

بررسی اثرات محیطی بر عملکرد دانه ژنتیک‌های گندم نان از طریق الگوی واکنش ژنتیکی

م. معتمدی^۱ و ز. خدارحم پور^۲

^۱ و -۲- مریمی و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۳

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر متقابل ژنتیک در محیط و واکنش ژنتیک‌های گندم به شرایط محیطی مختلف با استفاده از ۲۰ لاین و رقم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و در ۳ مکان (اصفهان، کرمانشاه، ورامین) انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار برای اثرات ژنتیک، مکان و اثرمتقابل ژنتیک در محیط بود. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنتیک در مکان، تجزیه پایداری عملکرد، با استفاده روش امی انجام شد. نتایج روش امی حاکی از این بود که بر مبنای نتایج اثر متقابل دو مولفه اصلی (IPC1 و IPC2) ژنتیک‌های مرودشت، ۵، ۶، ۱۵ و ۱۱ واکنش پایداری عمومی از خود نشان دادند و بر این اساس لاین‌های ۱۷ و ۱۸ دارای سازگاری خصوصی با محیط ورامین بودند. ژنتیک‌های ۱۹، ۲۰ و ۴ سازگاری خصوصی به محیط کرمانشاه و ژنتیک‌های ۹ و ۸ با اصفهان سازگاری خصوصی نشان دادند. به طور کلی با توجه به نتایج پایداری عملکرد دانه با توجه به بای‌پلات‌های ترسیمی، لاین‌های ۱۵، ۱۶ و مرودشت به عنوان ژنتیک‌های برتر شناسایی و معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، ژنتیک، محیط، گندم، سازگاری، تجزیه امی

انتخاب و معرفی ارقام مناسب و تعیین
واریته‌های برتر به دلیل وجود اثر متقابل
ژنتیک × محیط و یکسان نبودن عملکرد
ژنتیک‌ها در محیط‌های گوناگون با مشکل
مواجه می‌شود (۷). یکی از اهداف مهم

مقدمه

صفات کمی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی،
محیطی و اثرمتقابل ژنتیک در محیط بروز
می‌یابند که اثر متقابل نتیجه واکنش متفاوت
ژنتیک‌ها به تغییرات محیطی است. کار

ژنوتیپ‌های عدس در چندین محیط، با استفاده از روش امی عنوان کردند ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، نقش کلیدی را برای تعیین استراتژی بهبود محصولات زراعی ایفا می‌کند.

تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی به مدل‌های اطلاق می‌شود که در آنها به طور همزمان از روش‌های دسته‌بندی مثل تجزیه خوش‌های و روش‌های برداریابی و غیره استفاده می‌شود. در تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی معمولاً گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوش‌های را روی نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر حسب مولفه‌های اصلی قرار می‌دهند (۵ و ۱۰). عسگری‌نیا و همکاران (۱) و یان و هانت (۱۴) از روش تجزیه خوش‌های و نمودار بای‌پلات برای تعیین سازگاری ژنوتیپ‌ها، انتساب آنها به محیط‌های مختلف و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده کردند. این مدل روشی مناسب در تجزیه و تفسیر ماتریس‌های بزرگ ژنوتیپ در محیط است، با استفاده از این روش با مکان‌یابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها روی بای‌پلات^۲ در فضای مختصاتی، می‌توان با نقطه‌یابی موقعیت ژنوتیپ را نسبت به محیط‌های مورد بررسی، تعیین کرد. بنابراین امکان انتساب ژنوتیپ‌هایی با سازگاری خصوصی برای محیط‌های خاص فراهم می‌گردد (۱۱). در بای‌پلات ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که تقریباً بروی یک خط عمودی قرار دارند، دارای

اصلاح‌گران همواره شناخت و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط روی گیاهان مختلف و نیز ژنوتیپ‌های متفاوت است. معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، بیانگر تغییر در رتبه‌بندی نسبی ژنوتیپ‌ها و اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت می‌باشد (۶). طبق نظر کانگ (۹) انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار از روش‌های کاهش اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. محققین راههای مختلفی را به عنوان معیارهای گزینش براساس پایداری عملکرد پیشنهاد کرده‌اند. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های آماری چند متغیره برای پی بردن به جنبه‌های مختلف اثر متقابل ژنوتیپ در محیط متداول می‌باشد. یکی از روش‌های چند متغیره جهت بررسی پایداری مدل امی^۱ می‌باشد. در مدل امی ابتدا اثرات اصلی جمع پذیر ژنوتیپ و محیط را با استفاده از تجزیه واریانس اندازه‌گیری و سپس با استفاده از تجزیه مولفه‌های اصلی مقدار باقی مانده از مدل تجزیه واریانس را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند.

عسگری‌نیا و همکاران (۱) با استفاده از روش چندمتغیره امی و تجزیه الگوی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط‌های زراعی برای عملکرد دانه در گندم براساس آماره‌های پایداری مدل امی ۳ رقم پیشتاز را از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به عنوان رقمی با سازگاری عمومی معرفی نمودند. صباغ‌نیا و همکاران (۱۲) ضمن تجزیه پایداری عملکرد

IPC2 دارای همبستگی منفی با نوسانات دما طی سال‌ها بود. در کل IPC1 و IPC2 بیانگر اثر متقابل بین ویژگی‌های ژنتیکی مانند تاریخ رسیدن و ارتفاع گیاه با عوامل محیطی نظیر نوسانات دمایی بودند. محمدی‌نژاد و رضایی (۱۱) با تجزیه اثر متقابل ژنتیک و محیط و بررسی واکنش ژنتیکی در ارقام یولاف، ارقام بویر، کالیبر و لاین ۲۸ را به عنوان پایدارترین ژنتیک‌ها معرفی کردند.

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنتیک‌های مختلف گندم در مکان‌های متفاوت و معرفی ژنتیک‌های پایدار در مناطق خاص و تعیین سازگاری عمومی و خصوصی ژنتیک‌ها با توجه به الگوی واکنش ژنتیکی آنها می‌باشد.

مواد و روشها

این پژوهش جهت انتخاب لاین یا لاین‌هایی با عملکرد بالا و پایدار از بین ۲۰ ژنتیک گندم انجام گرفت. ژنتیک‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سه منطقه مختلف در سال ۱۳۸۵ (اصفهان، کرمانشاه و ورامین) کشت شدند. سطح هر کرت $7/2$ مترمربع بود که پس از حذف حاشیه از طرفین آزمایش از ۶ متر مربع برداشت انجام شد. مشخصات اقلیمی مناطق مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است.

میانگین (اثر اصلی) مشابه هستند و ژنتیک‌ها یا محیط‌هایی که نزدیک یا روی خط افقی قرار می‌گیرند، دارای الگوهای اثر متقابل مشابه هستند. هر ژنتیکی که از IPCA نزدیک به صفر برخوردار باشد، دارای سازگاری عمومی به محیط‌های آزمایش است. یعنی دارای اثر متقابل کم و جزیی است. ژنتیک‌ها یا محیط‌هایی دارای مقادیر مولفه‌های اصلی بزرگ (ثبت یا منفی) دارای اثر متقابل بزرگ هستند و سازگاری خصوصی را نشان می‌دهند. و همچنین ژنتیک‌ها یا محیط‌هایی که دارای مقادیر IPC یکسانی از نظر علامت باشند، دارای اثر متقابل ویژه ثبت با یکدیگر هستند. مقدار این اثر متقابل به بزرگی این مقادیر مربوط است، در حالی که مقادیر IPC با علامت مخالف، نمایانگر اثر متقابل منفی است (۲). تیلاناتان و فرناندز (۱۳) ترسیم بای‌پلات را برای تعیین میزان سازگاری ژنتیک‌ها و گروه‌بندی آنها بر پایه عملکرد در محیط‌های مختلف را پیشنهاد نمودند. دهقانی و همکاران (۴) در تجزیه بای‌پلات اثر متقابل ژنتیک در محیط برای عملکرد جو در ایران، ژنتیک‌هایی با سازگاری خصوصی و عمومی را معرفی نمودند. یان و هانت (۱۶) با استفاده از روش امی در تجزیه اثر متقابل ژنتیک \times محیط ارقام گندم زمستانه نشان دادند که مقادیر مولفه‌های اصلی ژنتیکی 2 IPC2 بطور معنی‌داری در ارتباط با یک یا چند صفت زراعی در طی سال‌ها می‌باشند. همچنین

جدول ۱- مشخصات اقلیمی و هواشناسی مناطق محل آزمایش

مناطق	میزان بارندگی (mm)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
ورامین	۲۴۰	۵۳/۱۰	۳۶/۳۱	۱۱۹۰
اصفهان	۱۲۳	۵۵/۴۵	۳۴/۳۰	۱۶۰۰
کرمانشاه	۴۸۸	۴۳/۲۸	۳۴/۸	۱۳۴۰

به طوری که Y_{ij} عملکرد i امین ژنوتیپ در j امین محیط، μ میانگین کل، α_i ($i = 1, \dots, s$) انحراف میانگین ژنوتیپ (میانگین ژنوتیپ منهای میانگین کل)، β_j ($j = 1, \dots, t$) انحراف میانگین محیط، λ_n مقدار منفرد برای n محور تجزیه به مؤلفه اصلی، Y_{in} و δ_{jn} اسکورهای PCA یا بردارهای منفرد به ترتیب برای N تعداد ژنوتیپ و محیط در محور n ام PCA، θ_{ij} ماتریس محورهای PCA در مدل، e_{ijk} باقیمانده و e_{ijk} خطای باقیمانده مرتبط با k امین تکرار ($k = 1, \dots, r$) می‌باشد. تلفیق نمودار بای پلات و آمارهای پایداری ژنوتیپی این امکان را به محقق می‌دهد که ژنوتیپ‌ها را براساس تشابه عملکرد آنها در طول محیط‌های مختلف گروه‌بندی نماید (۸). به منظور دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط براساس اطلاعات بیان شده توسط مولفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل، تجزیه خوش‌های روی مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل ژنوتیپ‌ها و نیز مولفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل محیط‌ها بطور همزمان انجام شد. در این تحقیق از نرم‌افزارهای SAS و

زمین‌های مورد نظر قبل از کاشت با عملیات متداول تهیه بستر آماده و نمونه‌گیری از خاک انجام شد. کشت در اوایل آبان ماه صورت گرفت. در طول دوره رشد کلیه مراقبت‌های زراعی لازم، وجین و کنترل شیمیایی علف‌های هرز بطور کامل اعمال گردید. در طول فصل بهار عکس العمل به بیماری‌ها و آفات نیز یادداشت شد. تجزیه واریانس ساده صفات در هر محیط و سپس تجزیه واریانس مرکب و آزمون بارتلت بر مبنای موازین آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط انجام شد. پس از تجزیه مرکب، تجزیه پایداری به روش AMMI (مدلی با آثار اصلی جمع‌پذیر و آثار متقابل ضرب‌پذیر)، که مشتمل بر تشکیل جدول تجزیه واریانس امی، محاسبه مقادیر مولفه‌های اصلی و پارامترهای ژنوتیپ × محیط برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها می‌باشد صورت پذیرفت. مدل ریاضی امی با استفاده از رابطه زوبل (۱۷) عبارت است از:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sum_{n=1}^N \lambda_n Y_{in} \delta_{jn} + \theta_{ij} + e_{ijk}$$

دارد و طبق این مقایسه لاین ۱۶ با متوسط عملکرد ۸/۶۸۰ تن در هکتار در محیط کرمانشاه بالاترین عملکرد و کراسالبرز با متوسط ۲/۵۰۰ تن در هکتار در ورامین کمترین عملکرد را دارا بودند و مقایسه میانگین متوجه عملکرد ژنتیپ‌ها نیز نشان داد که لاین ۱۶ با متوسط ۶/۹۰۶ تن در هکتار و آذر ۲ با متوسط ۴/۴۱۰ تن در هکتار بالاترین و پایین‌ترین متوجه عملکرد دانه را در میان ژنتیپ‌های مورد ارزیابی داشتند. عملکرد دانه بالاتر لاین‌ها نسبت به ارقام دیگر کراس البرز و آذر ۲ به دلیل پتانسیل پایین‌تر این ارقام می‌باشد ولی رقم مرودشت که یک رقم پرپتانسیل است دارای میانگین عملکردی بالاتر از میانگین کل ژنتیپ‌ها بود.

Agrobase جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج آزمون بارتلت بیانگر نرمال بودن یکنواختی واریانس‌های خطأ در سه آزمایش بود. تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری را بین مکان‌ها، ژنتیپ‌ها و نیز بین اثر متقابل ژنتیپ × محیط نشان داد (جدول ۲). یان (۱۵) عنوان نمود، به طور معمول ۸۰٪ از کل تغییرات عملکرد دانه در محیط‌های متفاوت در نتیجه اثرات محیطی و اثر متقابل ژنتیپ در محیط است. مقایسه میانگین عملکرد ژنتیپ‌ها در محیط‌های مختلف نشان داد که عملکرد ژنتیپ‌ها از منطقه‌ای به منطقه دیگر از لحاظ آماری تفاوت

جدول ۲- مقادیر میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه

میانگین مربعات	منابع تغییر	محیط	تکرار در محیط	ژنتیپ	ژنتیپ در محیط	خطأ	۱۱۴
۰/۳۳	درجه آزادی	۲	۶	۱۹	۳۸	۲۸	۱۱۴

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

داد (جدول ۳). همچنین سهم درجه آزادی اثر متقابل ژنتیپ × محیط از درجه آزادی کل ۲۱/۲۳ درصد بود. در مدل امی اولین مولفه ۵۶/۵۴ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنتیپ × محیط را تعیین نمود. کایا و همکاران (۱۰) نیز در ارزیابی اثرات متقابل ژنتیپ و محیط با استفاده از روش امی برای

طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه بر مبنای روش امی (جدول ۳)، منابع ژنتیپ، محیط و اثر متقابل ژنتیپ × محیط بسیار معنی‌دار بوده و هر دو مولفه اصلی اثر متقابل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردیدند. اثر متقابل ژنتیپ در محیط حدود ۱۱/۴۲ درصد از مجموع مربعات کل را بخود اختصاص

ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نیز در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. این مقادیر به منظور سنجش پایداری ژنوتیپ‌ها و نوسانات محیطی استفاده شده و امکان انتساب ژنوتیپ‌های خاص را به محیط‌های مختلف در نمودار بای‌پلات میسر می‌سازد.

ژنوتیپ‌های گندم نان دو مولفه معنی‌دار بدست آورده که مولفه اول ۷۸/۶۴٪ از کل تغییرات اثرمتقابل را بیان نمود. با توجه به معنی‌دار شدن دو مولفه اصلی اثر متقابل در آزمون F از مدل امی ۲ استفاده گردید. مقادیر ریشه مشخصه و واریانس تجمعی برای

جدول ۳- تجزیه واریانس امی برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر
۲/۰۸**	۲/۹۶	۱۹	ژنوتیپ
۵۶/۰۷**	۱۰۰/۴۷	۲	محیط
۳/۲۷**	۱/۰۳	۳۸	ژنوتیپ در محیط
۳/۵۱**	۱/۱۰	۲۰	مولفه اصلی اول (IPCA1)
۳/۰۰**	۰/۶۴	۱۸	مولفه اصلی دوم (IPCA2)
۰/۳۱۵		۱۱۴	خطا

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

منتسب کرد. چاپمن و همکاران (۳) در ارزیابی ۱۰ ژنوتیپ گندم محتمل به خشکی طی مراحل گلدهی و پرشدن دانه و نیز با هدف مطالعه پتانسیل بالای عملکرد، از روش‌های برداریابی و تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپ استفاده نمودند. تجزیه خوش‌های مقادیر اولین مولفه اصلی برای ژنوتیپ‌ها چهار گروه را مشخص نمود.

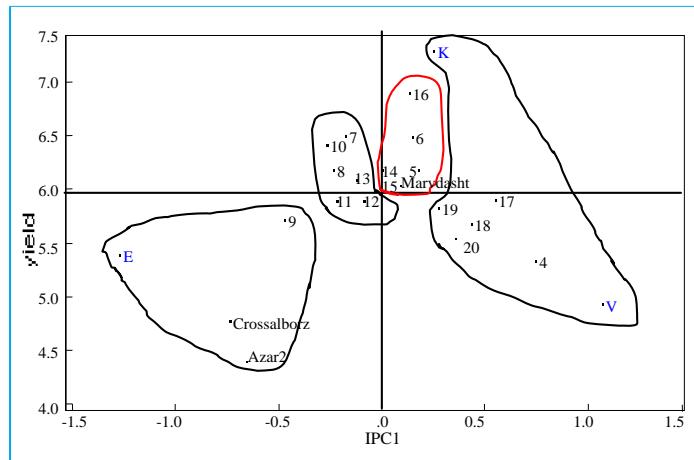
برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها، ارزیابی تغییرات محیط و ارتباط دادن ژنوتیپ‌های پایدار به مکان‌های مختلف از نمودار بای‌پلات (IPC1 و IPC2) دو مولفه اصلی اثرمتقابل (IPC1 و IPC2) بطور مجزا با میانگین عملکرد دانه استفاده شد (شکل ۱ و ۲). با استفاده از تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی می‌توان، ژنوتیپ‌های با سازگاری خصوصی را به مکان‌های مربوط

جدول ۴- مقادیر ریشه مشخصه و مولفه اصلی آثار متقابل برای ژنتیپ‌ها در مدل امی

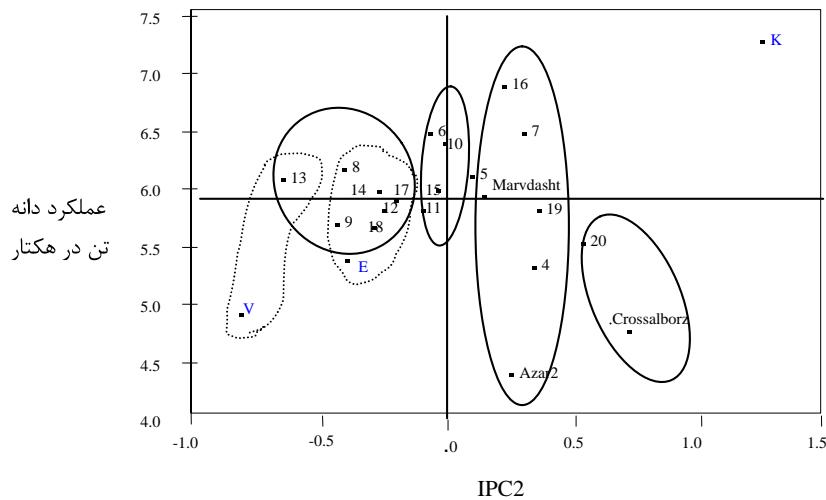
IPC1	IPC2	ژنتیپ
۰/۱۴	۰/۰۵	مرودشت
۰/۷۱۴	-۰/۷۲۸	کراس البرز
۰/۲۴۹	-۰/۶۵۴	آذر ۲
۰/۳۳۴	۰/۷۴۷	۴
۰/۸۸	۰/۱۱۵	۵
-۰/۷۸	۰/۱۴۴	۶
۰/۲۹۶	-۰/۱۷۴	۷
-۰/۴۱۶	-۰/۲۳۳	۸
-۰/۴۴۴	-۰/۴۷	۹
-۰/۰۳۳	-۰/۲۵۶	۱۰
-۰/۱۰۲	-۰/۱۵۳	۱۱
-۰/۲۶۶	-۰/۰۷۹	۱۲
-۰/۶۴۶	-۰/۱۲۵	۱۳
-۰/۲۸۱	۰/۰۲۴	۱۴
-۰/۱۳۷	۰/۰۴۷	۱۵
۰/۲۱۳	۰/۱۳۴	۱۶
-۰/۲۱۵	۰/۵۵۳	۱۷
-۰/۳۰۲	۰/۴۲۵	۱۸
۰/۳۵۴	۰/۲۷۴	۱۹
۰/۵۳۷	۰/۳۶۴	۲۰
۵۶/۵۴	۱۰۰	درصد تغییرات تجمعی

جدول ۵- مقادیر ریشه مشخصه و مولفه اصلی آثار متقابل برای محیط‌ها در مدل امی

IPC1	IPC2	محیط
-۲۷/۱	۰/۴۱۱	اصفهان
۰/۲۵۵	۱/۳۳۷	کرمانشاه
۱۰/۰۱۶	-۰/۸۲۵	ورامین



شکل ۱- بای پلات امی بر مبنای میانگین عملکرد دانه و IPC1 ژنتیپ‌ها و محیط‌ها.



شکل ۲- بای پلات حاصل از میانگین و پایداری IPC2 ژنتیپ‌ها و محیط‌ها.

مروdest قرار گرفتند. ژنتیپ‌های گروه اول دارای IPC1 منفی و بزرگ می‌باشند، ژنتیپ‌های گروه دوم IPC1 مثبت و بزرگ دارند و در گروه‌های سوم و چهارم نزدیک به صفر می‌باشد. تجزیه خوشبای روی مقادیر اولین مولفه‌های اصلی محیط‌ها

در گروه اول ژنتیپ‌های ۹، کراس البرز و آذر ۲ قرار گرفتند. گروه دوم شامل لاین‌های ۴، ۱۷، ۱۸، ۲۰ و ۱۹ بود که همگی عملکرد کمتر از میانگین داشتند. گروه سوم شامل ژنتیپ ۷، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۸ و ۱۰ و در گروه چهارم ژنتیپ‌های ۱۶، ۶، ۵، ۱۴، ۱۵ و

نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۶، ۱۵، ۱۲ و ۱۳ را نزدیک به صفر ($IPC1=0$) دارند که لاین‌های ۱۳، ۱۵ و ۱ عملکرد بالاتر از میانگین داشتند و به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌های پرمحصول شناسایی شدند. بر این مبنای ژنوتیپ‌های گروه اول و دوم که $IPC1$ بزرگ (مثبت و منفی) و آثار متقابل بالایی دارند، ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها هستند. به نظر می‌آید که محیط‌های V و E (ورامین و اصفهان) سهم بیشتری در آثار متقابل ژنوتیپ \times محیط دارند و ژنوتیپ‌های ۹، ۲ و ۳ سازگاری خصوصی به محیط E (اصفهان) دارند و ژنوتیپ ۱۹، ۲۰، ۱۸، ۱۷ و ۴ واجد سازگاری خصوصی به محیط‌های K و V (کرمانشاه و ورامین) هستند.

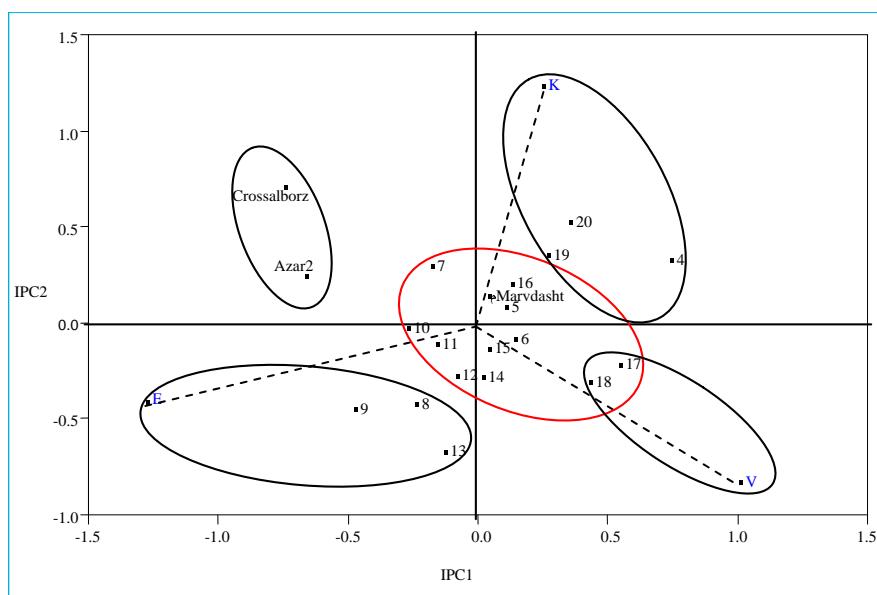
با استفاده از تجزیه خوش‌های مقادیر بای‌پلات برای دومین مولفه اصلی (شکل ۲)، تفکیک ژنوتیپ‌ها در ۴ گروه صورت گرفت. گروه اول ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۴، ۸، ۱۶، ۱۲، ۱۸، ۹، ۱۷ که دارای $IPC2$ منفی و بزرگ هستند. گروه دوم ژنوتیپ‌های ۲۰ و کراس‌البرز که $IPC2$ با مقادیر بزرگ و مثبت دارند، گروه سوم ژنوتیپ‌های ۱۶، ۷، ۱۹، ۴، آذر ۲، مرودشت و ۵ که براساس $IPC2$ دارای واکنش ناپایداری نسبتاً مشابهی هستند و $IPC2$ نسبتاً کوچک و مثبت دارند. گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های ۶، ۱۰، ۱۵ و ۱۱ بود که $IPC2$ نزدیک به صفر داشتند بر این مبنای ژنوتیپ‌های ۶، ۱۰ و ۱۵ به ترتیب با عملکردی بالاتر از میانگین و $IPC2$ نزدیک به صفر

نشان داد که محیط‌های K و V (کرمانشاه و ورامین) در یک گروه قرار دارند و دارای $IPC1$ مثبت و بزرگ هستند (شکل ۱). تیلاناتان و فرناندز (۱۳) ترسیم بای‌پلات را برای تعیین میزان سازگاری ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آنها بر پایه عملکرد در محیط‌های مختلف را پیشنهاد نمودند. خط افقی میانه این نمودار از میانگین کل آزمایش می‌گذرد. ژنوتیپ‌ها و محیط‌های واقع در روی خط افقی از نظر آثار اصلی جمع‌پذیر (میانگین عملکرد) واکنش مشابه دارند. محور عمودی در میانه نمودار نشانده‌نده $IPC1=0$ است که ناحیه فقدان اثر متقابل را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که اثر متقابل بالایی را نشان می‌دهند، دارای مقادیر بزرگ (منفی یا مثبت) می‌دهند، دارای مقادیر بزرگ (منفی یا مثبت) برای اولین مولفه می‌باشند. در حالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های واجد مقادیر نزدیک به صفر برای اولین مولفه اصلی، دارای اثر متقابل پایینی هستند. عسگری‌نیا و همکاران (۱) و یان و هانت (۱۴) از روش تجزیه خوش‌های و نمودار بای‌پلات برای تعیین سازگاری ژنوتیپ‌ها، انتساب آنها به محیط‌های مختلف و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده کردند. ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که علامت مشابهی برای مقادیر $IPC1$ دارند، آثار متقابل مثبت را ایجاد می‌کنند، در حالی که ترکیب مقادیر $IPC1$ با علامت‌های مختلف، واکنش اثر متقابل منفی را بوجود می‌آورد. بر این اساس بای‌پلات $IPC1$ و میانگین عملکرد (شکل ۱)

ژنتیپ‌های با IPC1 کوچکتر و IPC2 بزرگتر، پایدارترین ژنتیپ‌ها بودند. محیط K (کرمانشاه) بزرگترین اثر متقابل مثبت و

براساس نتایج بای‌پلات توأم (شکل ۳)، براساس IPC1 و IPC2 مشاهده می‌شود که ژنتیپ‌های مرودشت، ۵، ۶، ۱۵، ۱۶ و ۱۱ دارای پایداری عمومی بوده و ژنتیپ‌های ۲۰، ۱۹ و ۴ سازگاری خصوصی به منطقه کرمانشاه داشته‌اند. همچنین ژنتیپ‌های ۱۷ و ۱۸ سازگاری خصوصی به ورامین و نیز ژنتیپ‌های ۱۳، ۹ و ۸ سازگاری خصوصی به اصفهان نشان دادند. تجزیه خوش‌های و گروه بندی ژنتیپ‌ها براساس IPC1 و IPC2 بطور همزمان، ۱۰۰ درصد اطلاعات مربوط به اثر متقابل ژنتیپ × مکان را توجیه می‌کند.

محیط V (ورامین) کوچکترین اثر متقابل منفی را سبب شدند. براساس IPC2 لاین ۱۳ دارای سازگاری خصوصی به محیط V (ورامین) و ژنتیپ‌های ۸، ۱۲، ۱۷، ۱۴ و ۱۹ با عملکردهای بالاتر از میانگین سازگاری خصوصی به محیط‌های E (اصفهان) دارند. واضح است که دلایل تفاوت ارزیابی بین بای‌پلات مولفه اول و بای‌پلات مولفه دوم، در برداشتن سهم کمتر اثر متقابل توسط مولفه دوم نسبت به مولفه اول می‌باشد. کایا و همکاران (۱۰) بیان نمودند ژنتیپ‌های با IPC1 بزرگتر و IPC2 کمتر، پایدارترند و نیز



شکل ۳- بای‌پلات حاصل از میانگین و پایداری IPC1 و IPC2 ژنتیپ‌ها و محیط‌ها.

۸۹ وجود همبستگی و زاویه بزرگتر از ۹۰ درجه بیانگر همبستگی منفی دو محیط از نظر اثر متقابل ژنتیک در محیط است. بر این اساس محیط‌های اصفهان و کرمانشاه و نیز ورامین و اصفهان در ایجاد اثر متقابل همبستگی منفی دارند.

در راستای آزمایشات پایداری عملکرد دانه، پیشنهاد می‌گردد سهم صفات در ایجاد پایداری مشخص شود و با معرفی صفات پایدار، برنامه‌های افزایش تولید گندم بیشتر روی این صفات متمرکز گردد. از طرفی با معرفی پایدارترین صفت با استفاده از روش‌های اصلاحی هدفدار و پیش‌بینی تمهیدات بهزروعی شرایط را برای بهره‌برداری از حداقل ظرفیت تولید عملکرد ارقام مختلف زراعی فراهم نمود.

در مجموع مقایسه سه بای‌پلات ترسیم شده برای مدل امی نشان داد که ژنتیک‌های ۱۵، ۱ و ۱۶ واکنش پایداری عمومی از خود نشان داده‌اند که با داشتن عملکرد بیش از میانگین واجد سازگاری عمومی مطلوب می‌باشند. ژنتیک‌های ۶ و ۵ در مرتبه بعدی پایداری قرار گرفتند. ژنتیک‌های ۱۱ و ۱۲ بدلیل عملکرد پایین‌تر، سازگاری عمومی ضعیف خواهند داشت. تفسیرهای ارایه شده بر مبنای بای‌پلات‌های ترسیم شده بدلیل داشتن سهم‌های متفاوت هر بای‌پلات از اثر متقابل ژنتیک × محیط یکسان نمی‌باشد ولی در همه بای‌پلات‌های رسم شده ژنتیک‌های ۲، ۳ و ۴ و ۲۰ ناپایدارترین ژنتیک‌ها تشخیص داده شدند. زاویه حاده بین دو بردار محیطی در بردارنده همبستگی بالا بین دو محیط است. زاویه قائم دو بردار محیطی نشانده‌اند عدم

منابع

1. Askarinia1, P., G. Saeidi and A. Rezai. 2009. Pattern analysis of genotype × field environments interaction for grain yield in wheat using AMMI method. Elec. J. Crop Prod., 2(2): 75-90.
2. Crossa, J.H.G., J.R. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplication interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Sci., 30: 493-500.
3. Chapman, V., T.E. Miller and R. Rilley. 1976. Equivalence of the genome of bread wheat .Gent. Res., 27: 69-75.
4. Dehghani, H., A. Ebadi and A. Yousefi. 2006. Biplot Analysis of Genotype by Environment Interaction for Barley Yield in Iran. Published in Agron J., 98: 388-393.
5. Fatahi, F., M. Moghadam, A. Gerami and A. Yousefi. 1998. Study of stability for barley varieties by wricke parameter and pattern analysis of genotypes by AMMI model. 5th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. pp: 156-157.

- بررسی اثرات محیطی بر عملکرد دانه زنوتیپ‌های گندم نان از طریق الگوی واکنش زنوتیپی ۹۰
6. Fernandez, G.C.J. 1991. Analysis of Genotype×Environment Interaction by Stability Estimates. *Hortscience*, 26: 947-950.
 7. Freeman, G.H. 1973. Statistical methods for analysis of genotype and environment interactions. *Hered.*, 31: 339-354.
 8. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci.*, 73: 311-326.
 9. Kang, M.S. and H.N. Pham. 1991. Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agron. J.*, 83: 161-165
 10. Kaya,Y., C. Palta and S. Taner. 2002. Additive main effects and multiplicative interactions of yield performance in bread wheat genotypes across environments. *Turk. J. Aric.*, 26: 275-279.
 11. Mohammadinejad, G. and A.M. Rezaei. 2005. Genotype×environment interaction analysis and pattern analysis of genotype reaction in oat cultivars. *J. Agric. Sci. and Nat. Resour.*, 2: 77-88.
 12. Sabaghnia, N., S.H. Sabaghpour and H. Dehghani. 2008. The use of an AMMI model and its parameters to analyse yield stability in multi-environment trials. *J. Agric. Sci.*, 146: 571-581.
 13. Thillainathan, M. and G.C.J. Fernandez. 2001 .SAS Applications for Tai's Stability Analysis and AMMI Model in Genotype _Environmental Interaction (GEI) Effects. *J. Hered.*, 92(4): 367-371.
 14. Yan, W. and L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype and environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.*, 41: 19-25.
 15. Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. *Agron. J.*, 94: 990-996.
 16. Yan, W. and L.A. Hunt. 2003. Biplot analysis of multi-environment trial data. p. 289-303. In M.S. Kang (ed.) Quantitative genetics, genomics and plant breeding. CAB Int., Wallingford, Oxon, UK.
 17. Zobel, R.W. 1990. A powerful statistical model for understanding genotypeby-environment interaction. In M.S. Kang (ed) Genotype-By-Environment Interaction and Plant Breeding (Louisiana: Louisiana State University Agricultural Centre), pp: 126-140.

Study of Environmental Effects on Grain Yield Genotypes of Bread Wheat by Pattern of Genotype Reaction

M. Motamedi¹ and Z. Khodarahmpour²

1 and 2- Instructor and Assistant Professor, Islamic Azad University, Shushtar Branch

Abstract

In order to study effect of G×E interaction on yield of genotypes in three environment. These genotypes were planted using RCB design with 3 replications in Esfahan, Kermanshah and Varamin. The results of combined analysis of variance for yield showed significant difference for genotype, location and G×E interaction effects. Because of significant G×E interaction stability analysis methods AMMI were used for determination of desirable genotypes for yield. Based on AMMI method, genotypes No. 5, 6, 11, 15, 16 and Marvdasht variety showed general adaptability and genotypes 17 and 18 recognized to have specific adaptability to Varamin and genotypes No. 4, 19 and 20 had specific adaptability to Kermanshah. Overall, based on stability analysis on yield genotypes No. 15, 16 and Marvdasht with having good adaptability were determined as desirable genotypes.

Keywords: Interaction, Genotype, Environment, Wheat, Adaptation, AMMI