیتروژن قبل از کاشت و در هنگام تهیه زمین مورد استفاده قرار گرفتند، کود نیتروژن نیز در مراحل پنجه‌زنی، ظهور سنبله و دانه‌بندی به‌صورت سرک مصرف گردید. در مرحله پنجه‌زنی از علف‌کش‌های پوماسوپر<sup>۴</sup> و گرانستار<sup>۵</sup> به‌ترتیب به میزان ۱/۵ لیتر و ۲۰ گرم در

1. Kulsum
2. Mostafavi
3. Wintersteiger
4. Puma Super

5. Granstar  
 6. Purchase.

محاسبه شد (جدول ۴ و شکل ۲). بنابراین اکووالانس و واریانس پایداری از نظر درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسان می‌باشند. یکی از ضعف‌های پایداری نوع دوم این است که بستگی به سایر واریته‌های مورد آزمایش دارد (فرشادفر، ۱۳۷۷).

### واریانس درون مکانی لین و بینز

براساس نتایج حاصل از واریانس درون مکانی لین و بینز<sup>۲</sup> (1991) به‌عنوان پارامتر نوع چهارم، ژنوتیپ‌های ۷، ۱ و ۱۳ به‌ترتیب در هر دو روش در بین سال‌های درون مکان‌ها، کم‌ترین میزان واریانس و ضریب تغییرات درون مکانی را داشتند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. لازم به‌ذکر است ژنوتیپ ۱ با داشتن میانگین عملکرد نزدیک به میانگین کل با تأمل مورد گزینش قرار گرفت (جدول ۴). اما همان‌طور که در نمودار سه بعدی نشان داده شده است (شکل ۳)، علاوه‌بر ژنوتیپ‌های ذکر شده در بالا، ژنوتیپ‌های دیگری نیز وجود داشتند که ضریب تغییرات و واریانس درون مکانی آن‌ها کم‌تر از میانگین بوده اما از عملکرد بالایی نیز برخوردار نبودند و مورد گزینش قرار نگرفتند. در این روش ژنوتیپ‌های شماره ۱۴، ۸ و ۱۱ به‌ترتیب به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. از مزایای این روش وراثت‌پذیر بودن آن می‌باشد (فرشادفر، ۱۳۷۷).

باتوجه به معنی‌دار نبودن اثر سال و مکان، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها روی محیط‌ها انجام گرفت. اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر محیط بدین معنی است که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت بوده است. بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان‌دهنده عملکرد متفاوت ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر می‌باشد. باتوجه به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، تجزیه واریانس معمولی قادر به توجیه پایداری ژنوتیپ‌ها نمی‌باشد، بنابراین لازم است با استفاده از روش‌های آماری، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تجزیه و ارزیابی شود، تا بتوان ژنوتیپ‌های پایدار را مشخص نمود.

### ضریب تغییرات و واریانس محیطی

باتوجه به این‌که ضریب تغییرات ( $CV_i$ ) و واریانس محیطی ( $S_i^2$ ) در تیپ یک قرار دارند و به علت شباهت نزدیک رتبه‌ای این دو پارامتر (جدول ۴)، به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های پایدارتر و عملکرد دانه مطلوب از نمودار سه‌بعدی این دو پارامتر به همراه میانگین عملکرد استفاده شد (شکل ۱). نتایج نشان داد که (شکل ۱)، ژنوتیپ‌های ۱۰، ۷، ۱۳ و ۶ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند و از بین آن‌ها ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۳ ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد مطلوب بودند (جدول ۴). ژنوتیپ ۱ نیز با عملکرد نزدیک به میانگین کل مورد گزینش قرار گرفت. باتوجه به شکل ۱ ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۴، ۳، ۵، ۱۱ و ۸ به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

### واریانس پایداری و اکووالانس ریک

آماره‌های واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک بیانگر پایداری نوع دوم لین<sup>۱</sup> و همکاران (1986) می‌باشند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از واریانس پایداری شوکلا، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۳، ۱، ۱۲، ۷ و ۱۰ جزء ژنوتیپ‌های پایدار بودند (جدول ۴ و شکل ۲). اما از بین این ژنوتیپ‌ها ژنوتیپ شماره ۲ و ۱۰ اگرچه در ناحیه مطلوبی از نظر پایداری قرار داشتند، اما میانگین عملکرد مطلوبی را به خود اختصاص ندادند و عملکرد آن‌ها کم‌تر از میانگین عملکرد کل بود لذا مورد گزینش قرار نگرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱۱ به‌ترتیب با دارا بودن بالاترین مقدار رتبه (بالاترین مقدار واریانس) به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. به‌منظور تعیین سهم هر ژنوتیپ از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و محاسبه آن به‌عنوان یک آماره پایداری، آماره اکووالانس ریک

جدول ۱: پارامترهای جغرافیایی و هواشناسی مکان‌های آزمایشی<sup>a</sup>

Table 1: Meteorological and geographical parameters of experimental locations

مکان Location	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر) Average of annual precipitation (mm)			عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	
		1389-90	1390-91	1391-92			
Amol	آمل	23.7	698	763	647	36° 28'	52° 23'
Sari	ساری	23	581	464	479	36° 33'	53° 00'
Tonekabon	تنکابن	-20	1084	1190	1302	36° 54'	50° 40'

a: منبع از سایت سازمان هواشناسی ایران

a: Iran Meteorological Organization website (<http://www.irimo.ir>)

جدول ۲: شماره و شجره ژنوتیپ‌های برنج مطالعه شده

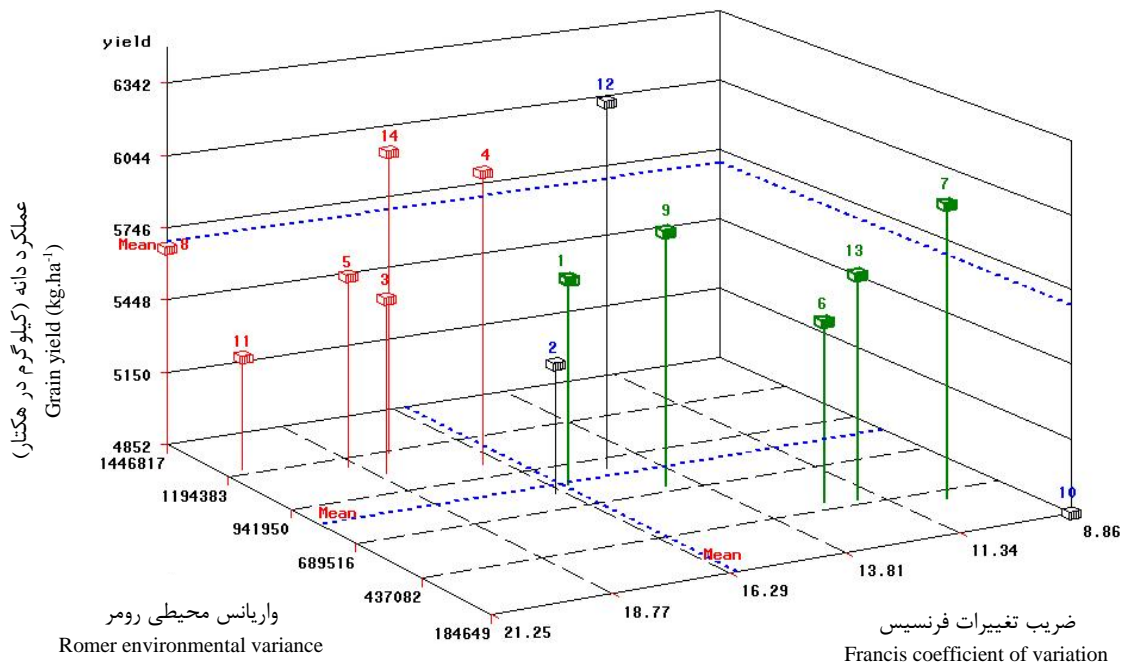
Table 2: Number and pedigree of studied rice genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype number	شجره یا نام ژنوتیپ Pedigree or name of genotype
1	IR50
2	CT9900-2-2-M-M
3	IR72
4	YRL101
5	M92-2
6	CT9509-25-M-1-1-3-2P-M-1
7	CNAX4264-4-4-1-3-1
8	UPR1201-1-5-3
9	IR71146-97-1-2-1-3
10	NANJING70272
11	CT9506-12-10-1-1-M-3P-M
12	IR73888-2-10-3
13	فجر Fajr
14	ندا Neda

جدول ۳: تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه ۱۴ ژنوتیپ برنج در سه مکان و سه سال

Table 3: Combined analysis of variance for grain yield of 14 rice genotypes in three locations and three years

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
S.O.V.	df	Mean squares
Environment	محیط	31607535.38**
Year	سال	6632638.1 <sup>ns</sup>
Location	مکان	35456330.4 <sup>ns</sup>
Year × Location	سال × مکان	42170586.5**
Error 1	خطای آزمایشی ۱	2710047.5
Genotype	ژنوتیپ	3839920.4 <sup>ns</sup>
Genotype × Environment	ژنوتیپ × محیط	969220.2**
Genotype × Year	ژنوتیپ × سال	1235308.7*
Genotype × Location	ژنوتیپ × مکان	1447811.7**
Genotype × Year × Location	ژنوتیپ × سال × مکان	596880.3 <sup>ns</sup>
Error 2	خطای آزمایشی ۲	469221.1
Coefficient of Variation (%)	درصد ضریب تغییرات	12.02

\*، \*\* و <sup>ns</sup>: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیرمعنی‌دار\*، \*\* and <sup>ns</sup>: Significant at the 5% and 1% levels of probability and not-significant respectively

شکل ۱: نمودار سه بعدی پارامترهای پایداری واریانس محیطی و ضریب تغییرات در برابر میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های برنج

Fig. 1: Three-dimensional plot of environmental variance and coefficient of variation stability parameters versus the genotypic mean response in rice genotypes

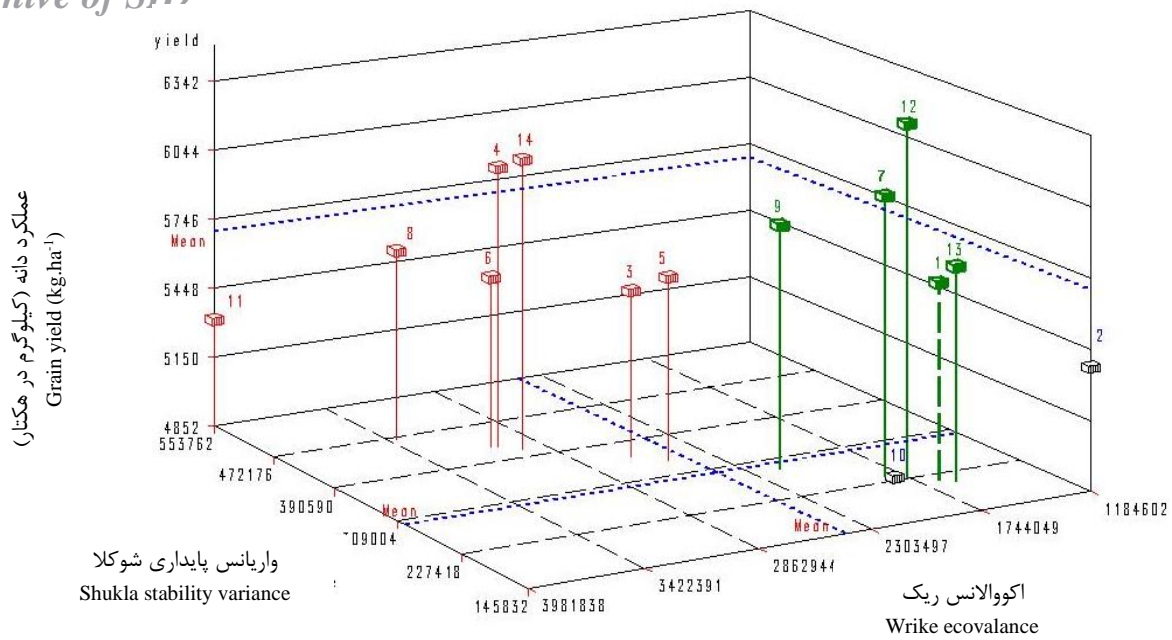
سبز (۱، ۶، ۷، ۹، ۱۳): ژنوتیپ‌های پایدار، قرمز (۳، ۴، ۵، ۱۱ و ۱۴): ژنوتیپ‌های ناپایدار

Green (1, 6, 7, 9, 13): Stable, Red (3, 4, 5, 11, 14): Unstable

جدول ۴: میانگین عملکرد دانه و پارامترهای مختلف پایداری به همراه رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج

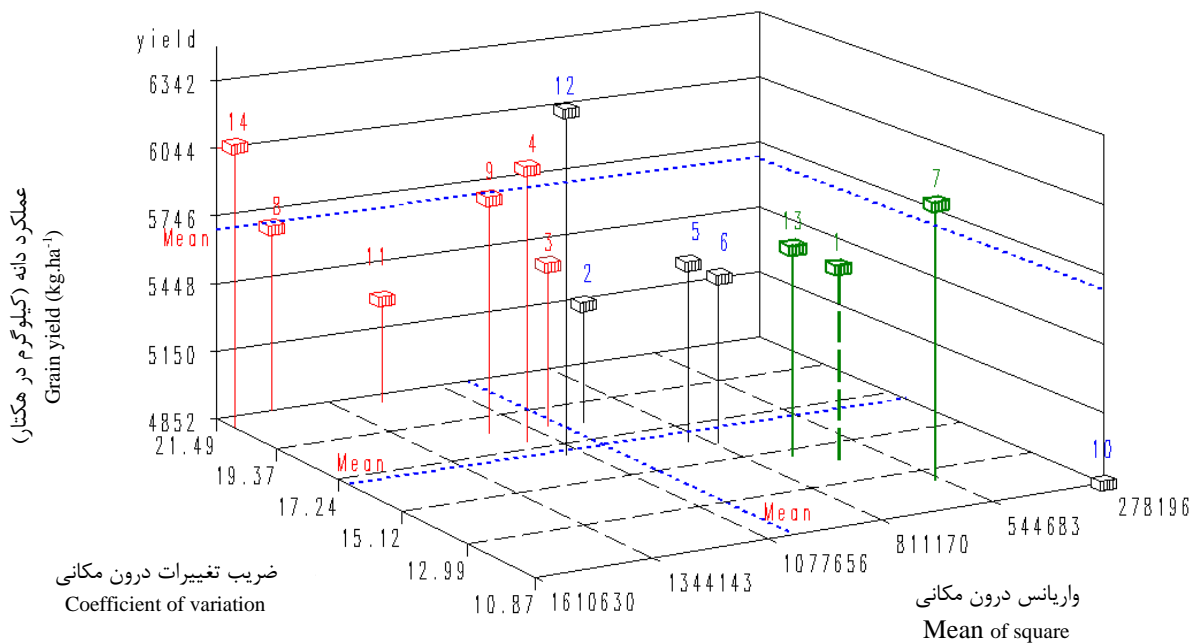
Table 4: Mean grain yield, different stability parameters and ranks of rice genotypes

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Mean grain yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	رتبه R	واریانس محیطی رومر $S_i^2$	رتبه R	ضریب تغییرات $CV_i$	رتبه R	اکووالانس ریک $W_i^2$	رتبه R	واریانس شوکلا $\sigma_i^2$	رتبه R	ارزش پایداری امی ASV	رتبه R	واریانس درون مکانی $MS_{Y/L}$	رتبه R	ضریب تغییرات درون مکانی $CV_{Y/L}$	رتبه R
1	5682.296	7	822192.67	7	15.957	7	1657250.93	3	214759.64	3	13.98722	6	650504.4	3	14.193	3
2	5372.407	12	783364.30	6	16.474	8	1184602.08	1	145831.68	1	11.18167	4	960548.7	7	18.242	9
3	5559.296	11	1064086.61	10	18.555	11	2631603.23	9	356852.68	9	14.54973	7	1038773	8	18.333	10
4	6045.889	3	1020126.57	9	16.705	9	3058499.99	11	419108.45	11	11.15653	3	1138300	10	17.646	8
5	5628.074	9	1138865.15	11	18.961	12	2510036.89	8	339124.25	8	22.30394	11	847011.3	6	16.352	6
6	5575.296	10	479493.92	4	12.420	4	3079145.16	12	422119.2	12	22.33252	12	798582.5	5	16.028	5
7	6032.444	4	386235.46	2	10.302	2	1826100.2	6	239383.49	6	11.78095	5	558947.4	2	12.393	2
8	5660.259	8	1446816.88	14	21.250	14	3385127.26	13	466741.59	13	24.80591	14	1479431	13	21.488	14
9	5879.593	5	719802.28	5	14.429	5	2156402.9	7	287552.63	7	16.24724	9	1173015	11	18.420	11
10	4851.630	14	184648.89	1	8.8569	1	1794601.88	5	234789.98	5	17.7035	10	278196.3	1	10.871	1
11	5309.971	13	1220199.92	13	20.802	13	3981838.43	14	553761.97	14	22.71147	13	1246775	12	21.028	13
12	6342.111	1	880318.51	8	14.794	6	1755338.4	4	229064.06	4	8.041027	2	1117693	9	16.669	7
13	5755.815	6	461411.60	3	11.801	3	1601482.87	2	206626.79	2	14.60687	8	718449	4	14.726	4
14	6086.593	2	1181076.79	12	17.855	10	2977602.31	10	407310.87	10	7.435238	1	1610630	14	20.850	12
mean	5698.691		842045.70		15.654		2399973.752		323073.38		15.6317		972632.61		16.946	



شکل ۲: نمودار سه بعدی پارامترهای واریانس پایداری و اکوالانس در برابر میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های برنج  
 Fig. 2: Three-dimensional plot of stability variance and ecovalence stability parameters versus the genotypic mean response in rice genotypes

سبز (۱، ۷، ۹، ۱۲ و ۱۳): ژنوتیپ‌های پایدار، قرمز (۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۱ و ۱۴): ژنوتیپ‌های ناپایدار  
 Green (1, 7, 9, 12, 13): Stable, Red (3, 4, 5, 6, 8, 11, 14): Unstable



شکل ۳: نمودار سه بعدی پارامترهای واریانس درون مکانی، ضریب تغییرات درون مکانی در برابر میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های برنج  
 Fig. 3: Three-dimensional plot of Lin and Binns's stability parameters versus the genotypic mean in rice genotypes

سبز (۱، ۷ و ۱۳): ژنوتیپ‌های پایدار، قرمز (۳، ۴، ۸، ۹، ۱۱ و ۱۴): ژنوتیپ‌های ناپایدار  
 Green (1, 7, 13): Stable, Red (3, 4, 8, 9, 11, 14): Unstable



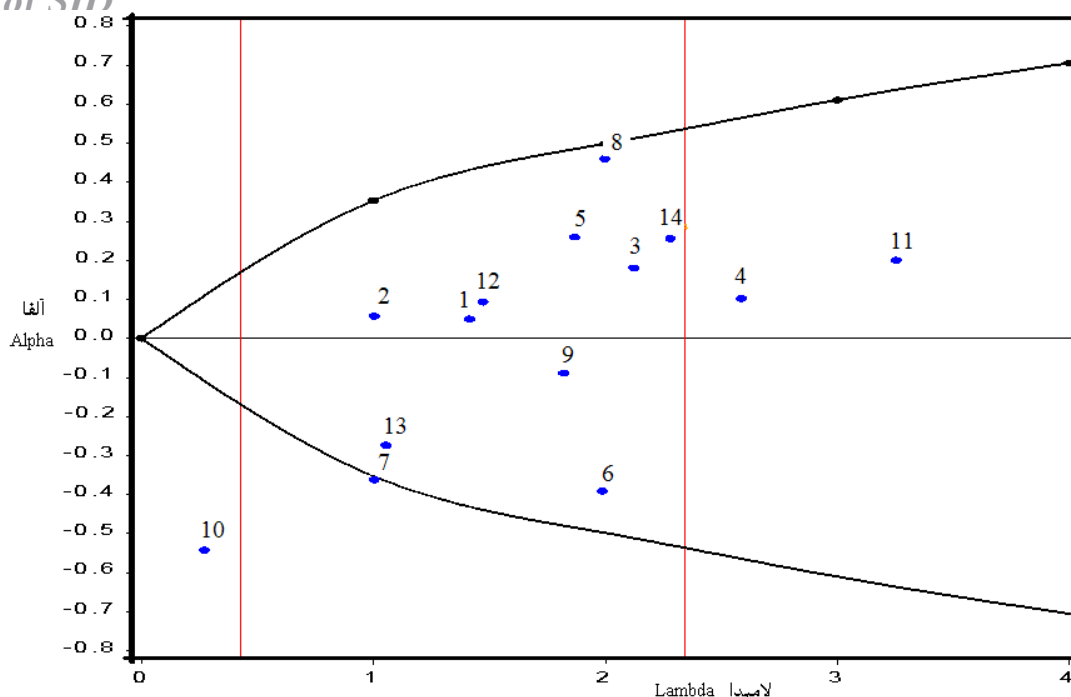
جدول ۵: تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج  
 Table 5: analysis of variance of AMMI model for grain yield of rice genotypes

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	%SS	میانگین مربعات MS
تیمار Treatment	125	403578152.8		3228625.22**
ژنوتیپ Genotype	13	49918964.6	12.36909	3839920.4 <sup>ns</sup>
محیط Environment	8	252860283.0	62.6546	31607535.38**
ژنوتیپ × محیط Genotype × Environment	104	100798905.2	24.9763	969220.2**
اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل IPCA <sub>1</sub>	20	37947770.64	37.6470	1897388.53**
دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل IPCA <sub>2</sub>	18	29294465.53	29.0623	1627470.31**
باقیمانده (نویز) Residual (Noise)	70	33556669.01	33.2907	479380.9859 <sup>ns</sup>
خطای ادغام شده Pooled error	234	109797734.3		469221.1

\*, \*\*, و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و غیرمعنی‌دار  
 \*, \*\*, and ns: Significant at the 5% and 1% levels of probability and not-significant respectively

جدول ۶: عملکرد دانه و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و پارامتر ارزش پایداری AMMI  
 Table 6: Grain yield, IPCA<sub>1</sub> and IPCA<sub>2</sub> scores and AMMI Stability Value

ژنوتیپ Genotypes	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	مؤلفه اصلی اول IPCA <sub>1</sub>	مؤلفه اصلی دوم IPCA <sub>2</sub>	ارزش پایداری امی ASV
1	5682.3	-10.7905	-3.1666	13.98722
2	5372.41	2.7773	-10.6176	11.18167
3	5559.3	-9.9057	-7.4345	14.54973
4	6045.89	-5.052	-9.1532	11.15653
5	5628.07	-13.7268	-14.0388	22.30394
6	5575.3	17.1681	5.3736	22.33252
7	6032.44	9.307	-0.8397	11.78095
8	5660.26	-14.194	17.1511	24.80591
9	5879.59	12.3025	4.764	16.24724
10	4851.63	14.0213	0.0926	17.7035
11	5309.97	-11.0581	17.913	22.71147
12	6342.11	-2.628	7.3245	8.041027
13	5755.81	11.5688	0.0621	14.60687
14	6086.59	0.2102	-7.4305	7.435238



شکل ۴: نمودار پارامترهای برآورد شده با استفاده از رگرسیون تای (هذلولی فاصله برآورد ۹۵ درصد را برای  $\alpha = 0$  نشان می‌دهد؛ خطوط عمودی حدود فاصله اطمینان ۹۵ درصد را برای  $\lambda = 1$  نشان می‌دهد)

Fig. 4: Diagram of estimated parameters using Tai regression. (The hyperbola represents a 95% estimated distance for  $\alpha = 0$ ; The vertical lines are the border of a 95% confidence interval for  $\lambda = 1$ )

جدول ۷: نتایج روش رگرسیونی تای برای ژنوتیپ‌های برنج

Table 7: Tai regression results in rice genotypes

ژنوتیپ Genotypes	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	رتبه عملکرد Yield rank	ALPHA ( $\alpha$ )	LAMBDA ( $\lambda$ )
1	5682.296	7	0.049 <sup>ns</sup>	1.416 <sup>ns</sup>
2	5372.407	12	0.057 <sup>ns</sup>	1.005 <sup>ns</sup>
3	5559.296	11	0.181 <sup>ns</sup>	2.123 <sup>ns</sup>
4	6045.889	3	0.102 <sup>ns</sup>	2.587*
5	5628.074	9	0.259 <sup>ns</sup>	1.868 <sup>ns</sup>
6	5575.296	10	-0.391 <sup>ns</sup>	1.988 <sup>ns</sup>
7	6032.444	4	-0.362*	1.004 <sup>ns</sup>
8	5660.259	8	0.459 <sup>ns</sup>	1.997 <sup>ns</sup>
9	5879.593	5	-0.089 <sup>ns</sup>	1.822 <sup>ns</sup>
10	4851.630	14	-0.542*	0.271*
11	5309.971	13	0.199 <sup>ns</sup>	3.254*
12	6342.111	1	0.093 <sup>ns</sup>	1.473 <sup>ns</sup>
13	5755.815	6	-0.273 <sup>ns</sup>	1.055 <sup>ns</sup>
14	6086.593	2		

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

\*, \*\* and ns: Significant at the 5% and 1% levels of probability and not-significant, respectively

#### پارامتر ارزش پایداری امی (ASV)

درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کرد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۲۴/۹۷ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد، اما این مقدار برای ژنوتیپ و محیط به ترتیب برابر با ۱۲/۳۶ درصد و ۶۲/۶۵ درصد بود. هرچند که اثر متقابل، منبع اصلی تغییرات نیست، اما حدوداً ۲ برابر اثر ژنوتیپ می‌باشد که این مطلب اهمیت نسبی اثر متقابل را نشان می‌دهد. نسبت مجموع مربعات اولین مؤلفه اثر متقابل (۳۷۹۴۷۷۷۰/۶۴) به مجموع مربعات ژنوتیپ (۴۹۹۱۸۹۶۴/۶) حدود ۷۶ درصد می‌باشد که این موضوع تأکیدی بر اهمیت اثر

به‌منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل AMMI تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ماتریس باقیمانده صورت گرفت و دو مؤلفه اصلی اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. مؤلفه اصلی اول (IPCA<sub>1</sub>) ۳۷ درصد و مؤلفه اصلی دوم (IPCA<sub>2</sub>) ۲۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به‌خود اختصاص دادند که این دو مؤلفه در مجموع ۶۶/۷ درصد از مجموع مربعات را توجیه نمودند (جدول ۵). مؤلفه‌های دیگر، با باقیمانده ادغام شدند و مؤلفه اصلی باقیمانده در مدل، ۳۳/۳

پارامتر  $\lambda$  ژنوتیپ‌های ۴ و ۱۰ به علت داشتن انحراف از پاسخ خطی معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در وضعیت مناسبی قرار نگرفتند. تفسیر جدول ۷ براساس تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها به کمک نمودار مناسب‌تر و سریع‌تر می‌باشد. در روش تای (شکل شماره ۴)، ژنوتیپ‌هایی که در درون نمودار هذلولی و خطوط عمود قرار گرفته‌اند پایدار می‌باشند. همچنین اگر ژنوتیپی دارای  $\alpha$  (پاسخ خطی به اثرات محیطی)  $-1$  و  $\lambda$  (انحراف از پاسخ خطی) ۱ باشد پایداری آن ژنوتیپ کامل است، اما اگر  $\alpha$  صفر باشد پایداری ژنوتیپ متوسط است. در این نمودار به غیر از ژنوتیپ‌های ۱۰ بقیه ژنوتیپ‌ها داخل ناحیه پایداری قرار گرفتند، اما ژنوتیپ‌های ۲، ۱۳، ۱، ۹، ۶، ۵، ۳، ۱۴، ۸ و ۱۲ در ناحیه پایداری قرار گرفته‌اند که در بین آن‌ها ژنوتیپ ۱، ۸، ۵، ۶، ۳ و ۲ با این‌که در ناحیه بسیار مناسبی از نظر پایداری عمومی قرار گرفته‌اند، اما میانگین عملکرد این ژنوتیپ‌ها کم‌تر از میانگین عملکرد کل بود. بنابراین، ژنوتیپ ۱۲، ۹ و ۱۳ با میانگین بالاتر از متوسط و همچنین داشتن  $\alpha$  نزدیک به صفر و  $\lambda$  نزدیک به ۱، از پایداری بسیار بالایی نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها برخوردار می‌باشد. همچنین ژنوتیپ ۱۴ نیز در رتبه بعدی از نظر پایداری و بعد از این ژنوتیپ‌ها قرار دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی روش‌های مختلف تجزیه پایداری، هرکدام جنبه خاصی از پایداری را نشان می‌دهند. پارامترهای واریانس و ضریب تغییرات محیطی به‌عنوان پارامترهای نوع اول، دارای ماهیت بیولوژیک بوده، اشکال عمده این پارامترها آن است که ژنوتیپ‌های با عملکرد یکنواخت در همه محیط‌ها، معمولاً کم محصول هستند و با عملکرد بالا رابطه ندارند (رحیم‌سروش، ۱۳۸۴). معیار استفاده از هر یک از روش‌های تجزیه پایداری بستگی به نوع طرح، انتخاب محقق و سایر شرایط دارد. سودمندی پایداری نوع اول به مقدار زیادی به مساحت منطقه مورد آزمایش بستگی دارد و اگر مساحت منطقه کوچک باشد، پایداری نوع اول دارای اهمیت بیش‌تری خواهد بود، ولی کوچک یا بزرگ بودن مساحت منطقه آزمایش، تأثیری روی نتایج روش لین و بینز (به‌عنوان پارامتر پایداری نوع چهارم) ندارد (محمدی و امری، ۲۰۰۸). در این تحقیق، بر اساس روش واریانس و ضریب تغییرات درون مکانی لین و بینز، اکثر ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه پایداری حاصل از نمودار سه بعدی قرار گرفتند، دارای عملکرد بالاتر از میانگین نبودند، به عبارت دیگر، این روش قدرت بالایی را در انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول در این مطالعه نشان نداد زیرا ژنوتیپ ۱۰ که کم‌ترین میزان عملکرد را به خود اختصاص داده بود در این

متقابل در ارزیابی ارقام مختلف برنج در محیط‌های مختلف می‌باشد (جدول ۵). در روش ارزش پایداری AMMI، ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که ASV کم‌تری داشته باشد. در این روش ژنوتیپ ۷ کم‌ترین ASV را به خود اختصاص داد، اما عملکرد این ژنوتیپ کم‌تر از میانگین کل بود، بنابراین در این روش ژنوتیپ‌های شماره ۱۴، ۱۲، ۴، ۷ و ۱ با داشتن ASV پایین (به‌ترتیب) و عملکرد بالاتر از میانگین کل، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. ژنوتیپ شماره ۲ نیز ASV پایین‌تری نسبت به ژنوتیپ شماره ۷ و ۱ داشت، اما میانگین عملکرد آن از میانگین عملکرد کل کم‌تر بود و انتخاب نشد. ژنوتیپ‌های ۸ و ۱۱ بالاترین مقدار ASV را به خود اختصاص دادند و ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش بودند (جدول ۶).

ساموتته و همکاران (۲۰۰۵) در ارزیابی ارقام برنج گزارش نمودند که اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به‌ترتیب ۵۵/۴، ۱۷/۸ و ۲۶/۷ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه می‌کنند. در این تحقیق مؤلفه اول و دوم اثر متقابل معنی‌دار و در مجموع ۶۷/۹ درصد (به‌ترتیب ۴۰/۹ و ۲۷/۰ درصد) از واریانس اثر متقابل را توضیح دادند. گاج و زوبلی (۱۹۹۶) اظهار نمودند که در داده‌های مربوط به پدیده‌های طبیعی و نرمال، محیط حدود ۸۰ درصد از واریانس را به خود اختصاص می‌دهد درحالی‌که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط هرکدام حدود ۱۰ درصد از واریانس را به خود اختصاص می‌دهند. محمدی و امری<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) به‌منظور مقایسه روش‌های ناپارامتریک و پارامتریک در ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم دوروم از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی ماتریس رتبه‌های حاصل از پارامترهای مختلف استفاده کردند. آن‌ها با استفاده از نمودار بای‌پلات مشخص نمودند که پارامترهای اکووالانس ریک، انحراف از خط رگرسیون و ASV از مفهوم پایداری استاتیک برخوردار بودند. این پارامترها در یک گروه قرار گرفتند.

### معیار $\alpha$ و $\lambda$ در روش رگرسیون تای

در روش رگرسیون تای دو پارامتر  $\alpha$  و  $\lambda$  که نشان‌دهنده پاسخ خطی به اثرات محیطی و انحراف از پاسخ خطی می‌باشند، برآورد گردید. نتایج برآورد شده این پارامترها برای هر ژنوتیپ در جدول ۷ نشان داده شده است. از نظر پارامتر  $\alpha$  به غیر از ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۴ که اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با صفر نشان دادند، سایر ژنوتیپ‌ها به‌دلیل داشتن مقدار  $\alpha$  غیرمعنی‌دار، دارای پایداری متوسطی بودند. اما از نظر

است، ولی نتایج آن از اطمینان بیش‌تری برخوردار می‌باشد. پارامتر ارزش پایداری AMMI دارای مفهوم زراعی پایداری می‌باشد. در این مفهوم از پایداری یک پاسخ قابل پیش‌بینی نسبت به عوامل محیطی وجود دارد و احتمال اینکه عملکرد ژنوتیپ‌ها با بهبود شرایط محیطی افزایش یابد، وجود دارد. بعلاوه به دلیل سادگی تفسیر و استفاده از دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل، که بیش‌ترین سهم را در توجیه تغییرات مجموع مربعات اثر متقابل دارند، این پارامتر روش مناسب و قدرتمندی در تجزیه پایداری نسبت به سایر روش‌ها محسوب می‌شود، اما با این حال نمی‌توان یک روش تجزیه پایداری را برای تمام گیاهان زراعی و در تمام شرایط توصیه نمود و بهتر است از روش‌های گوناگون برای بررسی پایداری استفاد و سپس باتوجه به نتایج حاصل تصمیم‌گیری نمود.

روش همانند روش‌های واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی در پایدارترین نقطه قرار گرفت.

روستایی و همکاران (۱۳۷۵) نیز با مقایسه روش‌های مختلف پایداری برای انتخاب ارقام پایدار و پرمحصول گندم و جو در دیم‌زارهای کشور نتیجه‌گیری نمودند که معیارهای واریانس درون‌مکانی، اکووالانس و واریانس پایداری موجب انتخاب ارقام پایدار و پرمحصول می‌شوند. لین و بینر (1991) اظهار داشتند که در گزینش رقم پایدار بر اساس پارامتر نوع چهارم می‌توان با احتمال بیش‌تری به پرمحصول‌ترین ارقام دست یافت که به نتایج آزمایشات ما مطابقت نداشت. این محققین با استفاده از روش دای‌آل نشان دادند پارامترهای نوع اول و چهارم ژنتیکی بوده و برای گزینش مفید می‌باشند. همچنین در مدل AMMI هرچند محاسبات کمی پیچیده

## منابع

- رحیم سروش، ح. ۱۳۸۴. بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های امیدبخش برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۷ (۲): ۱۱۲-۱۲۲.
- روستایی، م.، مقدم، م.، محفوظی، س. و محمدی، ا. ۱۳۷۵. مقایسه پایداری عملکرد ارقام گندم و جو در اقلیم گرم و خشک. چکیده مقالات چهارمین کنگره زراعت و اصلاح‌نباتات ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۲۵۲.
- فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات (جلد دوم). انتشارات طاق بستان. ۵۲۸ صفحه.
- محدثی، ع.، بخشی‌پور، س.، عباسیان، ا.، ستاری، م. و محمدصالحی، م. ۱۳۹۲. مطالعه خصوصیات کمی، کیفی و سازگاری ژنوتیپ‌های برنج در مازندران. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۰ (۲): ۱۹-۳۶.
- Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S. and Ayranici, R. 2006. Parametric stability analysis for grain yield of durum wheat. *Plant Soil Environ*, 52: 254-261.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 36-40.
- Finlay, K. W. and Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742-754.
- Francis, T. R. and Kannenberg, L. W. 1978. Yield stability studies in short season maize 1. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58: 1029-1034.
- Gauch, H. G. and Zobel, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 76: 1-10.
- Gauch, H. G. and Zobel, R.W. 1996. AMMI analysis of yield trials. P. 1-40. In M. S. Kang and G. G. Gauch (ed.) *Genotype- by – environment interaction*. CRC Press.
- Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials. *Consequences for growers. Agronomy Journal*, 85: 754-757.
- Kang, M. S. 1998. Using genotype by environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy*, 62: 199-252.
- Karadavut, U., Palta, C., Kavurmaci, Z. and Bölek, U. 2010. Some grain yield parameters of multi-environmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12: 217-220.
- Kulsum, M. U., Hasan, M. J., Akter, A., Rahman, H. and Biswas, P. 2013. Genotype-Environment Interaction and Stability Analysis in Hbrid Rice: An application of additive main effect and multiplicative interaction. *Bangladesh Journal of Botany*, 42 (1): 73-81.
- Lin, C. S., Binns, M. R. and Lefkovitch, L. P. 1986. Stability analysis: where do we stand? *Crop Science*, 26: 894-900.
- Lin, C. S. and Binns, M. R. 1988. A method of analyzing cultivar  $\times$  location  $\times$  year experiments: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, 76:425-430.
- Lin, C. S. and Binns, M. R. 1991. Genetic properties of four type of stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, 82: 505-509.

- Mohammadi, R. and Amri, A. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*, 159: 419-432.
- Mohammadi, R., Haghparast, R., Amri, A. and Ceccarelli, S. 2009. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. *Crop and Pasture Science*, 6: 92-101
- Mostafavi, K., Hosseini Imeni, S. and Zare, M. 2011. Stability analysis of rice genotypes based GGE biplot method in north of Iran. *Journal of Applied Sciences Research*, 7 (11): 1690-1694.
- Purchase, J. L., Hatting, H. and Vandeventer, C. S. 2000. Genotype  $\times$  environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil*, 17: 101-07.
- Romer, T. 1917. Sind die ertagsreichen sorten ertagssicher? *DGL-Kitt*. 32: 87-89. (With English abstract).
- Samonte, S. O. P. B., Wilson, L. T. and Medley, J. C. 2005. Targeting cultivars on to rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. *Crop Science*, 45: 2414-2424.
- Scapim, C. A., Oliveira, V. R., Braccini, A. L., Cruz, C. D., Andrade, C. A. B. and Vidigal, C. G. M. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, 23(2) 387-393.
- Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29: 237-245.
- Tai, G. C. C. 1971. Genotypic stability analysis and application to potato regional trials. *Crop Science*, 11: 184-190.
- Tariku, S., Lakew, T., Bitew, M. and Asfaw, M. 2013. Genotype by environment interaction and grain yield stability analysis of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes evaluated in north western Ethiopia. *Net Journal of Agricultural Science*, 1 (1): 10-16.
- Wricke, G. 1962. On a method of understanding the biological diversity in field research. *Z. Pfl.- Zücht*, 47: 92- 96.
- Yates, F. and Cochran, W. G. 1938. The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science – Cambridge*, 28: 556-580.

## Evaluation of Grain Yield Stability of Rice Genotypes under Humid Climate of Northern Iran

Mostafavi<sup>1\*</sup>, Kh., Hosseini Imeni<sup>2</sup>, S. S. and Haji Mohammadali Jahromi<sup>3</sup>, M.

### Abstract

The purpose of this study was to study the stability and adaptability of 12 advanced lines of rice with two control varieties (Fajr and Neda cultivars). These genotypes were evaluated over 3 years of cultivation (2011-2013) in a randomized complete block design with three replications and three locations including Amol, Sari and Tonekabon. In this research, the stability statistics including Romer's environmental variance, Francis and Kannenberg coefficient of variation, Wrick's ecovalance, Shukla stability variance, AMMI stability value, lin and Binns parameter, within location coefficient of variation and Tai regression method were used to evaluate genotypes stability. Based on environmental variance and coefficient of variation, lines 7, 9 and Neda cultivar were stable and showed acceptable yield. According to Shukla stability variance, wrik's eco-valance parameters and yield, lines 1, 7, 9, 12 and Fajr cultivar were the best genotypes. The results of variance and Lin and Binns parameter indicated that lines 10, 7 and 1 were the best genotypes. Based on AMMI stability parameter, lines 1, 2, 4, 7, 12 and Neda variety showed the best stability and yield. Tai regression results indicated that lines 7, 9, 12, and Fajr and Neda cultivars had the best stability and yield. Based on all methods, lines 7, 9 and Fajr cultivar were identified stable and with the yield of 6032.44, 5879.59 and 5755.81 kgr/ha respectively stayed above the average of all genotypes.

**Keywords:** Genotype environment interaction, Seed yield, Stability analysis, Stability estimator

---

1 and 3. Associate Professor and Master Graduate, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran

2. Reseacher, National Rice Research Institute, Amol, Iran

\*: Corresponding author                      Email: mostafavi@kiaiu.ac.ir

This paper has been extracted from the third author's MSc thesis under the guidance of Khodadad Mostafavi.