

بررسی واکنش عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم نان در شرایط محیطی مختلف

محمد معتمدی^{۱*} و محمد مرادی^۲

۱ و ۲) اعضای هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شوشتر، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: Motamedi55@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۸

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در مکان و واکنش ارقام و لاین های گندم به شرایط محیطی مختلف با استفاده از ۲۰ لاین و رقم در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار و در ۳ مکان (اصفهان، کرمانشاه، ورامین) انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه حاکی از وجود تفاوت معنی دار برای اثرات ژنوتیپ، مکان و اثر متقابل ژنوتیپ در مکان بود. با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در مکان، تجزیه پایداری عملکرد، با استفاده روش امی انجام شد. نتایج روش امی حاکی از این بود که بر مبنای نتایج اثر متقابل مولفه اصلی IPC1 ژنوتیپ های ۵، ۱۱ و ۱۵ واکنش پایداری عمومی از خود نشان دادند و بر این اساس لاین های ۴ و ۱۰ دارای سازگاری خصوصی با محیط ورامین بودند. ژنوتیپ ۱۳ سازگاری خصوصی به محیط اصفهان و ارقام مرودشت و کراس البرز سازگاری خصوصی به محیط کرمانشاه داشتند. تجزیه پایداری اجزاء عملکرد با استفاده از ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ نشان داد، صفت وزن هزار دانه با کمترین ضریب تغییرات محیطی (C.V) پایداریترین صفت بوده، لذا در برنامه های به نژادی می تواند مورد توجه باشد.

واژه های کلیدی: گندم، اجزاء عملکرد، محیط، پایداری.

مقدمه

اجزاء اصلی عملکرد گندم عبارتند از تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه که نقش بسزایی در عملکرد دانه دارند. اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط همواره از مشکلات اصلاح گران و تولیدکنندگان محصولات زراعی است، زیرا عملکرد در محیط‌های مختلف تغییر می‌یابد و این امر موجب دشواری برنامه‌های انتخاب می‌شود. از لحاظ آماری در صورتی که عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف به طور معنی‌داری تغییر یابد، اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط رخ می‌دهد. از اهداف مهم اصلاح گران شناخت و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط بر روی گیاهان مختلف و نیز ژنوتیپ‌های متفاوت است. در بیان اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط، سازگاری و پایداری ارقام مطرح می‌شود. در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط، پایداری ارقام کاهش می‌یابد و سبب کاهش بازدهی ارقام در محیط‌های مختلف می‌شود (فرشادفر، ۱۳۷۶). از روش‌های کاهش اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و نیز افزایش عملکرد گندم، انتخاب و معرفی لاین‌های با عملکرد بالا و پایدار در مناطق مختلف است. Kang (۱۹۹۳) انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار را از روش‌های کاهش اثر متقابل ژنوتیپ در محیط دانست. سازگاری عبارت از پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها برای به دست آوردن عملکرد بالا در محیط‌های مختلف است (فرشادفر، ۱۳۷۶). ژنوتیپ‌هایی که دارای پتانسیل عملکرد بالایی هستند ولی در شرایط محیطی مختلف عملکردهای پایینی دارند، می‌بایست مورد ارزیابی پایداری عملکرد قرار بگیرند و ژنوتیپ‌های سازگار برای مناطق خاص معرفی گردد (Ashraf et al., 2003). به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تعیین میزان پایداری برای تهیه ارقام، اجرای آزمایشات در چند مکان و چند سال معمول‌ترین راه محسوب می‌شود. در این آزمایشات، پس از تجزیه واریانس مرکب در صورت معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، از طریق روش‌های مختلف تعیین میزان پایداری، ارقام پایدار با عملکرد بالا معرفی می‌گردند. محققین راه‌های مختلفی را به عنوان معیارهای گزینش بر اساس پایداری عملکرد پیشنهاد کرده‌اند. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و بررسی محیط‌ها برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها در بین اصلاح‌گران گیاهان زراعی گسترش داشته است (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۷). روش‌های رگرسیونی نظیر ابرهارت و راسل، تجزیه خوشه‌ای و روش‌های چند متغیره نظیر مدل امی از جمله روش‌های رایج شده برای ارزیابی پایداری می‌باشند. یکی از روش‌های چند متغیره جهت بررسی پایداری مدل (AMMI) می‌باشد. در مدل امی ابتدا اثرات اصلی جمع‌پذیر 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. ابعاد ماتریس تشکیل شده می‌بایست بیش از 3×3 باشد، یعنی ۳ ژنوتیپ در ۳ یا بیشتر از ۳ محیط ارزیابی شود (Vargas et al., 2001). در بین روش‌های چند متغیره روش امی به طور گسترده‌ای در سال‌های اخیر در بررسی اثر متقابل

ژنوتیپ در محیط به کار رفته است (Akcura et al., 2005; Dohler et al., 2001; Yan and Rajcan, 2002).

عسگری نیا و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از روش چندمتغیره AMMI و تجزیه الگوی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط‌های زراعی برای عملکرد دانه در گندم بر اساس آماره‌های پایداری مدل AMMI3 رقم پیش‌تاز را از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به عنوان رقمی با سازگاری عمومی معرفی نمودند. Tarakanovas و Ruzgas (۲۰۰۶) برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، روش امی را مناسب عنوان کردند و برای تعیین سازگاری ارقام، استفاده از بای‌پلات را موثر دانستند.

Anandan و همکاران (۲۰۰۹) در ارزیابی عملکرد دانه ۴۶ ژنوتیپ برنج در ۳ مکان و دو سال با استفاده از مدل امی بیان کردند که اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط بسیار معنی‌دار بوده و مولفه اول نیز سهم بزرگی از اثرات متقابل (۷۴٪) را به خود اختصاص داده است. Zobel و همکاران (۱۹۹۰) برای ۷ ژنوتیپ گندم که در ۳۵ محیط آزمایش شده بودند، تجزیه واریانس و تجزیه مولفه‌های اصلی را ارایه کردند در تجزیه واریانس مرکب مقدار عددی مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بالا ولی غیر معنی‌دار بود. در تجزیه به مولفه‌های اصلی اولین مولفه از سه مولفه حدود ۷۶ درصد از کل تغییرات را توجیه کرده، لیکن برای توجیه اثرات افزایش نامناسب بود. Ceccarelli و همکاران (۲۰۰۶) نیز بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها را در مکان‌های مختلف و با سال‌های مکرر و ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را در بهبود عملکرد واریته‌ها موثر دانست. از روش امی محققان متعددی در گیاهان مختلف به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط استفاده نموده اند. از جمله، Gauch و Zobel (۱۹۹۷) در ارقام ذرت، Yan و Rajan (۲۰۰۲) در ارقام گندم زمستانه و محمدی‌نژاد و رضایی (۱۳۸۴) در ارقام یولاف می باشد. هدف از این تحقیق، ارزیابی واکنش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم در مکان‌های متفاوت، انتخاب و معرفی ژنوتیپ‌های پایدار و دارای عملکرد مطلوب و شناسایی ژنوتیپ‌های با سازگاری خصوصی برای مناطق خاص می باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش جهت انتخاب لاین یا لاین‌های با عملکرد بالا و پایدار از بین ۲۰ ژنوتیپ گندم انجام گرفت. تیمارها شامل ۱۷ لاین و ۳ رقم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سه منطقه مختلف (اصفهان، کرمانشاه و ورامین) کشت شدند (جدول ۱). سطح هر کرت ۷/۲ مترمربع بود که پس از حذف حاشیه از طرفین آزمایش از ۶ متر مربع برداشت انجام شد. مشخصات اقلیمی مناطق مورد بررسی در جدول ۲ آورده شده است. زمین‌های مورد نظر قبل از کاشت با عملیات متداول تهیه بستر آماده و نمونه‌گیری از خاک انجام شد. کشت در اوایل آبان ماه به صورت ماشینی صورت گرفت.

جدول ۱: مشخصات ژنوتیپ های مورد بررسی

کد ژنوتیپ	شجره	منشاء
marvdasht		
cross alborz		
azar-z		
4	parvaz-94PB200...	IBWSN(2000-01)
5	shi# /4414/crow...	Karaji
6	maroon/90-zhong87	Nieshabour
7	ww 33G/vee...	Nieshabour
8	4777//Fkn/Gb/3...	Karaji
9	maroon/90-zhong87	Nieshabour
10	shi=/4414/crow...	Karaji
11	chil/2*/star/we ...	Karaji
12	F13471/crow	Zarghan
13	cHAM-4/DOVIN...	WON-D(2000-01)
14	ww 33G/vee...	Nieshabour
15	ww 33G/vee...	Nieshabour
16	SNB/TVRA co//...	IBWSN(2000-01)
17	zagross	IBWSN(2000-01)
18	Azd/HD2172//....	Nieshabour
19	/RAR....	RWYT-MR(2000-01)
20	BCN....	WON-D(2000-01)

تجزیه واریانس ساده صفات در هر محیط و سپس برای اطلاع از وضعیت عملکرد ژنوتیپ ها، مکان هاو اثر متقابل ژنوتیپ در مکان، تجزیه واریانس مرکب و آزمون بارتلت بر مبنای موازین آماری طرح بلوک های کامل تصادفی جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط انجام شد.

جدول ۲: مشخصات اقلیمی مناطق مورد آزمایش

مناطق	متوسط بارندگی (mm)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
ورامین	۲۴۰	۵۳/۱۰	۳۶/۳۱	۱۱۹۰
اصفهان	۱۲۳	۵۵/۴۵	۳۴/۳۰	۱۶۰۰
کرمانشاه	۴۸۸	۴۳/۲۶	۳۴/۸	۱۳۴۰

پس از تجزیه مرکب، تجزیه پایداری به روش AMMI (مدلی با آثار اصلی جمع پذیر و آثار متقابل ضرب پذیر)، که مشتمل بر تشکیل جدول تجزیه واریانس امی، محاسبه مقادیر مولفه های اصلی ژنوتیپ × محیط و پارامترهای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای ژنوتیپ ها و محیط ها صورت گرفت.

مدل ریاضی بای پلات یا AMMI عبارت است از (Zobel et al., 1990) :

$$Y_{ij} = m + a_i + b_j + \sum_{n=1}^N I_n Y_{in} d_{jn} + q_{ij} + e_{ijk}$$

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} اسکورها PCA یا بردارهای منفرد به ترتیب برای ژنوتیپ و محیط در محور n ام PCA، N تعداد محورهای PCA در مدل، θ_{ij} ماتریس باقیمانده و e_{ijk} خطای باقی مانده مرتبط با k امین تکرار ($k = 1, \dots, r$) می باشند. نمایش بای پلات از نمره های PCA در برابر یکدیگر امکان مطالعه بصری و تفسیر اجزای GEI را فراهم می کند. تلفیق نمودار بای پلات و آماره های پایداری ژنوتیپی این توانایی را به محقق می دهد که ژنوتیپ ها را براساس تشابه عملکرد آنها در طول محیط های مختلف گروه بندی نماید (Abandan et al., 1998).

هر ژنوتیپی که از IPC۱ نزدیک به صفر برخوردار باشد. دارای سازگاری عمومی به محیط های آزمایش است. یعنی دارای اثر متقابل کم و جزیی است. ژنوتیپ ها یا محیط هایی دارای مقادیر مولفه های اصلی بزرگ (مثبت یا منفی) دارای اثر متقابل بزرگ هستند و سازگاری خصوصی را نشان می دهند و نیز ژنوتیپ ها یا محیط هایی که دارای مقادیر IPC یکسانی از نظر علامت باشند، دارای اثر متقابل ویژه مثبت یا 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 (فرشادفر، ۱۳۷۳).

به منظور دسته بندی ژنوتیپ ها و محیط بر اساس اطلاعات بیان شده که توسط مولفه های اصلی اول و دوم اثر متقابل، تجزیه خوشه ای بروی مقادیر مولفه اصلی اول اثر متقابل ژنوتیپ ها و نیز مولفه های اصلی اول اثر متقابل محیط ها به طور هم زمان انجام شد. در این تحقیق از نرم افزارهای AGROBASE 20 و EXCEL جهت تجزیه و تحلیل ها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتیجه آزمون بارلت برای تمامی محیط ها، همگن بودن واریانس های خطا را نشان داد. نتایج تجزیه واریانس مرکب حاکی از معنی دار بودن اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بود. اختلاف معنی دار عملکرد دانه ژنوتیپ ها حاکی از تفاوت های ژنتیکی آنها می باشد. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط هم بستگی بین ارزش های ژنوتیپی و فنوتیپی را می کاهد و موجب کاهش سودمندی ارقام می گردد (محمدی نژاد و رضایی، ۱۳۸۴). معنی داری اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط بیانگر آن است

که می توان ژنوتیپ های سازگار برای نواحی خاص را انتخاب نمود. بر این اساس مجموع مربعات اثر ژنوتیپ $\times$ محیط در حدود ۱۳/۹ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص داد در حالی که این سهم برای ژنوتیپ ها ۱۵/۶ درصد و برای محیط ۵۲/۳ درصد بود. اثر متقابل نتیجه واکنش متفاوت ژنوتیپ به تغییرات محیط است و وجود آن باعث کاهش وراثت پذیری صفات و مشکل شدن ارزیابی ژنوتیپ ها می گردد (Vargas et al., 2001).

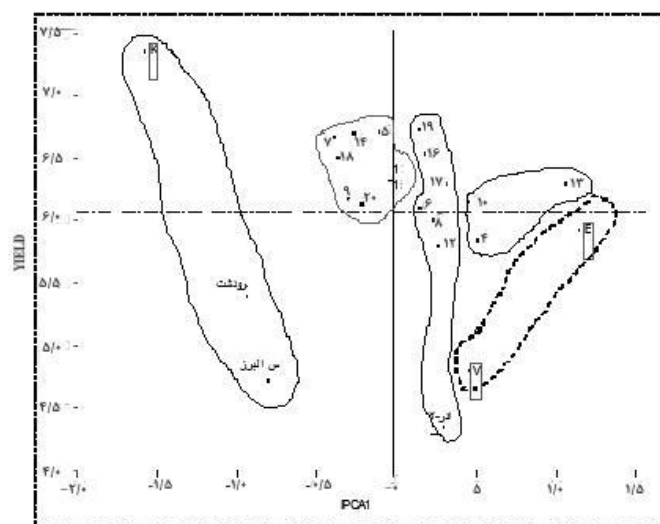
مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در محیط های مختلف نشان داد که عملکرد ژنوتیپ ها در منطقه ای به منطقه دیگر از لحاظ آماری تفاوت دارد و طبق این مقایسه لاین ۱۸ در محیط ۲ (کرمانشاه) با عملکرد متوسط ۸/۷۵۰ تن در هکتار بالاترین عملکرد و نیز رقم کراس البرز با متوسط ۳ تن در محیط سوم (ورامین) کمترین عملکرد را دارا بود. کلیه ژنوتیپ ها به استثنای لاین ۷ در محیط سوم (ورامین) نسبت به سایر محیط ها عملکرد کمتری را دارا بودند. از بین ژنوتیپ های مورد بررسی ارقام آذر ۲ و کراس البرز کمترین متوسط عملکرد را داشتند و لاین ۱۹ با متوسط عملکرد ۶/۷۳۶ تن در هکتار بالاترین عملکرد را داشت.

با توجه به معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط برای عملکرد دانه می توان از روش های مختلف پایداری، ژنوتیپ های پایدار را معرفی کرد. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه بر مبنای روش امی (مدل تجزیه آثار اصلی جمع پذیر و آثار متقابل ضرب پذیر) در جدول ۳ آمده است. منابع ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل $\times$ محیط بسیار معنی دار شده اند و مولفه اول از ترکیب دو مولفه اصلی آثار متقابل در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید و لذا پارامترهای AMMI1 مورد توجه قرار می گیرند. اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط در حدود ۹۸ / ۱۳ درصد از مجموع مربعات کل را بخوبی اختصاص داد. هم چنین سهم اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط از درجه آزادی کل ۲۱/۲۳ درصد بود. در مدل امی سهم اولین مولفه اصلی ۷۶/۳۰ درصد بود درحالی که با روش رگرسیون فقط ۱۰/۵ درصد از مجموع مربعات کل را اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط بخوبی اختصاص داده بود (توسط مدل خطی توجیه گردید) در مدل AMMI1 این سهم ۷/۳ برابر بیشتر از سهم مولفه رگرسیون بود. بنابراین تجزیه آثار متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط با این مدل از دقت و اعتبار بیشتری نسبت به روش های رگرسیون برخوردار است.

Kaya و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ژنوتیپ های گندم با استفاده از مدل امی سهم مولفه اول از کل تغییرات اثر متقابل را ۷۸/۶۴٪ بیان نمودند. Gauch و Zobel (۱۹۹۷) در ارزیابی عملکرد دانه ۱۷ ژنوتیپ ذرت در ۳۶ محیط عنوان کردند با استفاده از روش امی، مولفه های ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط بسیاری معنی دار به دست آوردند و مدل AMMI1 را بهترین مدل تشخیص دادند. اولین مولفه اصلی این مدل بیش از ۷۶٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را تبیین کرد. اسناو و همکاران نیز در ارزیابی عملکرد دانه یازده ژنوتیپ سویا در ۴ مکان و سه سال با استفاده از

مدل آمی بیان کردند که اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط بسیار معنی‌دار بوده و محیط نیز سهم بزرگی از مجموع تغییرات عملکرد (۶۱٪) را به خود اختصاص داده است و سهم اثرات متقابل ۳۶/۱۳٪ بود.

پارامترهای اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط در مدل AMMI برای ژنوتیپ‌ها در جدول ۴ و برای محیط‌ها در جدول ۵ آمده است که با توجه به معنی‌دار نشدن مولفه دوم تنها نتایج AMMI1 مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر ریشه مشخصه و مقادیر مولفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط (ارزش‌های ژنوتیپی و محیطی) به ترتیب در جداول ۶ و ۷ آورده شده‌اند. این مقادیر مولفه‌های اصلی برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ و محیط‌ها در بای پلات و رسم نمودار مربوط و نیز جهت محاسبه پارامترهای پایداری مدل آمی به کار گرفته شدند به منظور بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها، ارزیابی تغییرات محیط‌ها و هم چنین ارتباط دادن ژنوتیپ‌های پایدار به محیط‌های مختلف از نمودار بای پلات استفاده شد. علاوه بر این نتایج تجزیه خوشه‌ای مقادیر اولین مولفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط نیز روی دیاگرام بای پلات در شکل ۱ آورده شد. Ruzgas و Tarakanovas (۲۰۰۶) نیز برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، روش آمی را مناسب عنوان کردند و برای تعیین سازگاری خصوصی ارقام، استفاده از بای پلات را موثر دانستند.



شکل ۱: بای پلات حاصل از میانگین و پایداری IPC1 ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها. خطوط پیوسته گروه بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای را بر اساس IPC1 نشان می‌دهند. خطوط افقی و عمودی به ترتیب از نقاط میانگین عملکرد و IPC1 برابر صفر می‌گذرد.

تجزیه خوشه ای مقادیر اولین مولفه اصلی برای ژنوتیپ ها ۴ گروه اول ژنوتیپ های مرودشت و کراس البرز گروه دوم ژنوتیپ هایپ ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۱، ۱۴ و ۲۰ و گروه سوم ژنوتیپ های ۴، ۱۰ و ۱۳ و بالاخره در گروه چهارم ژنوتیپ های ۳، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۱۷ و ۱۹ بودند. در ضمن گروه بندی محیط ها نیز نشان می دهد که مکان های E و V (اصفهان و ورامین) در یک گروه قرار دارند که دارای IPC1 بزرگ و مثبت هستند. ژنوتیپ های گروه اول مقدار IPC1 بزرگ و مثبت دارا بودند ژنوتیپ های گروه چهارم IPC1 نسبتا بزرگ و مثبت داشتند. خط افقی میانه این نمودار از میانگین کل آزمایش می گذرد. ژنوتیپ ها و محیط های بالای این خط دارای عملکرد بالاتر از میانگین می باشند. ژنوتیپ ها و محیط واقع روی خط افقی از نظر آثار اصلی جمع پذیر (میانگین عملکرد) واکنش مشابه دارند (نظیر ژنوتیپ های ۶، ۹، ۱۰ و ۲۰) محور عمودی در میانه نمودار نشان دهنده $IPC1=0$ است که ناحیه فقدان اثر متقابل را نشان می دهند. ژنوتیپ ها و محیط های موجود بروی خط عمودی دارای واکنش مشابهی از نظر اثر متقابل هستند. ژنوتیپ ها محیط هایی که اثر مقابل بالایی را نشان میدهند، دارای مقادیر بزرگ (مثبت و منفی) برای اولین مولفه دارند (مانند گروه های اول و سوم) در حالی که ژنوتیپ ها و محیط های واجد مقادیر نزدیک به صفر برای اولین مولفه اصلی، دارای اثر متقابل پایینی هستند و در نتیجه پایدار می باشند (گروه دوم ژنوتیپ ها).

ژنوتیپ ها و محیط هایی که علامت مشابهی برای مقادیر IPC1 دارند، آثار متقابل مثبت را ایجاد می کنند، در حالی که ترکیب مقادیر IPC1 با علامت های مختلف، واکنش اثر متقابل منفی را به وجود می آورد.

بر اساس شکل ۱ و تجزیه خوشه ای ژنوتیپ ها و محیط ها مشاهده شد که ژنوتیپ های ۵، ۱۱ و ۱۵ دارای کمترین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط هستند و هر ۳ ژنوتیپ با عملکرد بالاتر از میانگین به عنوان پایدارترین ژنوتیپ پر محصول شناسایی شد. این ژنوتیپ ها ۵، ۱۱ و ۱۵ بر اساس IPC1 دارای واکنش پایداری مشابهی بودند که با توجه به عملکرد بالاتر، به ترتیب لاین های ۵، ۱۱، ۱۵ به عنوان ژنوتیپ های پایدار و پر محصول شناخته شدند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای وزن هزار دانه نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای این صفت معنی دارند. رقم مرودشت که کمترین وزن هزار دانه را داشته است رقمی پر پتانسیل برای شرایط مساعد است و با توجه به شرایط تنش رطوبتی آخر فصل و شرایط نامساعد دچار افت عملکرد می گردد و در این آزمایش نیز مشاهده شد که به علت تنش وزن هزار دانه نیز کاهش یافته و این کاهش وزن در افت عملکرد اثر مهمی داشته اند (جدول ۳). به نظر می رسد طولانی شدن دوره پر شدن دانه عامل اصلی افزایش وزن هزار دانه در شرایط نرمال باشد. (در شرایط تنش این طور نیست) و در صورت کشت با تاخیر و بر خورد حرارت های بالا با دوره پر شدن دانه، کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد را در پی

خواهد داشت. مقایسه وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه نشان می دهد که در اکثر لاین ها با تعداد کمتر دانه در خوشه، رقابت بین دانه ها کم شده و اختصاص ماده غذایی به هر دانه بیشتر شده و در نتیجه وزن هزار دانه افزایش یافته است. جهت بررسی پایداری صفات و با توجه به نقش اجزاء عملکرد گندم و پایداری اجزاء عملکرد پیشنهاد می گردد که در راستای آزمایشات پایداری عملکرد دانه، سهم صفات در ایجاد پایداری مشخص شود و با معرفی صفات پایدار، برنامه های افزایش تولید گندم بیشتر بروی این صفات متمرکز گردد.

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مدل امی برای عملکرد دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ژنوتیپ	۱۹	۳/۶۷	۲/۲۴ *
محیط	۲	۱۱۶/۵	۶۶/۳۹ **
ژنوتیپ در محیط	۳۸	۱/۶۳	۲/۶۹ *
IPC1	۲۰	۲/۳۷	۳/۹۰ *
IPC2	۱۸	۰/۸۱	۰/۱۷ ns
خطا	۱۱۴	۰/۲	
کل	۱۷۹		

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

عسگری نیا و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از شکل ۱ سازگاری ژنوتیپ ها را تعیین و انتساب و گروه بندی ژنوتیپ ها و محیط ها را انجام دادند. بر این مبنا لاین های ۱۳، ۱۰ و ۱۴ دارای آثار متقابل بزرگ و مثبت و لاین های مروتدشت و کراس البرز آثار متقابل بزرگ و منفی داشتند. بر این اساس مشاهده می شود که محیط های آزمایش همگی سهم بالایی در ایجاد آثار متقابل ژنوتیپ × محیط داشته اند و محیط K کرمانشاه بیشترین سهم را در ایجاد و آثار متقابل منفی و بزرگ داشت به نظر می رسد بر این مبنا می توان ژنوتیپ های مروتدشت و کراس البرز را واجد سازگاری خصوصی به محیط K (کرمانشاه) دانست. ژنوتیپ ۱۳ دارای سازگاری خصوصی به محیط E (اصفهان) و هم چنین ژنوتیپ های ۴ و ۱۰ واجد سازگاری خصوصی به محیط ۷ (ورامین) هستند. فتاحی و همکاران (۱۳۷۷) در ارزیابی پایداری ژنوتیپ های جو در مکان های مختلف کشور ترسیم بای پلات مولفه های اصلی اول و دوم برای ژنوتیپ ها و محیط ها نشان دادند که ارقام ۲، ۵ و ۱۲ دارای اثر متقابل کوچک بود و پایدار تر از سایر ژنوتیپ ها هستند در ضمن بین محیط ها مکان های یزد و ورامین اثر متقابل کوچک تری نشان دادند، لذا توصیه

های مربوط به آنها از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار است. لازم به ذکر است با استفاده از این بای پلات ترسیمی امکان بررسی ارتباط بین ژنوتیپ ها و محیط ها فراهم گردید.

زاویه بین بردارهای محیطی در تفسیر مشابهت های محیطی ارزشمند است. زاویه ها بین دو بردار محیطی مشخص کننده هم بستگی بالای دو محیط است. زاویه بزرگتر از ۹۰ درجه بین دو بردار محیطی بیانگر هم بستگی منفی دو محیط از لحاظ ایجاد اثر متقابل می باشد (Zobel et al., 1990). با بررسی نتایج به دست آمده از جداول و نیز بای پلات ترسیم شده در شکل ۱ بر مبنای IPC1 ژنوتیپ های ۵، ۱۱ و ۱۵ پایداری عمومی از خود نشان دادند که با دارا بودن عملکرد بیش از میانگین واجد سازگاری عمومی مطلوب می باشند. طبق این نتایج ژنوتیپ های ۱۰، ۴ و ۱۳، مرودشت و کراس البرز ناپایدار شناخته شدند. ژنوتیپ ناپایدار ۱۳ واجد سازگاری خصوصی به محیط E (اصفهان) و هم چنین ۴ و ۱۰ واجد سازگاری خصوصی به محیط V (ورامین) و نیز ارقام مرودشت، کراس البرز سازگاری خصوصی به محیط K (کرمانشاه) دارند. هم چنین ژنوتیپ های ۹، ۶، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ پایداری متوسط تا ضعیف داشتند. پیشنهاد می گردد جهت بررسی پایداری صفات و با توجه به نقش اجزاء عملکرد گندم و پایداری اجزاء عملکرد پیشنهاد می گردد که در راستای آزمایشات پایداری عملکرد دانه، سهم صفات در ایجاد پایداری مشخص شود و با معرفی صفات پایدار، برنامه های افزایش تولید گندم بیشتر بروی این صفات متمرکز گردد.

جدول ۴: پارامترهای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مدل امی برای ژنوتیپ ها

ژنوتیپ	X_1	X_2
مرودشت	-۰/۲۳	-۰/۱۶۵
کراس البرز	-۰/۲	-۰/۰۲
آذر ۲	-۰/۷۵	۰/۰۷۸
۴	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴
۵	-۰/۰۲	۰/۰۹۷
۶	۰/۰۲	۰/۰۳۴
۷	-۰/۰۹	۰/۱۹۱
۸	۰/۰۵	-۰/۲۱۱
۹	-۰/۰۷	-۰/۰۱۹
۱۰	۰/۰۹	-۰/۰۶۴
۱۱	-۰/۰۰۰۱	-۰/۱۲۱
۱۲	۰/۰۶۶	۰/۰۰۷
۱۳	۰/۲۶۷	-۰/۰۰۶
۱۴	-۰/۰۸۸	-۰/۰۱۷
۱۵	-۰/۰۰۸	۰/۰۱۲
۱۶	۰/۰۴۵	۰/۰۲۱
۱۷	۰/۰۸۰	-۰/۰۱۴
۱۸	-۰/۰۹۲	-۰/۰۶۴
۱۹	۰/۰۳۷	۰/۰۱۲
۲۰	-۰/۰۵۶	-۰/۰۲۱

X_2, X_1 بترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپی برای اولین و دومین مولفه اصلی اثر متقابل می باشد/۰

جدول ۵: پارامترهای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مدل امی برای محیطها

محیط	h_1	h_2
اصفهان	۰/۵۱۸	-۰/۳۸۹
کرمانشاه	-۰/۷۰۹	-۰/۱۴
ورامین	۰/۱۹۱	۰/۷۸۰

h_2 و h_1 بترتیب بردارهای ویژه محیطی برای اولین و دومین مولفه اصلی اثر متقابل می باشد

جدول ۶: مقادیر ریشه مشخصه و مولفه اصلی آثار متقابل برای ژنوتیپ ها در مدل امی

ژنوتیپ	IPC2	IPC1
مرودشت	-۰/۹۳	-۰/۰۰۶۵
کراس البرز	۰/۷۷۹	-۰/۰۸
آذر ۲	۰/۳	۰/۲۴۹
۴	۰/۴۹۶	۰/۳۱۴
۵	-۰/۱	۰/۴۹۵
۶	-۰/۰۹۸	۰/۳۸۶
۷	-۰/۳۸	۰/۱۳۹
۸	۰/۳۳	۰/۷۶۱
۹	-۰/۳۰۳	-۰/۸۴۱
۱۰	۰/۳۸۹	-۰/۰۷۸
۱۱	-۰/۰۰۰۶	-۰/۲۵۸
۱۲	۰/۲۶۳	-۰/۴۸۵
۱۳	۱/۰۶	-۰/۰۲۶
۱۴	-۰/۳۵۱	-۰/۰۷۱
۱۵	-۰/۰۳۵	۰/۰۸۴
۱۶	۰/۰۱۸۱	۰/۰۴۸
۱۷	۰/۳۳	۰/۰۸۴
۱۸	-۰/۳۶۵	-۰/۰۵۷
۱۹	۰/۱۴۵	۰/۰۴۷
۲۰	۰/۲۲۶	-۰/۰۸۵
ریشه مشخصه	۴/۹۱۲	۱۵/۸۱۸
واریانس تجمعی	۱۰۰	۷۶/۳

جدول ۷: مقادیر ریشه مشخصه و مولفه اصلی اثرات متقابل برای محیط ها در مدل امی

محیط	IPC2	IPC1
اصفهان	۱/۱۴۸	۰/۸۶۱
کرمانشاه	۰/۳۱۱	۱/۵۷
ورامین	۰/۴۲۵	۱/۱۷۳
ریشه مشخصه	۴/۹۱۲	۱۵/۸۱۸
واریانس تجمعی	۱۰۰٪	٪۷۶/۳

منابع

- رضایی، ع و سلطانی، ا.، ۱۳۷۷. مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی، انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
- فتاحی، ف.، مقدم، م.، گرامی، ع.، و یوسفی، ا.، ۱۳۷۷. بررسی پایداری ارقام جو از طریق پارامتر اکووالانس ریک و تجزیه واکنش ژنوتیپی توسط مدل امی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. صفحات ۱۵۶ و ۱۵۷.
- فرشادفر، ع.، ۱۳۷۶. روش شناسی اصلاح نباتات، انتشارات طاق بستان. دانشگاه رازی کرمانشاه. صفحه ۵۷۶.
- عسگری نیا، پ.، سعیدی، ق.، و رضایی، ع.، ۱۳۸۸. "تجزیه الگوی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط های زراعی برای عملکرد دانه در گندم با استفاده از روش چندمتغیره AMMI" مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد دوم، شماره دوم.
- محمدی نژاد، ق.، و رضایی، ع.، ۱۳۸۴. تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و بررسی الگوی واکنش ژنوتیپی در ارقام یولاف. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره دوم.
- Abamu, F. J. , Akinsola, E. A. and Alluri, K., 1998. 'Applying the AMMI models to understand genotype-by-environment (G E) interactions in rice reaction to blast disease in Africa', International Journal of Pest Management, 44: 4, 239 – 245.
- 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.
- Anandan A., Eswaran, R., Sabesan, T., and Prakash, M., 2009. AMMI Analysis of Yield Performance in Rice Genotype. Advancees in biological Research. 3:43-47.
- Arshad, M., Bakhsh, A., Haggani, A.M., and Bashir, M., 2003. Genotype–environment interaction for grain yield in chickpea (*Cicer arietinum*). Pakistan J. Bot. 35:181–186, 318.
- Ceccarelli, S., Grando, S., Booth, R.H., 2006. International Breeding programme and resource-poor farmers: Crop improvement in difficult environments. Available at www.Icarda.cgigr.org.
- Dohlert, D. C., Mc Mullen, M. S., and Hammond, J. I., 2001. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. Crop Sci. 41: 1066-1072.

- **Gauch, H. G., and Zobel, R. W., 1997.** Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci*, 73: 311-326.
- **Kaya, Y., Palta, C., and Taner, S., 2002.** Additive main effects and multiplicative interactions of yield performance in bread wheat genotypes across environments. *Turk J Aric*.26: 275-279.
- **Kang, M. S., 1993.** Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agron. J.*, 85: 754-757.
- 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., Sayre, K., and Reynolds, M.P., 2001.** Interpreting treatment and environment interaction in agronomy trials. *Agron. J.* 93: 946-960.
- Yan, W., and Rajcan, I., 2002.** Biplot analysis of the test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42:11-20.
- **Zobel, R. W., Madison, A. W., and Gauch, H. G., 1990.** Statistical of yield trial. *Crop Sci*, 80: 388-393.