دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تجزیهٔ اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و بررسی الگوی واکنش ژنوتیپی در لاین‌های مختلف گندم نان تحت شرایط تنش شوری

امیرحسین عزیزی[۱]، سمیه ساردویی نسب[۲]، قاسم محمدی نژاد[۳]، بابک ناخدا[۴]، محسن مردی[۵]، سید محمدتقی طباطبایی[۶]، اشکبوس امینی[۷] و اسلام مجیدی هروان[۸]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، (نویسنده مسوول: sarduoie@gmail.com)
۳- دانشیار، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۴، ۵ و ۸- استادیار، دانشیار و استاد، پژوهشکده بیوتکنولوژی کرج
۶- عضو مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد
۷- استادیار، مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۳۱

چکیده

هدف از تحقیق حاضر تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط روی عملکرد دانه ۹۷لاین گندم نان (*Triticum aistivum* L.) و سه رقم شاهد تحت شرایط تنش شوری و نرمال با استفاده از تجزیه مدل اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر (AMMAI) می‌باشد. آزمایش در چهار ایستگاه تحقیقاتی یزد، ماهان کرمان (شرایط نرمال)، اردکان و اختیار آباد کرمان (ایستگاه‌های شوری) اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه امی نشان داد اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و دو مولفه اول اثر متقابل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند. بای پلات امی قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های سازگار خصوصی و عمومی، همچنین محیط‌هایی با قدرت تفکیک بالا بود. بر اساس نتایج امی و پارامترهای پایداری مورد بررسی و تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی نتیجه‌گیری شد که لاین‌های شماره ٤٤، ٥٠، ٥٥، ٨٣ و ٩٥ نسبت به شاهدهای مورد بررسی با مقادیر پایین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و عملکرد بالاتر از میانگین به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی می‌شوند. لاین‌های شماره ٢٦، ٥٣، ٦٧ و ٧٩ بیشترین سازگاری را به محیط یزد در شرایط نرمالداشته و لاین‌های شماره ١٤، ٢١، ٣٢، ٣٦، ٤٥، ٥٨ و ٧٤ نیز دارای سازگاری خصوصی به محیط کرمان در شرایط شور بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، الگوی واکنش ژنوتیپی، تجزیه امی

مقدمه

گندم در محدودهٔ وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند و در حقیقت این گیاه از سازگارترین گونه‌های‌غلات است (۱۸). یکی از جنبه‌های بسیار مهم در به نژادی گندم، پایداری ارقام تحت شرایط مختلف محیطی است. پایداری یک محصول در واقع توانایی آن جهت بقاء در محیطی خاص می‌باشد. وجود اثر متقابل موجب پیچیده شدن ارزیابی ژنوتیپ‌ها، کاهش وراثت‌پذیری صفات و بازده ناشی از انتخاب می‌شود. از آن‌جایی که هنوز بین ظهور صفات و سازگاری عمومی در گیاهان ارتباط قوی پیدا نشده است، مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ با محیط به‌عنوان موثرترین روش برای شناسایی ارقام سازگار می‌باشد (۱۳،۶). اثر متقابل ژنوتیپ×محیط باعث ایجاد پیچیدگی در پیش‌بینی عملکرد می‌شود و چالشی برای برنامه‌های به‌زراعی و به‌نژادی است (۱۷). نظر به این که تهیه ارقام اصلاح شده و سازگار با عملکرد بالا برای هر محیط از نظر اقتصادی متضمن هزینه سنگین و صرف وقت زیاد است، باید سعی در انتخاب ارقامی کرد که برای چند منطقه متفاوت قابل توصیه باشند، یعنی ارقامی که در کلیه مناطق اقلیمی مشابه و یا حداقل در اغلب آن مناطق عملکرد قابل قبولی داشته و بالاترین پایداری عملکرد دانه و سازگاری با محیط‌های مختلف را داشته باشند (۲). برای بررسی پایداری عملکرد ارقام از روش‌های آماری مختلفی استفاده شده است (۵،۱۱،۲۰). آکورا و همکاران (۲) به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ× محیط وارزیابی ژنوتیپ‌های پایدار، مطالعه‌ای را روی پانزده ژنوتیپ گندم دوروم در هشت محیط در ترکیه انجام دادند و با استفاده از پارامترهای پایداری (λi،δ2i،αi،G2i،w2i،bi،S2di R2i) کلیه ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند در نهایت دو رقم در کلیهٔ روش‌ها به عنوان ارقام پایدار معرفی شدند. روش‌های زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است. این روش‌ها را به سه گروه پارامتری، ناپارامتری و چندمتغیره تقسیم‌بندی می‌شوند (۹). تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی برای نشان دادن حداکثر تغییرات ماتریس ژنوتیپ در محیط از روش‌های تجزیه خوشه‌ای و روش‌های برداریابی و مقیاس‌یابی به‌طور هم‌زمان استفاده می‌شود. در صورتی که مولفه‌های اصلی درصد کمی از اثر متقابل را توجیه کنند دقت برآوردها افزایش می‌یابد (۷). مدل تجزیه آثار اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (امی) با نقطه‌یابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر روی بای‌پلات (Biplot) موقعیت ژنوتیپ‌ها را نسبت به یکدیگر و محیط‌های مورد بررسی شناسایی می‌کند (۲۱،۱۲). در مدل امی آثار اصلی جمع پذیر ژنوتیپ و محیط با استفاده از تجزیه واریانس برآورد می‌شوند، ولی از آنجا که واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از یک محیط به محیط دیگر باعث اثر متقابل ضرب پذیر می‌شود و تجزیه واریانس قادر به تجزیه این آثار نیست، با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به مولفه‌های اصلی توجیه کننده اثر متقابل و مقدار باقیمانده یا نویز تفکیک می‌گردد (۷). از روش امی در تعیین ژنوتیپ‌های پایدار با سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف استفاده شده است (۱۷،۱). در بررسی محمدی و همکاران (۱۵) عملکرد و پایداری ۱۵ ژنوتیپ یشرفته گندم دوروم در ۱۲ محیط با استفاده ازروش امی مورد ارزیابی قرار گرفت. در مطالعه‌ای که بر روی گندم

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

دوروم انجام شد، با تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی، چهار مولفه اصلی اول اثر متقابل معنی‌داری را نشان دادند که ۶۵ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل توسط دو مولفه اصلی توجیه شد (۱۴).

هدف از پژوهش حاضر، تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه لاین‌های امید بخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.) می‌باشد تا ضمن ارزیابی پایداری ارقام، ژنوتیپ‌های واجد سازگاری خصوصی به محیط‌های مختلف نیز شناسایی گردند.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ۹۷ لاین گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به همراه سه رقم ارگ، بم و کویر به‌عنوان شاهدهای متحمل در سال‌های زراعی (۸۹-۸۸ و ۹۰-۸۹) در ۴ ایستگاه تحقیقاتی اردکان یزد (شور)، شهرستان یزد (نرمال)، اختیارآباد-کرمان (شور) و شهرستان ماهان-کرمان (نرمال) در دو شرایط شور و نرمال مورد بررسی قرار گرفتند. هر آزمایش در هر محیط در قالب طرح آلفا لاتیس ۱۰×۱۰ با دو تکرار انجام شد. در طول دوره رشد آبیاری، کنترل علف‌های هرز، حذف بوته‌های نابه‌جا و سایر نظارت‌های به‌زراعی لازم صورت گرفت. عملکرد دانه در یک مترمربع از هر واحد آزمایش با حذف اثر حاشیه برای هر کرت محاسبه گردید و سپس به حسب تن در هکتار تبدیل شد.

پس از جمع‌آوری اطلاعات کلیه ایستگاه‌ها در مدت دو سال، محاسبات آماری و تجزیه واریانس ساده برای هر ایستگاه در هر سال به طور جداگانه انجام شد، سپس با استفاده از آزمون بارتلت نسبت به آزمون متجانس بودن واریانس خطاهای آزمایش‌ها اقدام گردید. قبل از تجزیه امی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایش با استفاده از آزمون بارتلت آزمون گردید، سپس تجزیه امی بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. جهت تجزیه سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های مورد بررسی از مدل امی (AMMI2) و ازمولفه‌های اثرمتقابل اول و دوم امی (IPCA1, IPCA2) به عنوان پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده گردید. همچنین از مدل بای پلات AMMI2 جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها استفاده شد. بای پلات‌ها به دلیل نمایش گرافیکی واکنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در پدیده اثر متقابل ابزارهای مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط‌های ویژه می‌باشند به منظور تحلیل بهتر اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین سهم ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در اثر متقابل از آماره‌های پایداری امی (SIPC2)و (EV2) استفاده گردید. در مدل امی تجزیه واریانس و تجزیه مولفه‌های اصلی به طور همزمان انجام می‌شود.مدل تجزیه امی به صورت زیر است (۲۱):

$$Y_{ijK} = \mu + g_i + e_j + \sum_{n=1}^{N} \lambda_{n} \alpha_{in} \gamma_{jn} + \bar{\varepsilon}_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

مقادیر Yijk عملکرد ژنوتیپ i در محیط j و در تکرار k، μ میانگین کل، gi اثر اصلی ژنوتیپ i (اختلاف میانگین ژنوتیپ i از میانگین ژنوتیپ‌ها)، ej اثر اصلی محیط j (اختلاف میانگین محیط j از میانگین محیط‌ها)، λ_n مقدار منفرد مربوط به n امین مؤلفه اصلی باقی‌مانده در مدل که برابر با جذر ریشه مشخصه مربوط به همان مولفه اصلی است، N تعداد مولفه‌های اصلی اثر متقابل (I.P.C.) در مدل امی است که برابر با $(N \le \min(g-1),(e-1))$ می‌باشد و α_{in} بردار مشخصه برای i امین ژنوتیپ از n امین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC)، γ_{jn} بردار مشخصه j امین محیط از n امین مولفه اصلی اثر متقابل (IPC)، $\bar{\varepsilon}_{ij}$ مقدار باقی‌مانده (نویز) و ε_{ijk} عبارت مربوط به خطاست (۲۱).برای محاسبه دو آماره SIPC و EV از فرمول‌های زیر استفاده شد (۷):

$$Ev = \sum_{n=1}^{N} \alpha_{in}^{2} \quad \text{و} \quad SIPC = \sum_{n=1}^{N} \left| \alpha^{.5}_{in} \right|$$

$$EV_N = \sum_{n=1}^{N} \lambda^2 / n \quad SIPC_N = \sum_{n=1}^{N} \pm_n^{0.5} \lambda_{gn}$$

ریشه چهارم مقدار ویژه است. $\pm_n^{0.5}$

به منظور نمایش گرافیکی ماتریس‌ها از بای‌پلات استفاده شد (۱۳). تجزیه خوشه‌ی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها (با روش وارد و بر اساس ماتریس عدم تشابه مربع اقلیدسی) برای مولفه‌های اصلی اول و دوم و آماره‌های پایداری مدل انجام شد. تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم و آماره‌های پایداری مدل AMMI2 انجام شد. به منظور انجام محاسبات آماری ذکر شده از نرم‌افزارهای SAS، EXCEL و MATLAB استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه مرکب

قبل از تجزیه آماری مدل امی با استفاده از آزمون بارتلت واریانس‌های درون محیطی آزمون شد و سپس تجزیه امی بر روی داده‌ها انجام شد و نتایج حاصل تجزیه امی در جدول ۱ درج گردیده است.بر اساس نتایج حاصل ازآزمون مذکور واریانس‌های خطا یکنواخت بودند. تجزیه واریانس اثرات افزایشی تفاوت معنی‌داری بین محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ×محیط نشان‌دهنده اختلاف عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر است که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط حدود ۴۴/۱۲ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار نشان ندادند و در محیط‌های مختلف عملکرد تقریبا یکسانی داشتند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد دانه ۱۰۰ ژنوتیپ در ۴ محیط بر مبنای روش امی

Table 1.AMMI analysis of grain yield in 100 genotypes over 4 environments

منابع تغییر (s.o.v)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (ss)	میانگین مربعات (ms)	F
مدل	۳۹۹	۳۲۵۱/۱۷	۸/۱۵	۵/۹۰**
ژنوتیپ	۹۹	۵۷۰/۹۲	۵/۷۷	۱/۰۲ns
محیط	۳	۹۹۷/۲۹	۳۳۲/۴۳	۴۱/۸۸**
ژنوتیپ در محیط	۲۹۷	۱۶۸۲/۹۶	۵/۶۷	۴/۱۱**
IPCA1	۱۰۱	۹۴۴/۰۶	۹/۳۵	۶/۷۷**
IPCA2	۹۹	۶۱۷/۰۶	۶/۲۳	۴/۵۱**
نویز	۹۷	۱۲۱/۸۴	۱/۲۶	۰/۹۱
بلوک	۴	۱۴/۶۲	۳/۶۵	۲/۶۴*
خطا	۳۹۶	۵۴۸/۳۶	۱/۳۸	–
کل	۷۹۹	۳۸۱۴/۱۵	–	–

**، * و ns: معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

تجزیه اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر برای عملکرد دانه با استفاده از مدل امی

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، در این پژوهش برای معرفی ژنوتیپی اژ نوتیپ‌های پایدار از تجزیه الگوی ژنوتیپی بر مبنای مدل امی استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه ۱۰۰ ژنوتیپ گندم نان بر مبنای روش امی نشان داد که منابع تغییر محیط، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و دو مولفه اول اثر متقابل (IPC) در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۱). اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC1) بیشترین سهم (۵۶/۱) را در بیان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشت و دو مولفه اول در مجموع ۹۲/۶۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را تبیین نمودند. با توجه به معنی‌دار شدن دو مولفه اصلی اثر متقابل در آزمون F، از مدل AMMI2 استفاده شد. معتمدی و خدارحم پور (۱۸) نیز در ارزیابی اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط با استفاده از روش امی برای ژنوتیپ‌های گندم نان دو مولفه معنی دار بدست آوردند.

تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها

پارامترهای اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در مدل AMMI2 برای ژنوتیپ‌ها در جداول ۲ و ۳ درج شده است. همچنین مقادیر ریشه مشخصه و مقادیر مولفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها (ارزش‌های ژنوتیپی و محیطی) به‌ترتیب در جداول ۴ و ۵ آورده شده‌اند. از این مقادیر برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها، سنجش تغییرات محیطی و انتساب ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف در نمودار بای پلات استفاده شد. ضرایب دو مولفه اول اثر متقابل به عنوان ساده‌ترین پارامترهای پایداری جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها قبلاً مورد استفاده قرارگرفته است (۱۹،۴،۱۰). گراوزگروبر و همکاران (۱۰) جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار درگندم نان از ضرایب مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (IPCA) استفاده نمودند. نتایج تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها بر اساس مقادیر اولین مولفه اصلی اثر متقابل (IPC1) و میانگین عملکرد (شکل ۱) سه گروه را مشخص نمود. در گروه اول لاین‌های شماره۱۲، ۲۶، ۷۹، ۵۳، ۶۷، ۸۶، ۶۳، ۸۹، ۷۳، ۲۲،۷۲ ، ۶۵، ۵۲، ۵۴، ۶۹، ۹۰، ۵۹، ۹۶، ۷۷، ۱۰۰، ۸۰، ۹۸، ۷۸، ۹۹، ۵۷، ۵۱، ۸۵، ۷۶، ۶۸، ۴۲، ۴۴، ۲۳، ۷۴، ۴۸، ۸۲، ۹۷، ۷۱، ۲۴، ۶، ۹۳، ۳۵، ۲۷، ۲۹، ۱۳، ۵۵، ۶۴، ۶۲، ۴۳، ۲، ۹۲، ۳۳، ۴۵، ۹۵، ۲۱، ۴۶، ۸۸، ۳۴، ۸، ۲۵، ۵۶، ۸۴، ۸۳، ۶۱، ۳۲، ۱۲، ۱۵، ۹۱، ۱۴، ۵۸، ۸۱ و ۱۸ قرار گرفتند که دارای مقادیر IPC1 نزدیک صفر بودند. گروه دوم شامل لاین‌های شماره ۱، ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۸، ۳۱، ۳۶، ۴۱، ۴۷، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۷ و ۹۴ گردید که دارای مقادیر IPC1 مثبت و بزرگ بودند و لاین‌های شماره ۴، ۳۰، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۹، ۶۶ و ۷۵ در گروه سوم قرار گرفتند و دارای مقادیر IPC1 مثبت بودند. براساس تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای IPC1 و میانگین عملکرد مشاهده شد که بعضی از ژنوتیپ‌های گروه اول IPC1 نزدیک صفر و کمترین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را داشتند. لاین‌های شماره ۸۱، ۱۵، ۱۲، ۶۱، ۸۳، ۸۸ و ۹۵ دارای عملکرد بالاتر از میانگین بودند که لاین‌های شماره ۸۱، ۶۱، ۸۸، ۹۵ و ۸۳ با کمترین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و عملکرد بالاتر از میانگین به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول شناسایی شدند. نتایج نشان داد که محیط‌های مورد آزمایش تقریبا سهم بالایی در ایجاد اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط داشته‌اند و می‌توان لاین‌های شماره ۶۷، ۷۹، ۲۶ و ۵۳ را دارای سازگاری خصوصی به محیط دوم دانست (شکل ۱).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

جدول ۲- پارامتر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مدل AMMI2 برای ژنوتیپ‌ها

Table 2. Genotype-environment interaction parameter for genotypes in AMMI2 model

ژنوتیپ	بردار ویژه ژنوتیپی برای اولین مؤلفه اصلی	بردار ویژه ژنوتیپی برای دومین مؤلفه اصلی	ژنوتیپ	بردار ویژه ژنوتیپی برای اولین مؤلفه اصلی	بردار ویژه ژنوتیپی برای دومین مؤلفه اصلی
۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۱۸	۲۷	-۰/۰۰۶	۰/۰۲۶
۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۹	۲۸	۰/۰۲	۰/۰۲۷
۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۲۹	-۰/۰۰۶	۰/۰۵
۴	۰/۰۲۷	-۰/۰۰۹	۳۰	۰/۰۴۱	۰/۰۳
۵	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱	۳۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۲
۶	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۳۲	۰	۰/۰۰۵
۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۳	۳۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۱
۸	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳	۳۴	-۰/۰۰۱	-۰/۰۱۵
۹	۰/۰۲	۰	۳۵	-۰/۰۰۶	۰/۰۲۷
۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۳۶	۰/۰۰۹	۰/۰۱۳
۱۱	۰/۰۰۸	-۰/۰۱	۳۷	۰/۰۰۸	-۰/۰۰۴
۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۳۸	۰/۰۴	۰/۰۱۶
۱۳	-۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۳۹	۰/۰۳۳	-۰/۰۰۳
۱۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۴۰	۰/۰۳۶	-۰/۰۰۱
۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۴	۴۱	۰/۰۱۵	-۰/۰۰۷
۱۶	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۴۲	-۰/۰۰۹	۰/۰۱۲
۱۷	۰/۰۱۲	-۰/۰۰۳	۴۳	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۴
۱۸	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۴۴	-۰/۰۰۸	۰
۱۹	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۴۵	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
۲۰	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۴۶	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۸
۲۱	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	۴۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱
۲۲	-۰/۰۱۷	۰/۰۲۲	۴۸	-۰/۰۰۸	-۰/۰۲۵
۲۳	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۴۹	۰/۰۳۴	-۰/۰۰۶
۲۴	-۰/۰۰۱	-۰/۰۱۲	۵۰	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۷
۲۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۵۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱۹
۲۶	-۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۵۲	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۹

ادامه جدول ۲- پارامتر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مدل AMMI2 برای ژنوتیپ‌ها

Table 2. Genotype-environment interaction parameter for genotypes in AMMI2 model

ژنوتیپ	بردار ویژه ژنوتیپی برای اولین مؤلفه اصلی	بردار ویژه ژنوتیپی برای دومین مؤلفه اصلی	ژنوتیپ	بردار ویژه ژنوتیپی برای اولین مؤلفه اصلی	بردار ویژه ژنوتیپی برای دومین مؤلفه اصلی
۵۳	-۰/۰۲۶	۰/۰۴	۷۹	-۰/۰۳	۰/۰۲۷
۵۴	-۰/۰۱۴	-۰/۰۲۲	۸۰	-۰/۰۱۲	-۰/۰۱۴
۵۵	-۰/۰۰۵	۰	۸۱	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۴
۵۶	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۸۲	-۰/۰۰۷	-۰/۰۱۵
۵۷	-۰/۰۱۱	-۰/۰۱۶	۸۳	۰	۰/۰۱۱
۵۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۸۴	۰	-۰/۰۳۱
۵۹	-۰/۰۱۳	-۰/۰۲	۸۵	-۰/۰۱	-۰/۰۱۴
۶۰	۰/۰۲	-۰/۰۱۱	۸۶	-۰/۰۱۹	-۰/۰۰۷
۶۱	۰	-۰/۰۳۱	۸۷	۰/۰۲۳	۰/۰۰۸
۶۲	-۰/۰۰۵	-۰/۰۱۹	۸۸	-۰/۰۰۱	۰/۰۲۶
۶۳	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۴	۸۹	-۰/۰۱۸	۰/۰۳
۶۴	-۰/۰۰۵	-۰/۰۲۲	۹۰	-۰/۰۱۳	۰/۰۰۷
۶۵	-۰/۰۱۶	-۰/۰۱۷	۹۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۴
۶۶	۰/۰۳	-۰/۰۱۵	۹۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۹
۶۷	-۰/۰۲۱	۰/۰۰۹	۹۳	-۰/۰۰۶	-۰/۰۱۱
۶۸	-۰/۰۰۹	۰/۰۲۱	۹۴	۰/۰۱۷	-۰/۰۱۱
۶۹	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۸	۹۵	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳
۷۰	۰/۰۱۲	-۰/۰۱۷	۹۶	-۰/۰۱۳	-۰/۰۱
۷۱	-۰/۰۰۷	-۰/۰۲۵	۹۷	-۰/۰۰۷	-۰/۰۱۵
۷۲	-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۵	۹۸	-۰/۰۱۲	-۰/۰۱۱
۷۳	-۰/۰۱۸	-۰/۰۰۹	۹۹	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۱
۷۴	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۱۰۰	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۵
۷۵	۰/۰۴۱	-۰/۰۰۸			
۷۶	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۸			
۷۷	-۰/۰۱۳	-۰/۰۲۷			
۷۸	-۰/۰۱۲	-۰/۰۲۶			

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

جدول ۳- پارامتر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مدل AMMI2 برای محیط‌ها

Table 3. The effect of genotype on environmental parameters in the model AMMI2 for the environment

محیط	بردار ویژه محیطی برای اولین مؤلفه اصلی	بردار ویژه محیطی برای دومین مؤلفه اصلی
محیط ۱	-۰/۰۳۷	-۰/۰۶۴
محیط ۲	-۰/۰۲۹	-۰/۰۸۷
محیط۳	۰/۱۳۰	۰/۰۰۲
محیط ۴	-۰/۰۶۳	۰/۱۲۷

جدول ۴- مقادیر ریشه مشخصه و مقادیر مؤلفه‌های اصلی آثار متقابل در مدل AMM2 برای ژنوتیپ‌ها

Table 4. Eigen values and principal component values of GE for genotypes in AMMI2 model

مولفه‌های اصلی آثار متقابل	IPC1	IPC2	IPC3	مولفه‌های اصلی آثار متقابل	IPC1	IPC2	IPC3
مقدار ریشه مشخصه	۹۴۴/۱	۶۱۷/۱	۱۲۱/۸	مقدار ریشه مشخصه	۹۴۴/۱	۶۱۷/۱	۱۲۱/۸
درصد تجمعی واریانس مولفه	۵۶/۱	۹۲/۷۶	۱۰۰	درصد تجمعی واریانس مولفه‌ها	۵۶/۱	۹۲/۷۶	۱۰۰
ژنوتیپ				ژنوتیپ			
۱	۰/۲۳	-۰/۴۴۶	-۰/۲۸۷	۲۷	-۰/۱۷	۰/۶۳۵	۰/۱۵۲
۲	-۰/۱۲۱	-۰/۲۲	-۰/۲۴۵	۲۸	۰/۶۰۹	۱/۶۸۳	-۰/۰۲
۳	۰/۲۳۸	-۰/۰۹۶	-۰/۳۹	۲۹	-۰/۱۶۹	۱/۲۳۵	۰/۱۰۸
۴	۰/۸۳۸	-۰/۲۱۸	-۰/۰۳	۳۰	۱/۲۵۶	۰/۷۵۱	۰/۲۲۷
۵	۰/۵۴۳	۰/۰۳۳	-۰/۲۸۶	۳۱	۰/۲۱۵	-۰/۰۴۱	۰/۰۸۳
۶	-۰/۱۹۲	۰/۰۵۵	-۰/۵۷۵	۳۲	۰/۰۱۵	۰/۱۳	۰/۴۵۸
۷	۰/۲۶۱	۰/۳۲۵	-۰/۳۴۶	۳۳	-۰/۱۰۴	-۰/۰۲۳	۰/۰۵
۸	-۰/۰۳۵	-۰/۰۶۸	-۰/۰۱۱	۳۴	-۰/۰۴۱	-۰/۳۷۹	۰/۳۰۱
۹	۰/۶۱۴	-۰/۰۰۲	-۰/۱۹۵	۳۵	-۰/۱۸۸	۰/۶۶	۰/۱۵۱
۱۰	۰/۲۲۳	-۰/۲۶۴	-۰/۱۴۴	۳۶	۰/۲۷۵	۰/۳۱۶	۰/۱۹۶
۱۱	۰/۲۴۸	-۰/۲۵۲	۰/۶۵	۳۷	۰/۲۴۲	-۰/۰۹۵	۰/۴۵۹
۱۲	۰/۰۲۵	۰/۷۴۵	-۰/۱۶۱	۳۸	۱/۲۳۴	۰/۳۹۳	-۰/۰۱۸
۱۳	-۰/۱۶۸	۰/۴۱۷	۰/۰۱۵	۳۹	۱/۰۱۱	-۰/۰۷۶	۰/۰۴۱
۱۴	۰/۱۰۲	۰/۲۲۵۳	۰/۳۳۷	۴۰	۱/۰۹۵	-۰/۰۱۴	-۰/۱۸۶
۱۵	۰/۰۵۲	۱/۰۰۱	۰/۰۶۳	۴۱	۰/۴۵۲	-۰/۱۸	۰/۳۸۷
۱۶	۰/۳۳۴	۰/۰۸۹	۰/۰۵۵	۴۲	-۰/۲۶۷	۰/۲۸۷	-۰/۳۷۱
۱۷	۰/۳۶۳	-۰/۰۸۵	۰/۱۶	۴۳	-۰/۱۲۴	-۰/۰۹۴	-۰/۲۹۶
۱۸	۰/۱۰۴	۰/۴۶۲	-۰/۳۴۹	۴۴	-۰/۲۴۸	-۰/۰۰۵	-۰/۰۲۵
۱۹	۰/۳۳۳	۰/۱۶۷	-۰/۳۲۴	۴۵	-۰/۱۰۱	۰/۱۳۱	۰/۱۵۱
۲۰	۰/۶۰۶	۰/۱۸۷	۰/۰۳۷	۴۶	-۰/۰۴۴	-۰/۲۰۷	-۰/۲۵
۲۱	-۰/۰۹۴	۰/۲۹۹	۰/۳۰۲	۴۷	۰/۵۴	۰/۲۴۷	۰/۲۰۴
۲۲	-۰/۵۳۵	۰/۵۴۶	-۰/۲۶۹	۴۸	-۰/۲۳۶	-۰/۶۲	۰/۰۲۷
۲۳	-۰/۲۴۷	۰/۲۲۳	-۰/۰۰۶	۴۹	۱/۰۵۸	-۰/۱۶	-۰/۰۵۲
۲۴	-۰/۱۹۷	-۰/۳۰۹	-۰/۰۴۶	۵۰	۰/۱۹۲	-۰/۱۷۷	۰/۱۹
۲۵	-۰/۰۳۲	۰/۰۵۶	۰/۱۰۹	۵۱	-۰/۳۰۴	-۰/۴۷۲	۰/۰۷
۲۶	-۰/۹۹	۰/۸۱۲	۰/۱۷۸	۵۲	-۰/۴۶۵	۰/۲۳۴	۰/۴۱۷

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

ادامه جدول ۴- مقادیر ریشه مشخصه و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثرات متقابل در مدل AMM2 برای ژنوتیپ‌ها

Table 4. Eigen values and principal component values of GE for genotypes in AMMI2 model

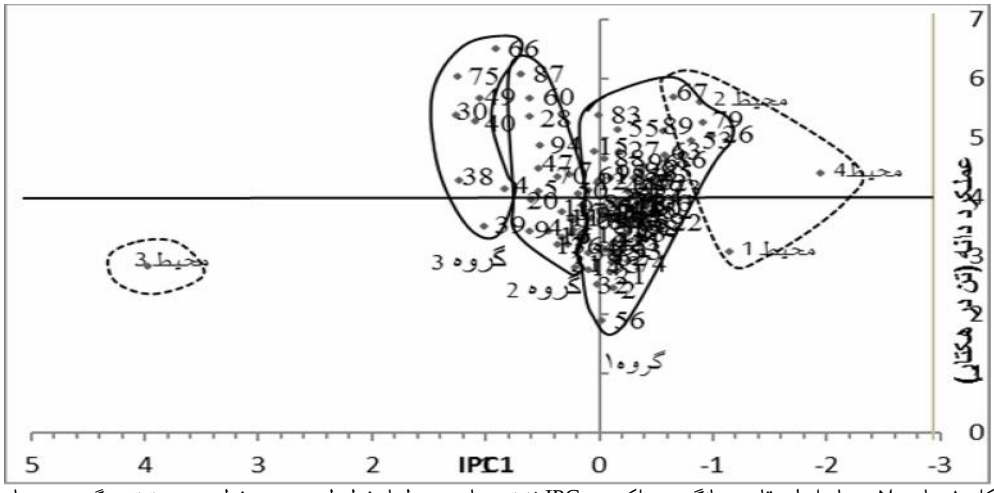
مولفه‌های اصلی آثار متقابل	IPC1	IPC2	IPC3	مولفه‌های اصلی آثار متقابل	IPC1	IPC2	IPC3
مقدار ریشه مشخصه	۹۴۴/۱	۶۱۷/۱	۱۲۱/۸	مقدار ریشه مشخصه	۹۴۴/۱	۶۱۷/۱	۱۲۱/۸
درصد تجمعی واریانس مولفه‌ها	۵۶/۱	۹۲/۷۶	۱۰۰	درصد تجمعی واریانس مولفه‌ها	۵۶/۱	۹۲/۷۶	۱۰۰
ژنوتیپ				ژنوتیپ			
۵۳	-۰/۸۰۶	۱/۰۰۴	-۰/۶۱۲	۷۹	-۰/۹۰۹	۰/۶۶	-۰/۲۹۵
۵۴	-۰/۴۲۶	-۰/۵۴۷	۰/۱۸۳	۸۰	-۰/۳۶۷	-۰/۳۳۸	۰/۱۵۴
۵۵	-۰/۱۶۱	۰/۰۰۱	۰/۵۲۵	۸۱	۰/۱۰۲	-۰/۵۸۴	۰/۱۷۳
۵۶	-۰/۰۲۲	۰/۲۱۹	۰/۴۲۸	۸۲	-۰/۲۱۳	-۰/۳۷۶	-۰/۱۰۸
۵۷	-۰/۳۳۷	-۰/۳۸۹	-۰/۱۴۳	۸۳	۰/۰۰۲	۰/۲۷۳	۰/۰۵۶
۵۸	۰/۱۰۲	۰/۱۰۶	۰/۲۲۶	۸۴	-۰/۰۰۷	-۰/۷۷۳	۰/۲۴۳
۵۹	-۰/۳۹۹	-۰/۴۸۵	۰/۲۹۹	۸۵	-۰/۳۰۲	-۰/۳۵۹	-۰/۲۱۴
۶۰	۰/۶۰۸	-۰/۲۷۹	-۰/۶۱۱	۸۶	-۰/۵۹	-۰/۱۷۷	-۰/۸۹۳
۶۱	۰/۰۱	-۰/۷۷۳	-۰/۴۱۴	۸۷	۰/۶۹۲	۰/۱۹	-۰/۳۵۶
۶۲	-۰/۱۵۱	-۰/۴۸۴	-۰/۱۲۹	۸۸	-۰/۰۴۲	۰/۶۴	۰/۰۵۷
۶۳	-۰/۵۸	-۰/۳۵۱	-۰/۰۱۷	۸۹	-۰/۵۶۱	۰/۷۵۲	۰/۲۶۲
۶۴	-۰/۱۵۲	-۰/۵۵۳	-۰/۱۳۷	۹۰	-۰/۴۰۳	۰/۱۸	۰/۱۵۳
۶۵	-۰/۴۹۷	-۰/۴۲۸	-۰/۳۴	۹۱	۰/۰۶۶	-۰/۱۱	۰/۱۱۶
۶۶	۰/۹۱۶	-۰/۳۷۴	-۰/۲۷۳	۹۲	-۰/۱۱۹	-۰/۲۲۷	-۰/۱۸۱
۶۷	-۰/۶۴۸	۰/۲۱۷	۰/۰۴۵	۹۳	-۰/۱۹	-۰/۲۶۱	۰/۰۴۷
۶۸	-۰/۲۷۳	۰/۵۰۹	۰/۰۴۸	۹۴	۰/۵۲۷	-۰/۲۶۹	۰/۰۹۹
۶۹	-۰/۴۱۶	-۰/۴۵	۰/۳۹۵	۹۵	-۰/۰۹۷	-۰/۰۸۷	۰/۰۱۶
۷۰	۰/۳۶۴	-۰/۴۲۱	۰/۰۷۲	۹۶	-۰/۳۹۴	-۰/۲۵۵	۰/۰۲۷
۷۱	-۰/۲۰۲	-۰/۶۱۴	۰/۶۳۲	۹۷	-۰/۲۱۱	-۰/۳۷۹	-۰/۶۹۶
۷۲	-۰/۵۰۱	-۰/۱۳۱	۰/۱۴	۹۸	-۰/۳۵۸	-۰/۲۶۶	۰/۱۶۷
۷۳	-۰/۵۴۹	-۰/۲۲۵	۰/۲۳۶	۹۹	-۰/۳۵۴	۰/۰۱۹	-۰/۰۷۶
۷۴	-۰/۲۴۶	۰/۱۶۹	-۰/۰۰۵	۱۰۰	-۰/۳۷۵	۰/۱۳۲	۰/۱۰۳
۷۵	۱/۲۵۲	-۰/۱۸۷	۰/۰۲۹				
۷۶	-۰/۲۸۲	-۰/۱۹۱	۰/۰۶۹				
۷۷	-۰/۳۸۴	-۰/۶۸	-۰/۳۵۲				
۷۸	-۰/۳۵۶	-۰/۶۴۴	۰/۱۵۴				

جدول ۵- مقادیر ریشه مشخصه و مقادیر مؤلفه های اصلی اثرات متقابل در مدل AMM2 برای محیط‌ها

Table 5. Eigen values and principal component values of GE in AMMI2 model for environments

مولفه های اصلی اثرات متقابل	IPC1	IPC2	IPC3
مقدار ریشه مشخصه	۹۴۴/۰۵۷	۶۱۷/۰۶۴	۱۲۱/۸۳۶
درصد تجمعی واریانس مولفه ها	۵۶/۰۹۵	۹۲/۷۶۱	۱۰۰
محیط			
E1	-۱/۱۴۸	-۱/۵۹۵	۰/۰۶۱
E2	-۰/۸۸۴	-۲/۱۶۶	-۱/۸۶۸
E3	۳/۹۷۹	۰/۶۰۳	۰/۰۵۷
E4	-۱/۹۴۷	۳/۱۵۷	-۰/۲۵۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

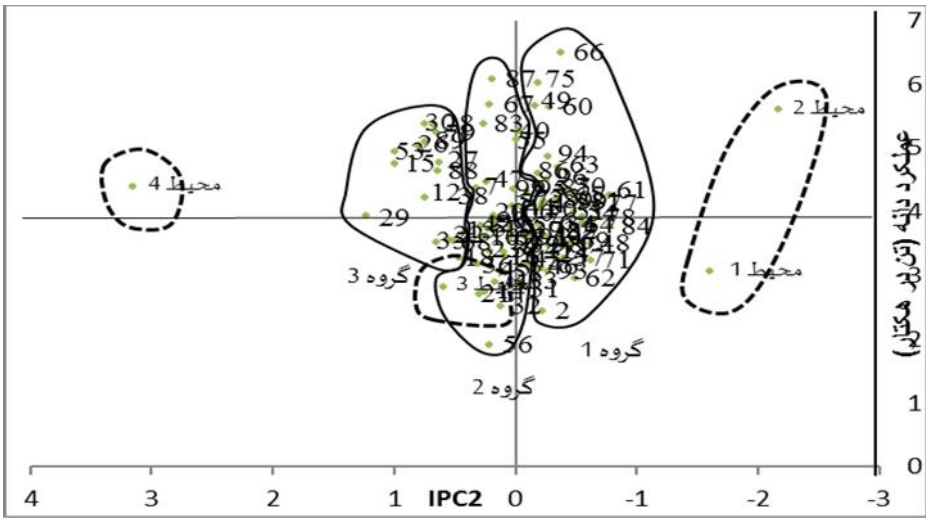


شکل ۱- بای پلات حاصل از مقادیر میانگین عملکرد و IPC_1 ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها. خطوط پیوسته و خط چین به ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیه خوشه ای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها برمبنای مقادیر IPC_1 را نشان می‌دهد. خطوط افقی و عمودی ممتد به ترتیب از نقاط میانگین عملکرد و $IPC_1=0$ می‌گذرند.

Fig 1. Biplot of mean yield and IPC1 for genotypes and environments. Continuous lines and dotted lines indicating genotypes and environments cluster, respectively. Horizontal and vertical lines pass through mean yield and IPC1=0, respectively

نتایج تجزیه خوشه‌ای بر اساس مقادیر دومین مولفه اصلی اثر متقابل (IPC2) و میانگین عملکرد، ژنوتیپ‌ها را در سه گروه تفکیک کرد (شکل ۲). گروه اول شامل لاین‌های شماره ۶۱، ۸۴، ۷۷، ۷۸، ۴۸، ۷۱، ۸۱، ۶۴، ۵۴، ۵۹، ۶۲، ۵۱، ۶۹، ۱، ۶۵، ۷۰، ۵۷، ۳۴، ۹۷، ۸۲، ۶۶، ۸۵، ۶۳، ۸۰، ۲۴، ۶۰، ۹۴، ۹۸، ۹۳، ۹۶، ۱۱، ۹۲، ۷۳، ۲، ۴، ۴۶، ۷۶، ۷۵، ۴۱، ۸۶، ۵۰ و ۴۹ شد که مقادیر IPC2 منفی را داشتند و گروه دوم، لاین‌های شماره ۷۲، ۹۱، ۳۷، ۴۳، ۹۵، ۱۷، ۳۹، ۸، ۳۱، ۳۳، ۴۰، ۴۴، ۹، ۵۵، ۹۹، ۵، ۶، ۲۵، ۱۶، ۳، ۵۸، ۳۲، ۴۵، ۱۰۰، ۱۹، ۷۴، ۹۰، ۲۰، ۸۷، ۶۷، ۵۶، ۲۳، ۵۲، ۴۷، ۱۴، ۱۰، ۸۳، ۴۲، ۲۱، ۳۶ و ۷ را در بر گرفت که دارای IPC2 نزدیک به صفر بودند. گروه سوم لاین‌هایشماره۱۲،۱۳، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۵، ۳۸، ۵۳، ۶۸، ۵۳، ۷۹، ۸۸ و ۸۹ را شامل شد که مقادیر IPC2 منفی را دارا بودند. بر اساس این نتایج لاین‌های شماره ۵، ۴۰، ۴۴، ۵۵، ۹۵ و ۹۹ با دارا بودن IPC2 نزدیک به صفر و عملکرد بالاتر از میانگین به عنوان ژنوتیپ‌های با پایداری بالا تشخیص داده شدند. براساس IPC2 لاین‌های شماره ۱۴، ۲۱، ۳۲، ۳۶، ۴۵، ۵۸ و ۷۴ دارای سازگاری خصوصی به محیط سوم بودند (شکل ۲). مدل امی ابزار مفیدی در تشخیص اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط معرفی شده که علاوه بر تعیین ژنوتیپ‌های با بیشترین میزان پایداری، بیان‌گر سازگاری خصوصی ارقام نیز می‌باشد (۳). در بررسی دمیتریجویک و همکاران (۸) (سازگاری عملکرد در گندم) اثر رقم، سال و اثر متقابل رقم با سال معنی‌دار گزارش شد و ژنوتیپ‌های پایدار را با استفاده از روش امی معرفی کرده و عنوان کردند بر اساس تنوع فنوتیپی، ژنوتیپ‌ها می‌توانند به‌عنوان والدین در برنامه‌های اصلاحی گندم مورد استفاده قرار گیرند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

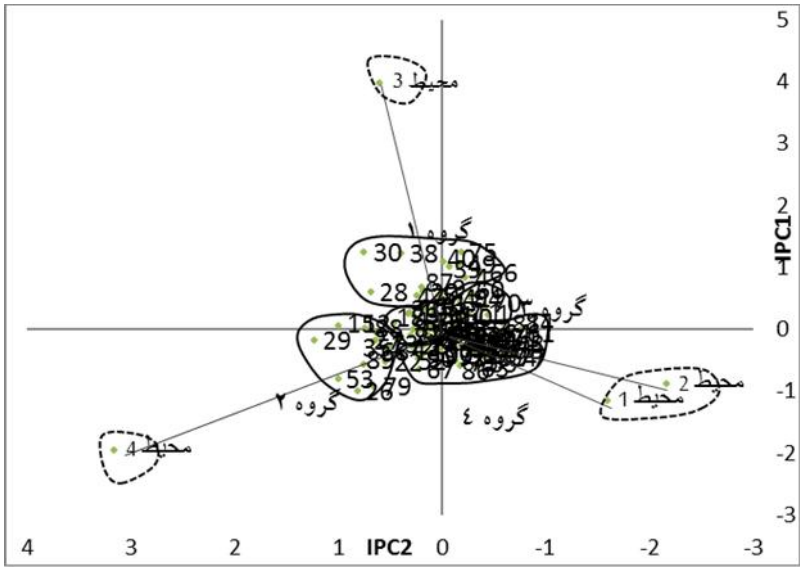


شکل ۲- بای پلات حاصل از مقادیر میانگین عملکرد و IPC_2 ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها. خطوط پیوسته و خط چین به ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها برمبنای مقادیرIPC_2 را نشان می‌دهد. خطوط افقی و عمودی ممتد به ترتیب از نقاط میانگین عملکرد و $IPC_2=0$ می‌گذرند.

Figure 2. Biplot of mean yield and IPC2 for genotypes and environments. Continuous lines and dotted lines indicating genotypes and environments cluster, respectively. Horizontal and vertical lines pass through mean yield and IPC2=0, respectively

به‌منظور دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر اساس اطلاعات بیان شده توسط مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل، تجزیه خوشه‌ای بر روی مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل ژنوتیپ‌ها و نیز مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل محیط‌ها به طور همزمان انجام شد. شکل ۳ بای‌پلات مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها را به‌طور توام نشان می‌دهد. این بای پلات جمعا ۹۲/۷۶ درصد اطلاعات مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کند. گروه ۱ که در آن ژنوتیپ‌هایی با IPC1 مثبت و بزرگ و IPC2 مثبت و منفی بزرگ قرار گرفتند، شامل لاین‌های شماره ۴، ۵، ۹، ۲۰، ۲۸، ۳۰، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۹، ۴۷، ۶۰، ۶۶، ۷۵ و ۸۷ بود و ناپایدار تلقی می‌شوند. گروه ۲ شامل ژنوتیپ‌هایی با IPC1 منفی و مثبت و IPC2 بزرگ و مثبت بود که شامل لاین‌های شماره ۱۲، ۱۳، ۲۲،۲۶، ۲۷، ۲۹، ۳۵، ۶۸، ۷۹، ۸۸ و ۸۹ با واکنش ناپایدار بود. در گروه ۳ ژنوتیپ‌هایی با IPC1 مثبت و IPC2 با علامت مثبت و منفی با واکنش پایدار و پایداری متوسط بودند (شامل لاین‌های شماره ۱، ۳،۷، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۵، ۳۱، ۳۲، ۳۶، ۳۷، ۴۱، ۴۵، ۵۰، ۵۶، ۵۸، ۶۰، ۷۰، ۸۳، ۹۱ و ۹۴). گروه ۴ در برگیرنده ژنوتیپ‌هایی دارای IPC1 و IPC2 با علامت مثبت و منفی و با واکنش پایدار و پایداری متوسط بودند (شکل ۳).

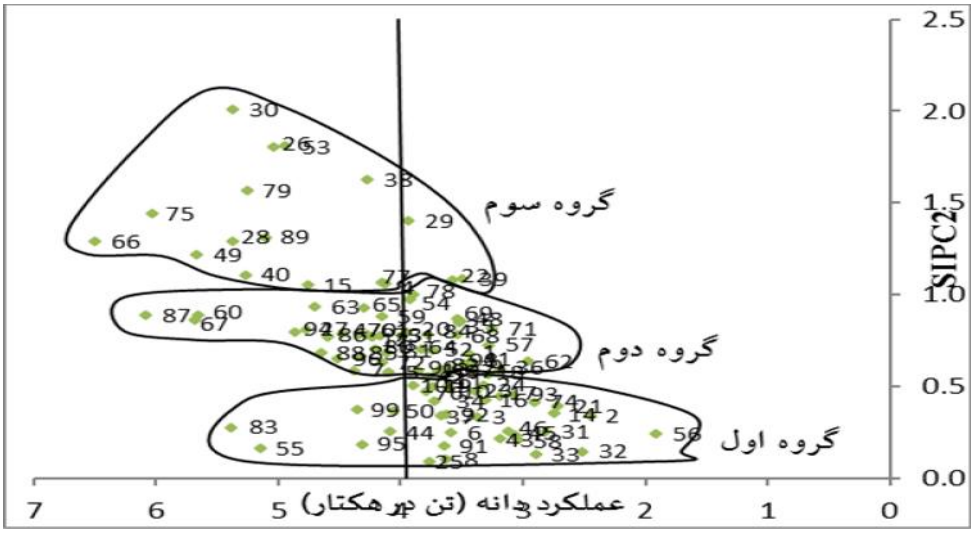
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]



شکل ۳- بای پلات حاصل از مقادیرIPC1 و IPC2 ژنوتیپ‌ها و محیط ها. خطوط پیوسته و خط چین به ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر مبنای دو مؤلفه اصلی اول را نشان می‌دهد. خطوط افقی و عمودی ممتد به ترتیب از نقاط IPC1 و IPC2 برابر با صفر می‌گذرد.

Figure 3. Biplot of IPC1 and IPC2 for genotypes and environments Continuous lines and dotted lines indicating genotypes and environments cluster based on two first component. Horizontal and vertical lines pass through mean yield and IPC1=0 and IPC2=0, respectively

تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای آماره پایداری SIPC2 و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌ها را به ۳ گروه تقسیم کرد. گروه اول با دارا بودن کمترین مقدار SIPC2 پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم SIPC2 حدواسط داشتند وواجد سازگاری متوسط بودند. ژنوتیپ‌های گروه سوم با بالاترین مقادیر SIPC2 ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند. لاین‌های شماره ۴۴، ۵۰، ۵۵، ۸۳، ۹۵ و ۹۹ با SIPC2 کم و عملکرد بالاتر از میانگین به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند و لاین‌های شماره ۲۵، ۳۷، ۷۶ و ۱۰۰ واجد سازگاری عمومی بودند (شکل ۴ و جدول ۶).



شکل ۴- پراکنش ژنوتیپ ها براساس میانگین عملکرد و پارامتر پایداری SIPC2 خطوط به هم پیوسته گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر مبنای SIPC2 را نشان می‌دهد.

Figure 4. Genotypes scatter based on mean yield and SIPC2. Interconnected lines indicating cluster analysis of genotypes based on SIPC2

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

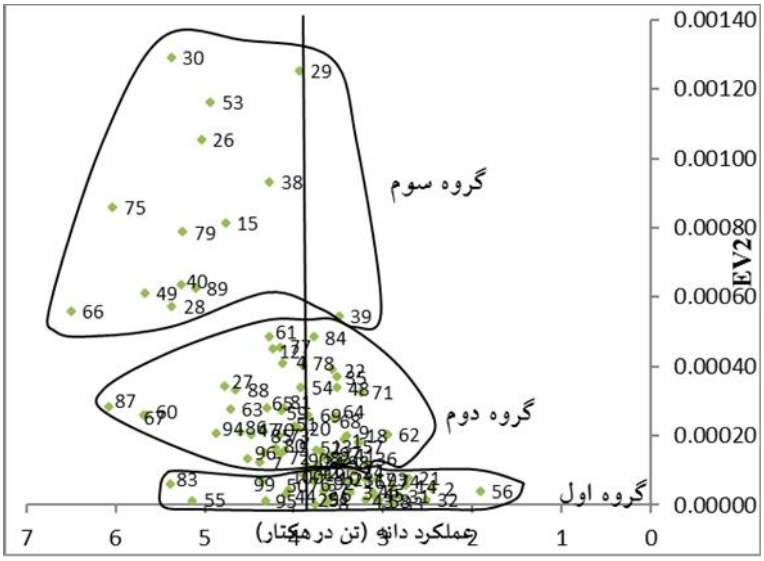
جدول ۶- پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها در مدل AMMI2

Table 6. Stable parameters for genotypes in AMMI2 model

ژنوتیپ	$SIPC_2$	EV_2	ژنوتیپ	$SIPC_2$	EV_2	ژنوتیپ	$SIPC_2$	EV_2	ژنوتیپ	$SIPC_2$	EV_2
۱	۰/۶۷۵	۰/۰۰۰۱۹	۲۷	۰/۸۰۶	۰/۰۰۰۳۴	۵۳	۱/۸۱۰	۰/۰۰۱۱۶	۷۹	۱/۵۶۹	۰/۰۰۰۷۹
۲	۰/۳۴۰	۰/۰۰۰۰۵	۲۸	۱/۲۹۲	۰/۰۰۰۵۷	۵۴	۰/۹۷۳	۰/۰۰۰۳۴	۸۰	۰/۷۰۵	۰/۰۰۰۱۶
۳	۰/۳۳۵	۰/۰۰۰۰۴	۲۹	۱/۴۰۴	۰/۰۰۱۲۵	۵۵	۰/۱۶۲	۰/۰۰۰۰۱	۸۱	۰/۶۸۶	۰/۰۰۰۲۸
۴	۱/۰۵۶	۰/۰۰۰۴۱	۳۰	۲/۰۰۷	۰/۰۰۱۲۹	۵۶	۰/۲۴۱	۰/۰۰۰۰۴	۸۲	۰/۵۸۹	۰/۰۰۰۱۴
۵	۰/۵۷۶	۰/۰۰۰۱۶	۳۱	۰/۲۵۵	۰/۰۰۰۰۳	۵۷	۰/۷۲۶	۰/۰۰۰۱۸	۸۳	۰/۲۷۵	۰/۰۰۰۰۶
۶	۰/۲۴۷	۰/۰۰۰۰۲	۳۲	۰/۱۴۵	۰/۰۰۰۰۱	۵۸	۰/۲۰۸	۰/۰۰۰۰۱	۸۴	۰/۷۸۰	۰/۰۰۰۴۸
۷	۰/۵۸۷	۰/۰۰۰۱۲	۳۳	۰/۱۲۷	۰/۰۰۰۰۱	۵۹	۰/۸۸۳	۰/۰۰۰۲۷	۸۵	۰/۶۶۱	۰/۰۰۰۱۵
۸	۰/۱۰۳	۰	۳۴	۰/۴۲۰	۰/۰۰۰۱۲	۶۰	۰/۸۸۸	۰/۰۰۰۲۶	۸۶	۰/۷۶۷	۰/۰۰۰۲۱
۹	۰/۶۱۷	۰/۰۰۰۲۰	۳۵	۰/۸۴۸	۰/۰۰۰۳۷	۶۱	۰/۷۸۳	۰/۰۰۰۴۸	۸۷	۰/۸۸۹	۰/۰۰۰۲۹
۱۰	۰/۴۸۷	۰/۰۰۰۰۸	۳۶	۰/۵۹۱	۰/۰۰۰۱۲	۶۲	۰/۶۳۵	۰/۰۰۰۲۰	۸۸	۰/۶۸۲	۰/۰۰۰۳۳
۱۱	۰/۴۹۹	۰/۰۰۰۰۸	۳۷	۰/۳۳۷	۰/۰۰۰۰۴	۶۳	۰/۹۳۱	۰/۰۰۰۲۸	۸۹	۱/۳۱۳	۰/۰۰۰۶۳
۱۲	۰/۷۷۰	۰/۰۰۰۴۵	۳۸	۱/۶۲۷	۰/۰۰۰۹۳	۶۴	۰/۷۰۵	۰/۰۰۰۲۶	۹۰	۰/۵۸۳	۰/۰۰۰۱۱
۱۳	۰/۵۸۶	۰/۰۰۰۱۶	۳۹	۱/۰۸۶	۰/۰۰۰۵۵	۶۵	۰/۹۲۵	۰/۰۰۰۲۸	۹۱	۰/۱۷۵	۰/۰۰۰۰۱
۱۴	۰/۳۵۵	۰/۰۰۰۰۶	۴۰	۱/۱۰۹	۰/۰۰۰۶۳	۶۶	۱/۲۹۰	۰/۰۰۰۵۶	۹۲	۰/۳۴۶	۰/۰۰۰۰۵
۱۵	۱/۰۵۳	۰/۰۰۰۸۱	۴۱	۰/۶۳۲	۰/۰۰۰۱۳	۶۷	۰/۸۶۵	۰/۰۰۰۲۶	۹۳	۰/۴۵۱	۰/۰۰۰۰۷
۱۶	۰/۴۲۴	۰/۰۰۰۰۷	۴۲	۰/۵۵۴	۰/۰۰۰۱۰	۶۸	۰/۷۸۲	۰/۰۰۰۲۵	۹۴	۰/۷۹۶	۰/۰۰۰۲۱
۱۷	۰/۴۴۹	۰/۰۰۰۰۸	۴۳	۰/۲۱۷	۰/۰۰۰۰۲	۶۹	۰/۸۶۶	۰/۰۰۰۲۶	۹۵	۰/۱۸۴	۰/۰۰۰۰۱
۱۸	۰/۵۶۶	۰/۰۰۰۱۸	۴۴	۰/۲۵۲	۰/۰۰۰۰۳	۷۰	۰/۷۸۵	۰/۰۰۰۲۱	۹۶	۰/۶۴۹	۰/۰۰۰۱۳
۱۹	۰/۵۰۰	۰/۰۰۰۰۸	۴۵	۰/۲۳۲	۰/۰۰۰۰۲	۷۱	۰/۸۱۶	۰/۰۰۰۳۳	۹۷	۰/۵۹۰	۰/۰۰۰۱۴
۲۰	۰/۷۹۳	۰/۰۰۰۲۲	۴۶	۰/۲۵۱	۰/۰۰۰۰۴	۷۲	۰/۶۳۲	۰/۰۰۰۱۵	۹۸	۰/۶۲۴	۰/۰۰۰۱۳
۲۱	۰/۳۹۳	۰/۰۰۰۰۸	۴۷	۰/۷۸۷	۰/۰۰۰۲۰	۷۳	۰/۷۷۳	۰/۰۰۰۲۰	۹۹	۰/۳۷۳	۰/۰۰۰۰۷
۲۲	۰/۰۸۱	۰/۰۰۰۳۹	۴۸	۰/۸۵۶	۰/۰۰۰۳۴	۷۴	۰/۴۱۶	۰/۰۰۰۰۶	۱۰۰	۰/۵۰۷	۰/۰۰۰۰۹
۲۳	۰/۴۷۰	۰/۰۰۰۰۷	۴۹	۱/۲۱۸	۰/۰۰۰۶۱	۷۵	۱/۴۳۹	۰/۰۰۰۸۶			
۲۴	۰/۵۰۷	۰/۰۰۰۱۰	۵۰	۰/۳۶۸	۰/۰۰۰۰۴	۷۶	۰/۴۷۳	۰/۰۰۰۰۷			
۲۵	۰/۰۸۸	۰	۵۱	۰/۷۷۶	۰/۰۰۰۲۳	۷۷	۱/۰۶۵	۰/۰۰۰۴۵			
۲۶	۱/۸۰۳	۰/۰۰۱۰۵	۵۲	۰/۶۹۹	۰/۰۰۰۱۶	۷۸	۱	۰/۰۰۰۴۰			

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها براساس آماره پایداری EV2 ژنوتیپ‌ها را به ۳ دسته متفاوت از لحاظ پایداری تقسیم‌بندی کرد. گروه اول با کمترین مقدار EV2 پایدارترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند. گروه دوم با مقدار EV2 حدواسط، دارای پایداری متوسط بودند و گروه سوم با بالاترین میزان EV2 ناپایدارترین گروه در نظر گرفته شد (جدول ۶). تجزیه واکنش ژنوتیپی بر اساس EV2 با ارائه گروه‌بندی تقریبا مشابهی با SIPC2 به نوعی بیانگر همبستگی بالای این دو پارامتر می‌باشد. بر اساس این دیاگرام نیز لاین‌های شماره ۴۴، ۵۰، ۵۵، ۸۳، ۹۵ و ۹۹ ژنوتیپ‌های با پایداری بیشتر شناسایی شدند (شکل ۵). تنها تفاوت در گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس EV2 نسبت به SIPC2 در این بود که ژنوتیپ ۴۲ در طیف ژنوتیپ‌های پایدار قرار گرفت، در حالی که بر مبنای SIPC2 این ژنوتیپ در دسته ژنوتیپ‌های با پایداری متوسط جای داشت و ژنوتیپ ۳۴ بر اساس EV2 در طیف ژنوتیپ‌های با پایداری متوسط قرار گرفت در حالی که براساس SIPC2 جزء ژنوتیپ‌های پایدار بود. لاین‌های شماره ۴، ۲۲ و ۷۷ براساس EV2 در طیف ژنوتیپ‌های با پایداری متوسط قرار گرفتند، در حالی که برمبنای SIPC2 جزء ژنوتیپ‌های ناپایدار جای گرفتند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]



شکل ۵- پراکنش ژنوتیپ‌ها بر مبنای میانگین عملکرد و پارامتر پایداری EV_2. خطوط به هم پیوسته نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها براساس پارامتر EV_2 را نشان می‌دهد.

Figure 5. Genotypes scatter based on mean yield and EV2. Continuous indicating genotypes cluster based EV2

تجزیه پایداری محیط‌ها

به‌منظور تجزیه بهتر اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط از پارامترهای پایداری برای محیط‌ها استفاده گردید (۱۶). مقادیراین پارامترها در جدول ۵ آمده است. تجزیه خوشه‌ای بر روی مقادیر اولین مؤلفه اصلی محیط‌ها ۲ گروه عمده را مشخص نمود. در گروه اول محیط ۳ قرار گرفت. در گروه دوم محیط‌های اول، دوم و چهارم قرار گرفتند که IPC1 منفی داشتند (شکل ۱ و جدول ۵). همچنین تجزیه خوشه‌ای براساس دومین مؤلفه اصلی، محیط‌ها را به ۳ گروه متمایز کرد. در گروه اول محیط‌های اول و دوم قرار گرفتند که مقدار مولفه اصلی دوم منفی و بالایی داشتند. در گروه دوم محیط سوم قرار گرفت که IPC2 مثبت و پایینی داشت و در گروه سوم محیط چهارم قرار گرفت که IPC2 مثبت و بالایی داشت (شکل ۲ و جدول ۵). تجزیه خوشه‌ای بر مبنای اولین و دومین مؤلفه‌های اصلی ۳ گروه محیطی را تفکیک کرد. بر این اساس محیط ۳ با IPC مثبت و بزرگ در یک گروه و محیط ۴ دارای IPC با علامت مختلف و بزرگ در گروه دوم و محیط‌های ۱ و ۲ با IPC منفی در گروه سوم قرار گرفتند (شکل ۳ و جدول ۵).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

منابع

1. Aghaee-Sarbarzeh, M., M. Dastfal, H. farzadi, B. Andarzian, A.Sh. Pourshahbazi, M. Bahari and H. Rostami. 2012. Evaluation of durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. Seed and Plant Improvement Journal, 28-1: 315-325 (In Persian).
2. Akcura, M., Y. Kaya, S. Taner and R. Ayranci, 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. Plant Soil Environment, 52: 254-261.
3. Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. M.Sc. dissertation, University of Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.
4. Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. Euphytica, 94: 53-62.
5. Ansari, Maleki, Y., R. Rajabi, S.M. Azimzadeh, A. Hesami, K. Solaimani and G. Abedi Asl. 2007. Study on adaptability and stability of grain yield of barley genotypes under rainfed conditions. Seed and Plant, 23: 387-402 (In Persian).
6. Basford, K.E. and M. Cooper. 1998. Genotype × environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. Australian Journal of Agricultural Research, 49: 153-174.
7. Crossa, J., H.G.J. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. CropScience, 30: 493-500.
8. Dimitrijvic, M., D. Knezevic, S. Petrovic, V. Zecevic, J. Boskovic, M. Belic, B. Pejic and B. Banjac. 2011. Stability of yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). Genetica, 43: 29-39.
9. Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Trials. AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Pub. Amsterdam, Netherlands.
10. Grausgruber, H., M. Oberforster, M. Werteker, P. Ruckenbauer and J. Vollmann. 2000. Stability of quality traits in Austriangrown winter wheats. Field Crop Research, 66: 257-267.
11. Kanouni, H., A. Taleei and M. Khalili. 2007. Stability analysis of seed yield of and one hundred-seeds weight in desi type chickpea genotypes under dryland conditions. Seed and Plant, 23: 297-310 (In Persian).
12. Karimzadeh, R., H. Dehgani and Z. Dehghanpour. 2008. Use of AMMI method for estimating genotype-environment interaction in early maturing corn hybrids. Seed and Plant Improvement Journal, 23: 537-546 (In Persian).
13. Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. Journal of Agricultural Science, 103: 123-135.
14. Mohammadi, R., M. Armion and M.M. Ahmadi. 2011. Genotype × environment interactions for grain yield of durum wheat genotypes using AMMI model. Seed and Plant Improvement Journal, 27: 183-198 (In Persian).
15. Mohammadi, R.A. Mohammad, A. Shabani and A. Daryaei. 2007. Identification of stability and adaptability in advanced durum genotypes using AMMI analysis. Asian Journal of Plant science, 6: 1261-1268.
16. Mohammadi, R., S.S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 59: 546-553.
17. Mokhtarifar, K.H., R. Abdolshahi and S.H. Pour Seyyedy. 2016. Yield Stability Analysis of Eight Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars in Kerman Province Condition. Journal of Crop Breeding, 8: 96-103.
18. Motamedi, A. and Z. Khodarahmpour. 2011. Study of Environmental Effects on Grain Yield Genotypes of Bread Wheat by Pattern of Genotype Reaction. Journal of Crop Breeding, 3: 79-91
19. Nikkhah, H.R., A. Yousefi, S.M. Mortazavian and M. Arazmjoo. 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: 1-13 (In Persian).
20. Noormohammadi, G., A. Siadat and A. Kashani. 2008. Cereal Crops, Vol 1. Shahid Chamran UniversityofAhvaz Press, 446 (In Persian).
21. Purchase, J.L., H. Hatting and C.S. Van Deventer. 2000. Genotype x environment interaction of winter wheat in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South Africa Journal of Plant and Soil, 17: 101-107.
22. Sadeghzadeh Ahari, D., H. Pashapour, S. Bahrami, R. Haghparast, M. Aghaeei, M. Azimzadeh and G. Abedi. 2005. Adaptability and stability of grain yield of durum wheat line in cold dryland areas. Seed and Plant, 21: 1-22 (In Persian).
23. Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal, 80: 388-393.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]

Estimation of Genotype by Environment Interaction and Pattern Analysis of Genotype in Varied Bread wheat Lines Under Salinity Stress Condition

Amir Hossein Azizi[1], Somayeh Sardouie-Nasab[2], Ghasem Mohammadi-Nejad[3], Babak Nakhoda[4], Mohsen Mardi[5], Seyed Mohammad Taqi Tabatabaie[6], Ashkboos Amini[7] and Eslam Majidi-Heravan[8]

1- Graduateed M.Sc. of Agronomy, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran
2- Ph.D. Student, Shahid Bahonar University of Kerman (Corresponding author: sarduoie@gmail.com)
3- Associate Professor, Shahid Bahonar University of Kerman
4, 5 and 8- Assistant Professor, Associate Professor and Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran
6- Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center
7- Asistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute
Received: December 30, 2014 Accepted: April 20, 2015

Abstract

The objectives of present study was analyzing genotype by environment (GE) interaction on the grain yields of 97 promising bread wheat lines (*Triticum aistivum* L.) along with three control varieties under salt stress and normal conditions using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. The trials were conducted at four research locations including Yazd and Mahan of Kerman (normal conditions) and Ardakan and Ekhtiarabad of Kerman (salt stress conditions). Based on results of AMMI analysis, main effect due to E and GE interaction as well as two first interaction principal components were found to be significant (P <0.99). AMMI biplots were able to distinguish specific and widely-adapted genotypes, as well as environments with high resolution. Lines 44, 50, 55, 83, 95 in compare with under studied check varieties with the lowest contribution to GE interaction and highest mean yield were introduced as the most stable genotypes, lines 26, 53, 67 and 79 were highly adapted to normal conditions of Mahan and the lines including 14, 21, 32, 36, 45, 58 and 74 were highly adapted to salt stress conditions of Kerman.

Keywords: AMMI analysis, Genotype × environment interaction, Pattern analysis

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-04]