



تجزیه الگوی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط‌های زراعی برای عملکرد دانه در گندم با استفاده از روش چند متغیره AMMI

* پروانه عسگری نیا^۱، قدرت‌اله سعیدی^۲ و عبدالمجید رضایی^۳

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، رشته اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ^۲ آستاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۳/۲۷

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی الگوی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه ۱۰ رقم گندم در ۸ محیط (ترکیب دو تیمار کود نیتروژن و چهار رژیم آبیاری) انجام شد. تجزیه آثار افزایشی جمع‌پذیر (تجزیه واریانس) و آثار متقابل ضرب‌پذیر (تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) نشان داد که آثار ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل بین آنها بسیار معنی‌دار بود و سه مؤلفه اول ۸۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمودند. بای پلات اولین مؤلفه اصلی و میانگین عملکرد دانه برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها مشخص نمود که ارقام پیشتاز و مغان ۱ با دارا بودن عملکرد دانه بالا از پایداری بیشتری برخوردار بودند. نمودارهای تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی ترسیم شده براساس دو مؤلفه اول و معنی‌دار مدل برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و همچنین تجزیه خوشه‌ای براساس آماره‌های پایداری مدل AMMI₃ شامل SIPC₃ و EV₃ نشان داد که رقم پیشتاز دارای واکنش پایداری عمومی بود و با دارا بودن عملکرد دانه بیش از میانگین همه ژنوتیپ‌ها به‌عنوان یک واریته دارای سازگاری عمومی شناخته شد. رقم خزر رتبه دوم پایداری را به‌خود اختصاص داد که به‌علت داشتن عملکرد در حد میانگین، رقمی با سازگاری عمومی متوسط بود. ارقام الوند، سبلان، مغان ۱، فلات و داراب نیز پایداری ضعیفی داشتند. ارقام سرداری و امید با عملکرد پایین‌تر از میانگین به‌عنوان ارقام ناپایدار شناخته شدند. همچنین مشاهده شد که محیط‌های مورد ارزیابی همگی در ایجاد اثر متقابل سهم داشتند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، ژنوتیپ، محیط، گندم، روش AMMI

* - مسئول مکاتبه: parvanehaskarinia@yahoo.com

مقدمه

بروز صفات خصوصاً صفات کمی، ناشی از تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و اثر متقابل آنهاست (علی حسین و همکاران، ۲۰۰۰؛ آلارد و برادشا، ۱۹۶۴) که این اثر متقابل ناشی از عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی است (وارگاس و همکاران، ۲۰۰۱). وجود اثر متقابل موجب پیچیده شدن ارزیابی ژنوتیپ‌ها، کاهش وراثت‌پذیری صفات و بازده ناشی از انتخاب می‌شود. بنابراین بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در برنامه‌های اصلاحی کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

جهت بررسی اثر متقابل چندین روش پیشنهاد شده است که به‌طور کلی به دو گروه اصلی روش‌های پایداری تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. در بین روش‌های چندمتغیره، روش AMMI^۲ یا روش بررسی آثار اصلی جمع‌پذیر و آثار متقابل ضرب‌پذیر به‌طور گسترده‌ای در برآورد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و بعضی ژنوتیپ‌های پایدار مورد استفاده قرار گرفته است (گاچ و زوبل، ۱۹۹۷؛ یان و هانت، ۲۰۰۱؛ آکورا و همکاران، ۲۰۰۵). علت استفاده گسترده از روش امی این است که این مدل بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه می‌کند و اثرات اصلی و آثار متقابل را از یکدیگر تفکیک می‌کند (ابدون و گاچ، ۲۰۰۲). همچنین از نتایج حاصل از این روش برای پایه‌ریزی در برنامه‌های اصلاحی چون سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب استفاده می‌شود (گاچ و زوبل، ۱۹۹۷). روش امی ترکیبی از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است که می‌توان از آن برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده کرد. در روش امی ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس معمول اثرات اصلی جمع‌پذیر ژنوتیپ و محیط برآورد می‌شوند، سپس با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، اثر متقابل ضرب‌پذیر (غیر جمع‌پذیر) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (زوبل و همکاران، ۱۹۸۸).

گاچ (۱۹۹۲) و گاچ و زوبل (۱۹۹۷) اظهار داشتند که مدل امی بخش عمده‌ای از مجموع مربعات اثر متقابل را که دارای الگوی خاصی هستند، توجیه می‌نماید که این مسأله سبب افزایش دقت بررسی می‌گردد. تاراکانوواس و روزگاس (۲۰۰۶) نیز روش امی را به‌عنوان یک روش مؤثر برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معرفی کردند و بیان نمودند که نتایج بای پلات حاصل از آن می‌تواند ارقام مناسب را برای کشت در محیط‌های مختلف و یا ارقام را برای کشت در شرایط محیطی خاص مشخص سازد. آباموف و آلاریک (۱۹۹۸) نیز با استفاده از روش امی در ارقام برنج آثار اصلی محیط و

ژنوتیپ و همچنین آثار متقابل ژنوتیپ و محیط معنی داری را به دست آوردند و مدل امی را مناسب ترین مدل برای بررسی اثر متقابل و تعیین ارقام پایدار معرفی کردند. طبق نظر گاج و زوبل (۱۹۹۷)، یان و هانت (۲۰۰۱) و آکورا و همکاران (۲۰۰۵) داشتن دو مؤلفه اول معنی دار در مدل امی بهترین حالت جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است. همچنین زوبل و همکاران (۱۹۸۸) در ارزیابی اثر متقابل ارقام سویا نتیجه گرفتند که روش امی در توجیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بسیار سودمند است. محمدی نژاد و رضایی (۲۰۰۵) برای تعیین پایداری ۹ ژنوتیپ یولاف در شرایط مختلف رشد و نمو (۳ تاریخ کاشت و ۳ تراکم کاشت مختلف) از روش امی بهره گرفتند و پایدارترین ارقام مورد مطالعه را معرفی کردند. همچنین سازگاری خصوصی ارقام به شرایط مختلف محیطی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در مطالعه دیگری نیز روش های مختلف تجزیه پایداری مورد مقایسه قرار گرفتند و روش امی برتر از روش های رگرسیونی معرفی گردید (گاج و زوبل، ۱۹۹۷).

جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می توان آزمایشات را در سال ها و مکان های مختلف انجام داد و یا حتی از مدیریت های مختلف زراعی به عنوان محیط بهره جست، زیرا اثر ژنوتیپ همراه با اثر تیمارهای زراعی و یا حتی مدیریت های زراعی تغییر می کند و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را به وجود می آورد (کروسا، ۱۹۹۰). متخصصان زراعت تیمارهای مختلف را جهت مقایسه ترکیب نهاده های زراعی در دسترس نظیر نیتروژن، تراکم کاشت، کود آلی، سیستم کاشت، آبیاری و غیره را مورد بررسی قرار می دهند و به توصیه های زراعی درباره مهمترین تیمارها و تعیین پایداری ژنوتیپ ها در آنها می پردازند (وارگاس و همکاران، ۱۹۹۹). همچنین از آنجایی که متغیرهای محیطی به دو دسته عوامل قابل پیش بینی و عوامل غیرقابل پیش بینی تقسیم می شوند، می توان با اعمال مدیریت های مختلف زراعی مانند تراکم کاشت، سطوح مختلف آبیاری، سطوح مختلف کود و غیره به آثار تصادفی سال و مکان دست یافت (دوهلرت و همکاران، ۲۰۰۱).

هدف از انجام این پژوهش انجام تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی ارقام مختلف گندم براساس مدل امی بود تا بتوان بررسی بهتری از اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و همچنین میزان سازش های عمومی و خصوصی ارقام داشت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی اثر متقابل بین ارقام گندم و محیط‌های مختلف (مدیریت‌های زراعی) و نحوه تأثیر عوامل محیطی بر عملکرد دانه در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. در این پژوهش ۱۰ ژنوتیپ مختلف گندم مورد ارزیابی و آزمون پایداری قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی شامل روشن، امید، فلات، پشتاز، داراب، خزر، سبلان، الوند، سرداری و مغان ۱ بودند. ژنوتیپ‌ها در هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند.

محیط‌های زراعی با اعمال ترکیبی از چهار تیمار آبیاری (آبیاری پس از ۳±۷۰، ۳±۹۰، ۳±۱۱۰ و ۳±۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و دو تیمار کود نیتروژن (مصرف معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مراحل به ساقه رفتن، تورم غلاف برگ پرچم و گرده‌افشانی و عدم مصرف کود نیتروژن) ایجاد شدند. هر رقم در ۸ ردیف به طول ۲ متر با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. مقدار بذور مصرفی ۴۰۰ عدد در مترمربع و تاریخ کاشت اواخر آبان ۱۳۸۴ بود.

عملکرد دانه هر ژنوتیپ براساس تن در هکتار تعیین و سپس داده‌ها در انجام تجزیه پایداری به روش امی (زوبیل و همکاران، ۱۹۸۸) و براساس مدل زیر مورد استفاده قرار گرفتند.

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + e_j + \sum_i \delta_n \xi_{in} \eta_{jn} + \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

در این رابطه Y_{ijk} عملکرد رقم i در محیط j در تکرار k ، μ میانگین کل، g_i اثر اصلی رقم i ، e_j اثر اصلی محیط j و δ_n ارزش منفرد مربوط به n امین محور است که مساوی با جذر ریشه مشخصه مؤلفه n ام $(\lambda^{0.5})$ می‌باشد. ξ_{in} بردار ویژه ژنوتیپ برای مؤلفه n ام، η_{jn} بردار ویژه محیط برای مؤلفه n ام، θ_{ij} میزان نویز یا باقیمانده مدل، ε_{ijk} خطای مدل و n تعداد مؤلفه اصلی اثر متقابل است که برابر $\{n \leq \min(g-1), (e-1)\}$ می‌باشد.

همچنین دو آماره $SIPC^2$ و EV^2 برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (کروسا و همکاران، ۱۹۹۰).

$$SIPC = \sum_n |\lambda^{0.5} \delta_{in}|$$

$$EV = \sum_n \delta_{in}^2 / N$$

در این روابط $\lambda^{0.5}$ جذر ریشه مشخصه مؤلفه n ام و ξ_{in} بردار ویژه ژنوتیپ برای مؤلفه n ام می‌باشد.

1- Sums of the Absolute Value of the IPC Score

2- Eigenvector Value

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و همچنین تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و آماره‌های پایداری مدل AMMI₃ انجام شد. در نهایت ترسیم بای پلات اولین مؤلفه اصلی با میانگین و اولین و دومین مؤلفه اصلی جهت تفسیر بهتر آثار متقابل ژنوتیپ و محیط و انتخاب ارقام با سازگاری به نواحی خاص ترسیم شد. در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS, EXCEL, MATLAB و SAS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه براساس روش AMMI نشان داد که آثار اصلی جمع‌پذیر محیط و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بسیار معنی‌دار بودند (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز به سه مؤلفه اصلی معنی‌دار ($P < 0.01$) تفکیک گردید. سهم اولین مؤلفه اصلی ۳۶/۶ درصد و دومین مؤلفه ۳۰/۵ درصد بود و سه مؤلفه اول جمعاً ۸۹ درصد از اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط را تبیین نمودند.

پارامترهای اثر متقابل AMMI₃ برای ارقام و محیط‌ها و مقادیر ریشه مشخصه و بردارهای مؤلفه‌های اصلی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به ترتیب در جداول ۳، ۴، ۵ و ۶ آورده شده‌اند. از این پارامترها برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، از طریق ترسیم بای پلات و محاسبه پارامترهای پایداری کمک گرفته شد.

برای ارتباط دادن ارزش‌های ژنوتیپی و محیطی و اختصاص ارقام مختلف به محیط‌ها گروه‌بندی با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای و نمودار بای پلات صورت پذیرفت. گاج و زوبل (۱۹۹۷)، یان و هانت (۲۰۰۱) و کایا و همکاران (۲۰۰۲) نیز از همین روش برای شناسایی میزان پایداری یک ژنوتیپ در محیط‌های مختلف استفاده کردند. براساس تجزیه خوشه‌ای مقادیر اولین مؤلفه اصلی برای ارقام (شکل ۱)، چهار گروه ژنوتیپی را می‌توان مشخص نمود. رقم روشن (گروه یک) دارای IPC₁ منفی و نسبتاً بزرگ بود و عملکرد زیر متوسط داشت. گروه دوم شامل ارقام پیشناز، خزر، مغان ۱، داراب و فلات بود که همگی عملکرد بالاتر از حد متوسط داشتند و در بین آنها ارقام پیشناز، مغان ۱ و خزر دارای IPC₁ نزدیک به صفر بودند. گروه سوم شامل ارقام سرداری، امید و سبلان بود که عملکرد بسیار کمی داشتند و ارقام امید و سرداری دارای IPC₁ منفی و متوسط بودند. رقم الوند (گروه چهارم) دارای IPC₁ بسیار بزرگ و مثبت با عملکرد زیر متوسط بود.

جدول ۱- میانگین‌های اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه (تن در هکتار).

رقم										
محیط ^۱	روشن	امید	فلات	پیشناز	داراب	خزر	سیلان	الوند	سرداری	مغان ^۱
کود و ۷۰	۸/۶۱	۸/۲۳	۹/۲۰	۱۱/۳۱	۸/۸۰	۱۱/۴۶	۶/۶۸	۱۰/۲۳	۷/۵۶	۱۰/۰۰
بدون کود و ۷۰	۷/۸۸	۶/۶۹	۸/۶۱	۹/۹۳	۹/۰۲	۱۰/۰۱	۸/۴۷	۱۰/۵۲	۷/۹۰	۹/۱۴
کود و ۹۰	۷/۹۲	۷/۰۷	۹/۳۵	۸/۷۵	۹/۱۸	۸/۵۱	۸/۷۱	۸/۸۰	۶/۶۲	۱۰/۲۲
بدون کود و ۹۰	۷/۴۵	۶/۲۵	۸/۷۶	۸/۸۱	۸/۲۴	۷/۶۱	۸/۵۵	۸/۸۴	۵/۸۲	۱۰/۰۰
کود و ۱۱۰	۷/۹۳	۵/۵۱	۸/۷۸	۹/۸۸	۷/۵۱	۸/۲۳	۵/۷۵	۵/۹۴	۵/۵۳	۱۱/۲۳
بدون کود و ۱۱۰	۷/۸۷	۶/۳۰	۸/۹۴	۸/۶۷	۸/۶۸	۷/۶۰	۵/۵۳	۵/۵۹	۶/۶۴	۶/۷۵
کود و ۱۳۰	۷/۸۰	۶/۸۳	۸/۴۱	۸/۰۰	۹/۰۸	۶/۹۴	۵/۰۴	۶/۱۲	۶/۴۴	۸/۰۶
بدون کود و ۱۳۰	۶/۲۱	۶/۰۹	۶/۸۶	۸/۸۳	۷/۹۸	۷/۴۵	۶/۵۳	۷/۴۷	۷/۹۹	۷/۴۳

مقدار LSD جهت مقایسه میانگین‌های اثر متقابل برابر ۱/۶۶ می‌باشد.

^۱مصرف و عدم مصرف کود سرک و آبیاری پس از ۱۱۰، ۹۰، ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه ارقام گندم در ۸ محیط با استفاده از روش

AMMI.

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر
۶/۱۴**	۲/۱۴	۷۹	مدل
۷/۵۷**	۷/۴۲	۹	ژنوتیپ
۶/۴۷**	۵/۸۹	۷	محیط
۲/۸۰**	۰/۹۸	۶۳	ژنوتیپ × محیط
۴/۳۱**	۱/۵۱	۱۵	IPC1
۴/۱۴**	۱/۴۵	۱۳	IPC2
۳/۴۹**	۱/۲۲	۱۱	IPC3
۰/۸۱ ^{ns}	۰/۲۸۲	۲۴	نویز
	۰/۳۵	۱۴۴	خطای آزمایش

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

همچنین تجزیه خوشه‌ای مقادیر اولین مؤلفه اصلی محیط‌ها (شکل ۱)، سه گروه عمده را تشکیل داد. در گروه اول محیط‌های مصرف و عدم مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر قرار گرفتند، که دارای IPC₁ مثبت و عملکرد بالاتر از متوسط بودند. در گروه دوم محیط‌های مصرف و عدم مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف کود نیتروژن با

پروانه عسگری نیا و همکاران

آبیاری پس از ۱۳۰ میل‌متر تبخیر قرار گرفتند، که دارای IPC_1 منفی و بزرگ بودند و عملکرد زیر حد متوسط داشتند. در گروه سوم محیط عدم‌مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر قرار گرفت که دارای IPC_1 مثبت بود، ولی عملکرد بسیار پایینی داشت. به طوری که مشهود است، ارزش محیط‌ها از گروه اول به سوم کاهش می‌یابد و تیمار آبیاری با اعمال تنش رطوبتی نقش بارزتری را در مقایسه با تیمار کودی در این گروه‌بندی داشت.

جدول ۳- پارامترهای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مدل AMMI₃ برای ارقام گندم.

ژنوتیپ	ζ ₁	ζ ₂	ζ ₃
روشن	-۰/۳۵۰	-۰/۰۵۶	-۰/۰۱۱
امید	-۰/۱۶۷	۰/۲۱۹	-۰/۰۰۶
فلات	-۰/۳۲۸	-۰/۱۴۵	-۰/۱۶۷
پیشناز	-۰/۰۷۵۷	-۰/۰۳۰	۰/۴۲۹
داراب	-۰/۲۵۱	۰/۲۲۸	-۰/۳۱۹
خزر	۰/۱۴۲	۰/۰۶۶	۰/۵۷۸
سیلان	۰/۴۱۶	-۰/۱۳۹	-۰/۵۸۴
الوند	۰/۶۹۰	۰/۱۰۳	۰/۰۷۷۴
سرداری	-۰/۰۴۵	۰/۵۱۳	-۰/۰۴۹
مغان ۱	-۰/۰۳۲	-۰/۷۵۹	۰/۰۵۳

ζ₁ و ζ₂ و ζ₃ بردارهای ویژه ژنوتیپی برای سه مؤلفه اول می‌باشند.

جدول ۴- پارامترهای اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در مدل AMMI₃ برای محیط‌های مورد بررسی.

محیط	ζ ₁	ζ ₂	ζ ₃
کود و ۷۰	۰/۱۸۰	-۰/۰۸۷	-۰/۷۴۰
بدون کود و ۷۰	۰/۴۹۷	-۰/۱۷۸	-۰/۰۶۹
کود و ۹۰	۰/۱۷۰	۰/۲۲۰	۰/۳۹۵
بدون کود و ۹۰	۰/۲۹۸	۰/۳۵۰	۰/۳۸۵
کود و ۱۱۰	-۰/۳۴۳	۰/۶۶۰	-۰/۳۱۰
بدون کود و ۱۱۰	-۰/۴۹۰	-۰/۳۴۷	۰/۰۹۷
کود و ۱۳۰	-۰/۴۷۰	-۰/۱۸۴	۰/۱۷۷
بدون کود و ۱۳۰	۰/۱۵۶	-۰/۴۴۰	۰/۰۶۹

ζ₁ و ζ₂ و ζ₃ بردارهای ویژه محیطی برای سه مؤلفه اول می‌باشند.

^۱مصرف و یا عدم‌مصرف کود سرک و آبیاری پس از ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر.

جدول ۵- مقادیر ریشه مشخصه و مؤلفه‌های اصلی و سهم هر مؤلفه در مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مدل AMMI برای ارقام مختلف گندم.

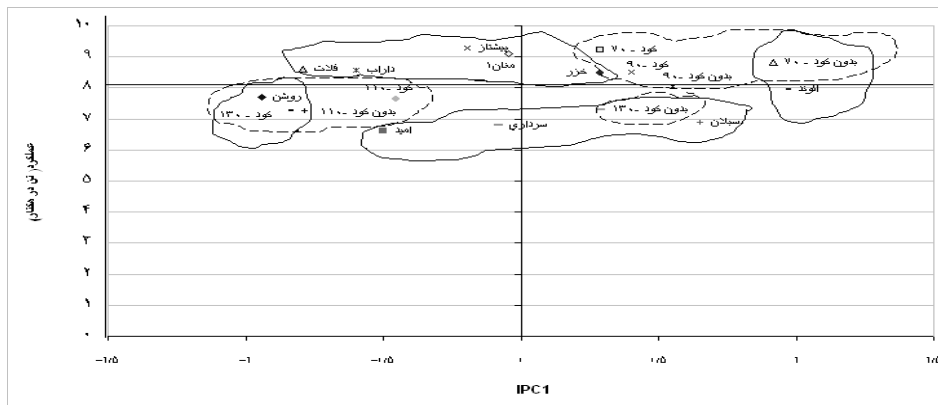
رقم	IPC ₁	IPC ₂	IPC ₃	IPC ₄	IPC ₅	IPC ₆	IPC ₇	IPC ₈
روشن	-۰/۹۴	-۰/۱۳	-۰/۰۲۲	۰/۲۴	-۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۲۰	۰/۰۰۰۰۲
امید	-۰/۴۹	۰/۵۹	-۰/۰۱۴	۰/۳۲	۰/۴۶	-۰/۲۸	-۰/۰۶۶	۰/۰۰۰۰۶
فلات	-۰/۷۹	-۰/۳۲	-۰/۳۱۰	۰/۳۳	-۰/۲۵	-۰/۰۴	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۰۱
پیش‌تاز	-۰/۱۹	-۰/۰۷	۰/۸۵۰	-۰/۳۸	-۰/۲۰	-۰/۱۴	۰/۱۴۰	۰/۰۰۰۰۷
داراب	-۰/۶۰	۰/۴۹	-۰/۵۹۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۶
خزر	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۹۰۰	۰/۱۹	-۰/۱۶	۰/۰۶	-۰/۱۴۰	۰/۰۰۰۰۴
سیلان	۰/۶۵	-۰/۲۰	-۰/۷۰۰	-۰/۰۹	-۰/۱۸	-۰/۰۵	-۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۰۳
الوند	۰/۹۶	۰/۱۳	۰/۰۸۳	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۶۷	۰/۰۰۰۰۴
سرداری	-۰/۰۸	۰/۸۶	-۰/۰۷۰	-۰/۴۹	۰/۰۳	۰/۰۵	-۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۰۵
مغان ۱	-۰/۰۴	-۰/۹۶	۰/۰۵۷	-۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۰۳	-۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۰۴
ریشه مشخصه	۲۲/۶۵	۱۸/۸۵	۱۳/۴۵۰	۴/۰۶	۱/۹۳	۰/۴۸	۰/۲۹۵	۰/۰۰۰۰۰۰۱
واریانس تجمعی مؤلفه‌ها	۰/۳۷	۰/۶۷	۰/۸۹۰	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۹۵	۰/۹۹۹	۱

جدول ۶- مقادیر مؤلفه‌های اصلی و ریشه مشخصه و سهم هر مؤلفه در مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مدل AMMI برای محیط‌های مختلف.

محیط ^۱	IPC ₁	IPC ₂	IPC ₃	IPC ₄	IPC ₅	IPC ₆	IPC ₇	IPC ₈
کود و ۷۰	۰/۲۹	-۰/۱۲	-۰/۹۱	-۰/۲۵	-۰/۰۹	۰/۰۷۶	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۰۵
بدون کود و ۷۰	۰/۹۲	-۰/۳۰	-۰/۱۰	-۰/۰۳	۰/۱۶	-۰/۱۸۶	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰۰۵
کود و ۹۰	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۷۱	-۰/۲۳	-۰/۰۷	۰/۰۰۸	-۰/۲۰۴	۰/۰۰۰۰۷
بدون کود و ۹۰	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۵۵	-۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۰۷	۰/۱۲۰	۰/۰۰۰۰۵
کود و ۱۱۰	-۰/۴۵	۰/۸۰	-۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۰۵	-۰/۰۳۵	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰۴
بدون کود و ۱۱۰	-۰/۷۸	-۰/۵۰	۰/۱۲	-۰/۱۳	۰/۳۱	۰/۰۴۵	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰۵
کود و ۱۳۰	-۰/۸۴	-۰/۳۰	۰/۲۵	-۰/۱۶	-۰/۳۲	-۰/۰۸۶	۰/۰۴۷	۰/۰۰۰۰۵
بدون کود و ۱۳۰	۰/۲۹	-۰/۷۵	۰/۰۹	۰/۵۸	-۰/۱۰	۰/۰۷۰	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۰۵
ریشه مشخصه	۲۲/۶۵	۱۸/۸۵	۱۳/۴۵	۴/۰۶	۱/۹۳	۰/۴۷۶	۰/۲۹۵	۰/۰۰۰۰۰۰۱
واریانس تجمعی مؤلفه‌ها	۰/۳۷	۰/۶۷	۰/۸۹	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۹۵	۰/۹۹۹	۱

^۱ مصرف و یا عدم مصرف کود سرک و آبیاری پس از ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر.

در شکل ۱ خط افقی میانه این نمودار میانگین کل آزمایش را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌ها و محیط‌های واقع روی این خط از نظر آثار اصلی جمع‌پذیر (میانگین عملکرد) واکنش مشابهی دارند. محور عمودی در میانه نمودار دارای $IPC_1=0$ است که ناحیه فقدان اثر متقابل را نشان می‌دهد. بنابراین ژنوتیپ‌ها و محیط‌های روی خط عمودی دارای واکنش مشابهی از نظر اثر متقابل هستند. ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که اثر متقابل بالایی را نشان می‌دهند، دارای مقادیر بزرگ (مثبت یا منفی) برای اولین مؤلفه می‌باشند، در حالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر نزدیک به صفر برای اولین مؤلفه اصلی، دارای اثر متقابل کمتری بودند. ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که علامت مشابهی برای مقادیر IPC_1 دارند، آثار متقابل مثبت را ایجاد می‌کنند، در حالی که ترکیب مقادیر IPC_1 با علامت‌های مختلف واکنش اثر متقابل منفی را به وجود می‌آورد. بر این اساس و با توجه به تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای IPC_1 و میانگین (بای پلات شکل ۱) مشاهده شد که ارقام پیشتاز، مغان ۱، خزر و داراب دارای کمترین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بودند و از بین این ارقام رقم پیشتاز با IPC_1 نزدیک به صفر و عملکرد بسیار بالاتر از میانگین کل به عنوان پایدارترین ژنوتیپ با عملکرد زیاد شناسایی شد. رقم مغان ۱ با IPC_1 کوچک‌تر و عملکرد بالاتر از خزر و رقم داراب در مرتبه دوم ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول جای گرفتند. بر این مبنای ارقام الوند و سبلان دارای اثر متقابل بزرگ و مثبت و ارقام روشن، فلات و امید دارای اثر متقابل منفی و بزرگ بودند. بر این اساس مشاهده شد که محیط‌های مورد ارزیابی تقریباً همگی سهم زیادی در ایجاد اثر متقابل داشته‌اند.



شکل ۱- بای پلات حاصل از میانگین و پارامتر پایداری IPC_1 ارقام و محیط‌ها.

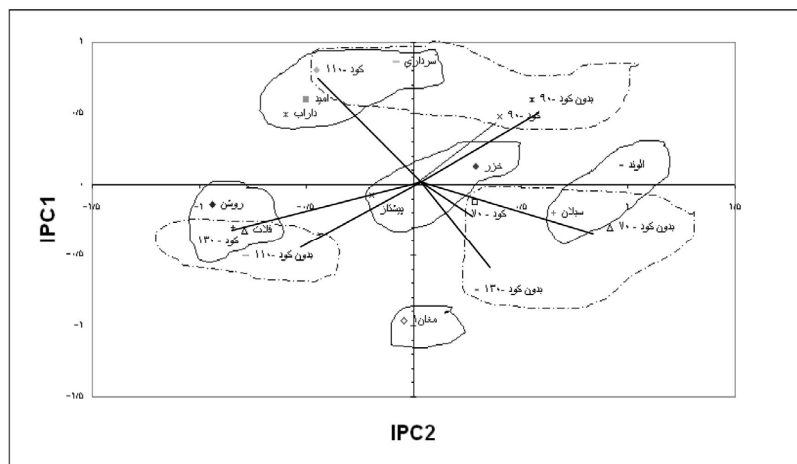
خطوط پیوسته و خط چین به ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام و محیط‌ها را براساس IPC_1 و میانگین عملکرد نشان می‌دهند. خطوط افقی و عمودی ممتد به ترتیب از نقاط میانگین عملکرد و IPC_1 برابر با صفر می‌گذرند.

شکل ۲ بای پلات مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای ارقام و محیط‌ها نشان می‌دهد. این بای پلات جمعاً ۶۷ درصد اطلاعات مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه نمود. به‌منظور دسته‌بندی ارقام و محیط‌ها براساس اطلاعات بیان شده توسط مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل، گروه‌بندی بر روی مقادیر این مؤلفه‌ها برای ارقام و نیز محیط‌ها به‌طور هم‌زمان انجام شد. گروه اول که در آن ارقام دارای IPC_1 و IPC_2 کوچک بودند، ارقام پیش‌تاز و خزر را شامل شد. هر دو رقم در اطراف محل تقاطع محورهای IPC_1 و IPC_2 قرار داشتند که رقم پیش‌تاز به محل تقاطع بسیار نزدیک بود و به‌عنوان پایدارترین رقم معرفی شد. در گروه دوم ارقام فلات و روشن با IPC_1 و IPC_2 منفی قرار گرفتند که به‌عنوان ارقام دارای پایداری ضعیف تلقی می‌شدند. در گروه سوم ارقام سرداری، امید و داراب با مقادیر IPC_1 و IPC_2 بزرگ و با علامت مختلف بودند و در نتیجه واکنش ناپایدار از خود نشان داده‌اند. در گروه چهارم ارقام الوند و سبلان قرار گرفتند که رقم سبلان دارای مقادیر IPC_1 و IPC_2 متوسط و با علامت مختلف بود و رقم الوند دارای IPC_2 کوچک و IPC_1 بزرگ مثبت بود. رقم مغان ۱ با IPC_1 نزدیک به صفر و IPC_2 منفی گروه آخر را تشکیل داد. بر مبنای مقادیر اولین و دومین مؤلفه اصلی محیط‌ها نیز به سه گروه تفکیک شدند. (شکل ۲) که تقریباً مشابه با گروه‌بندی محیطی براساس مقادیر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (شکل ۱) بود و گویای اعمال اثر متقابل بالا توسط همه محیط‌های آزمایش بود. زاویه حاده بین دو بردار محیطی مشخص‌کننده همبستگی بالای دو محیط است. زاویه قائمه دو بردار محیطی عدم وجود همبستگی و زاویه بزرگتر از ۹۰ درجه همبستگی منفی دو محیط را از لحاظ ایجاد اثر متقابل نشان می‌دهد. به‌طوری‌که محیط‌های مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر و عدم مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر دارای همبستگی منفی با محیط‌های مصرف و عدم مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر در بیان اثر متقابل می‌باشند. براساس این واکنش مشاهده گردید که رقم پیش‌تاز دارای پایداری عمومی است. رقم خزر نیز تا حدی دارای پایداری متوسط بود. همچنین ارقام سرداری، امید، داراب و الوند دارای اثر متقابل مثبت و ارقام روشن، فلات، مغان ۱ و سبلان دارای اثر متقابل منفی بودند.

تاراکانوواس و روزگاس (۲۰۰۶) نیز با استفاده از روش امی و نتایج بای پلات ژنوتیپ‌های پایدار گندم زمستانه و ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های مختلف را شناسایی و معرفی کردند. آتاموف و آلاریک (۱۹۹۸) نیز در تجزیه امی ارقام برنج آثار اصلی محیط و ژنوتیپ و آثار

متقابل ژنوتیپ و محیط معنی داری به دست آورند و مدل امی را مناسب ترین مدل برای بررسی اثر متقابل دانستند.

آماره های $SIPC_3$ و EV_3 براساس مدل $AMMI_3$ در (جدول ۷) آورده شده اند. ارقام امید، روشن و پیشتاز کمترین مقدار آماره $SIPC_3$ را به خود اختصاص دادند، که در بین آنها پیشتاز میانگین عملکرد بالایی را دارا بود و ارقام امید و روشن میانگین عملکرد بسیار پایینی داشتند و بنابراین ارقام امید و روشن دارای پایداری ضعیفی بودند و پیشتاز به عنوان پایدارترین رقم معرفی می شود. ارقام داراب، خزر، فلات و سرداری مقدار آماره $SIPC_3$ آنها در حد متوسط بود و میانگین عملکرد نیز برای ارقام داراب، خزر و فلات در حد متوسط بود. بنابراین این ارقام دارای پایداری متوسطی هستند و رقم سرداری که میانگین عملکرد پایینی داشت، به عنوان یک رقم ناپایدار شناخته شد. ارقام مغان، الوند و سیلان بالاترین مقدار آماره $SIPC_3$ را به خود اختصاص دادند و ناپایدارترین ارقام در نظر گرفته شدند. تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی براساس آماره EV_3 ، با ارائه گروه بندی تقریباً مشابهی با آماره $SIPC_3$ به نوعی بیانگر همبستگی بالای این دو پارامتر است. براساس این نمودار نیز رقم پیشتاز پایدارترین رقم بود.



شکل ۲- بای پلات حاصل از پارامترهای پایداری IPC_1 و IPC_2 ارقام و محیطها.

خطوط پیوسته و خط چین به ترتیب گروه بندی های حاصل از تجزیه خوشه ای ارقام و محیطها را براساس IPC_1 و IPC_2 نشان می دهند.

مقایسه بای پلات‌های ترسیم شده برای مدل امی نشان داد که در همه نمودارهای تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی ترسیم شده بر مبنای مؤلفه‌های اصلی، رقم پیشتاز واکنش پایداری عمومی داشت که با دارا بودن عملکرد بیش از میانگین دارای سازگاری عمومی مطلوب می‌باشد. رقم خزر رتبه دوم پایداری را به خود اختصاص داد که به علت داشتن عملکرد در حد میانگین رقمی با سازگاری عمومی متوسط می‌باشد. ارقام الوند و سبلان واکنش بین ناپایداری تا پایداری ضعیف را نشان دادند. ارقام مغان ۱، فلات و داراب نیز پایداری ضعیفی داشتند. همچنین ارقام سرداری و امید با عملکرد پایین‌تر از میانگین به عنوان ارقام ناپایدار شناخته شدند.

علاوه بر روش امی برای بررسی و تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تجزیه پایداری ارقام، روش‌های دیگری چون رگرسیون حداقل توان دوم (آیستویت و مارتنز، ۱۹۸۶) و رگرسیون فاکتوریل (دنیز، ۱۹۸۸) نیز وجود دارند که در مطالعه‌ای مشخص شد که هر سه روش در تفسیر اثر متقابل مؤثر بودند و نتایج مشابهی را ارائه دادند (وارگاس و همکاران، ۱۹۹۹).

جدول ۷- آماره‌های EV_3 و $SIPC_3$ در مدل $AMMI_3$ برای ارقام مختلف گندم.

رقم	$SIPC_3$	EV_3
روشن	۱/۹۴۸	۰/۰۴۲
امید	۱/۷۷۰	۰/۰۲۵
فلات	۲/۸۰۳	۰/۰۵۲
پیشتاز	۲/۰۶۵	۰/۰۶۴
داراب	۳/۳۵۵	۰/۰۷۲
خزر	۳/۰۸۵	۰/۱۱۹
سبلان	۴/۷۳۱	۰/۱۷۸
الوند	۴/۰۱۸	۰/۱۶۴
سرداری	۲/۶۲۷	۰/۰۹۰
مغان ۱	۳/۶۴۴	۰/۱۹۳

فهرست منابع

- Aastveit, H., and Martens, H. 1986. ANOVA interactions interpreted by partial least squares regression. *Biometrics* 42: 829-844.
- Abamuf, J., and Allurik, A. 1998. AMMI analysis of rainfed lowland rice (*Oriza sativa*) traits in Nigeria. *Plant Breed.* 117: 395-397.
- Akcura, M., Kaya, Y., and Taner, S. 2005. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the central Anatolian region. *J. Agric.* 29: 369-375.
- Ali Hussein, M., Bjornstad, A., and Astveit, A.H. 2000. SAS G×E STAB: A SAS program for computing genotype×environment stability statistics. *Agron. J.* 92:454-459.
- Allard, R.W., and Bradshaw, A.D. 1964. Implications of genotype–environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503-508.
- Annicchiarico, P. 1997. Joint regression *Vs.* AMMI analysis of genotype–environment interaction for cereals in Italy. *Euphytica* 94: 53-62.
- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocational trials. *Adv. Agron.* 44: 55-58.
- Crossa, J., Gauch, H.G., and Zobel, R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Sci.* 30: 493-500.
- Denis, J.B. 1988. Two way analysis using covariates. *Statistics* 19: 123-132.
- Dohlert, D.C., McMullen, M.S., and Hammond, J.I. 2001. Genotype and environmental effects on grain quality of oat grown in North Dakota. *Crop Sci.* 41: 1066-1072.
- Ebdon, J.S., and Gauch, H.G. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials. II Cultivar recommendations. *Crop Sci.* 42:497-506.
- Gauch, H.G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Pub. Amsterdam, The Netherlands.
- Guach, H.G. and Zobel, R.W. 1997. Identifying mega–environments and targeting genotypes. *Crop Sci.* 37: 311-326.
- Kaya, Y., Palta, C., and Taner, S. 2002. Additive main effect and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. *Turk J. Agric. For.* 26: 275-279.
- Mohammadinejad, G., and Rezaii, A.M. 2005. Genotype×environment interaction analysis and pattern analysis of genotype reaction in oat cultivars. *Agric. Sci. and Tech. and Natu. Res.* 2: 77-88.
- Tarakanovas, P., and Ruzgas, V. 2006. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. *Agric. Res.* 4: 91-98.

- Vargas, W., Crossa, J., Van Eeuwijk, F.A., Rami, M.E., and Sayre, K. 1999. Using partial least squares regression, factorial regression and AMMI models for interpreting genotype and times environment interaction. *Crop. Sci.* 39: 955-967.
- Vargas, W., Crossa, J., Van Eeuwijk, F.A., Sayre, K., and Reynolds, M.P. 2001. Interpreting treatment×environment interaction in agronomy trials. *Agron. J.* 93: 949-960.
- Yan, W., and Hunt, L.A. 2001. Interpretation of genotype×environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.* 41: 19- 25.
- (20) Zobel, R.W., Wright, M.J., and Gauch, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80: 388-393.



Pattern analysis of genotype \times field environments interaction for grain yield in wheat using AMMI method

***P. Askarinia¹, G. Saeidi² and A. Rezaei³**

¹M.Sc. student, Dept. of Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University Technology, Iran, ²Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Respective, Isfahan University of Technology, Iran, ³Professor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Respective, Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

This research was conducted to investigate genotype \times environment interaction for grain yield of ten wheat cultivars in 8 environments (combinations of two nitrogen fertilizer treatment and four irrigation regimes). Analysis of additive main effects (analysis of variance) and multiplicative interaction effects (principal component analysis) revealed that the effects of genotype, environment and genotype \times environment interaction were highly significant. three first principal components explained 89% of the interaction sum squares. Biplot of the first principal component and mean grain yields for genotypes and environments revealed that high yielding genotypes of Pishtaz and Moghan1 were more stable cultivars. Pattern analysis of two first significant principal components for genotypes and environments and also cluster analysis based on stability statistics of AMMI₃ model (SIPC₃ and EV₃) showed that Pishtaz genotype had general stability. The grain yield of this cultivar was higher than the average of all genotypes, it was implied that this cultivar had general adaptability. Khazar cultivar was ranked as the second stable cultivar with having grain yield of approximately as much as the average of all genotypes; thus it was considered as a genotype with moderate general adaptability. Cultivars of Alvand, Sabalan, Moghan1, Darab and Falat showed very low stability. Sardary and Omid with lower yield were recognized as unstable cultivars. Also, it was found that all environments had contribution in the interaction effects.

Keywords: Interaction; Genotype; Environment; AMMI; Wheat

*- Corresponding Author; Email: parvanehaskarinia@yahoo.com

