

ارزیابی پایداری عملکرد در نخود با استفاده از مدل AMMI در کرمانشاه

آنیتا یاقوتی پور¹، عزت اله فرشادفر² و مجید قیطولی³

1- کارشناس ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه (Yaghotipoor.Anita@gmail.com)

2-3- بترتیب استاد و کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ دریافت: 86/6/14 تاریخ پذیرش: 88/3/25

چکیده

وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ایجاب می کند که عملکرد ژنوتیپ ها در دامنه وسیعی از شرایط محیطی مورد آزمایش قرار گیرند تا اطلاعات حاصل بتواند کارایی مربوط به گزینش و معرفی آن ها را افزایش دهد. در این تحقیق به منظور بررسی و انتخاب ژنوتیپ های پر محصول و سازگار با شرایط دیم و آبی، آزمایشی با تعداد 21 لاین و رقم نخود در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت چهار سال (1380 - 1376) در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی در دو شرایط دیم و آبی اجرا گردید. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل AMMI در سطح احتمال 1% معنی دار بود. مجموع مربعات (SS) اثر متقابل توسط مدل AMMI به چهار مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA) معنی دار در سطح احتمال 1% تفکیک گردید. در کل دو مؤلفه اصلی ($IPCA_1$ و $IPCA_2$) 66/58% تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کردند. بر اساس نمودار بای پلات مدل AMMI2، ژنوتیپ های 1 (FLIP 92-131C)، 7 (FILIP 92-47C)، 8 (FLIP 92-9C)، 15 (FLIP 92-104C)، 16 (FLIP 92-158C) و 21 (ILC 482) به عنوان ژنوتیپ های پایدار و ژنوتیپ های 7، 8، 16 و 21 به علت داشتن عملکرد بالا به عنوان ژنوتیپ های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند.

کلید واژه ها: نخود زراعی، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه پایداری، مدل AMMI و بای پلات

مقدمه

معیار های متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن ها به کار برده اند (1). گرافیوس و توماس¹ (12) به بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و بررسی سهم اجزای عملکرد در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پرداختند. آنان بیان داشتند که ظهور یک صفت اقتصادی در یک گیاه زراعی از جمله عملکرد نتیجه یک سری فعالیت های فیزیولوژیکی در طول دوره رشد آن است. هر یک از اجزاء این صفت مرکب ممکن است تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آنها قرار گیرند. طبق نظر این پژوهشگران عملکرد یک صفت پیچیده است که اجزای تشکیل دهنده آن در طول

اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از مسائل مهم در اصلاح نباتات است که در گسترش واریته های اصلاح شده حائز اهمیت فراوان می باشد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان دهنده حساسیت متفاوت به شرایط محیطی است، بدین معنی که بهترین ژنوتیپ در یک محیط لزوماً بهترین ژنوتیپ در محیط دیگر نیست (2). به علت وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، ارزیابی ارقام جدید در محیط های مختلف توسط اصلاح گران یک ضرورت محسوب می شود. از آنجائی که تجزیه و تحلیل با استفاده از روش های معمول مثل استفاده از جدول های تجزیه مرکب فقط اطلاعاتی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به دست می دهد، محققین

AMMI را بطور مفصل بسط داده و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند (5، 6 و 11).

مدل AMMI ترکیبی از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه های اصلی می باشد. در مدل AMMI ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس معمولی اثرات اصلی ژنوتیپ ها و محیط برآورد می شود (اثرات اصلی جمع پذیر) و سپس با استفاده از تجزیه به مؤلفه های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (اثرات متقابل ضرب پذیر) مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. قسمت ضرب پذیر مدل AMMI از مؤلفه های اصلی به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به یک تا N محور مؤلفه اصلی (PCA) منجر می شود (9). امی روش مناسبی برای تجزیه مقدماتی عملکرد است زیرا توسط آن می توان بهترین مدل را برای تجزیه داده ها شناسایی نمود و با استفاده از آن می توان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توضیح داد؛ یعنی با استفاده از روش امی می توان الگو و رابطه بین ژنوتیپ و محیط را خلاصه نمود. در روش امی برآورد عملکرد با دقت بیشتری صورت می گیرد. میزان دقت برآورد با روش امی شبیه افزایش تعداد تکرارهاست. مثلاً گزارش شده است که سودمندی مدل امی با سه تکرار در حدود 2/5 برابر طرح بلوک های کامل تصادفی است (10). از این روش می توان به منظور کاهش تعداد تکرارها استفاده کرد و بدین وسیله هزینه استفاده از تکرارهای زیاد را صرفه جویی نمود. با کاهش تعداد تکرار می توان تیمارهای بیشتری را در آزمایش وارد کرد و بازده انتخاب بهترین ژنوتیپ ها را افزایش داد. این مزیت دارای اهمیت زیادی در اصلاح نباتات خصوصاً در آزمایش دورگ های ذرت که در طرح های آنها از تعداد کمتری تکرار استفاده می شود، است (2).

تکامل رشد گیاه بصورت تکوینی و در طول زمان بوجود می آیند. نظر به اینکه اجزاء عملکرد در طول تکامل رشد گیاه حاصل می شوند، لذا عوامل محیطی آثار متفاوتی بر روی این اجزاء دارند. از مدتها پیش مسئله اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با تغییر عملکرد نسبی ارقام در محیط های مختلف، گزینش ژنوتیپ های برتر را پیچیده و با اشکال مواجه می نماید کامستوک و مول¹ (3) معتقدند که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باعث کاهش همبستگی بین ارزش های فتوتیپی و ژنوتیپی و کندی پیشرفت گزینش می گردد. روش های تجزیه پایداری شامل روش های تک متغیره و چند متغیره هستند. در این میان، روش های آماری چند متغیره، اطلاعات بیشتر و جامع تری را راجع به اثر متقابل و تغییر پذیری فتوتیپی در اختیار قرار می دهند (4). در بین این روش ها، مدل AMMI² برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط حائز اهمیت می باشد زیرا این مدل با یک روش آماری قدرتمند اثر متقابل را تجزیه می کند. مدل AMMI در سال 1952 توسط ویلیامز³، سیلوربرگ و پایک⁴ کشف شد (19 و 20). اما به خاطر محاسبات پیچیده و بیشتری که نسبت به روش تجزیه واریانس داشت و به خاطر اینکه درک و فهم پارامترهای جمع پذیر روش تجزیه واریانس آسانتر از پارامترهای ضربی مدل AMMI است، از آن به طور عملی استفاده نشد اولین کسی که به صورت عملی از مدل AMMI در تجزیه داده های حاصل از عملکرد استفاده نمود کمپتون⁵ (16) می باشد، سپس کروسا و همکاران⁶ گاج و زوبل⁷ مدل

1- Comstock & Moll

2- the additive main effect and multiplicative interaction

3- Williams

4- Silverberg & Pike

5- Kempton

6- Croosa *et al.*

7- Gauch & Zobel

دما +44 و حداقل آن 27- درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی 478 میلی متر می باشد. با توجه به آمار هواشناسی بیشترین بارندگی در اسفند ماه و کمترین آن در فروردین ماه بوده است. در اوایل به دلیل وضع نامساعد جوی چندین نوبت آبیاری اولیه توسط بارندگی تامین شد و پس از آن دو نوبت آبیاری نشتی صورت گرفت. در شرایط دیم آبیاری صورت نگرفت و فقط برای شروع جوانه زنی آبیاری صورت گرفت. در سال 80 دو مکان دیم وجود داشت که در یکی از آنها آبیاری قبل از دانه بستن و در دیگری بعد از دانه بستن انجام گرفت. پس از حذف اثرات حاشیه، عملکرد دانه بر حسب گرم اندازه گیری شد. آزمون بارتلت به منظور بررسی یکنواختی اشتباهات آزمایش و تجزیه واریانس مرکب جهت بررسی اثرات جمع پذیر برای داده های حاصل از اندازه گیری عملکرد دانه لاین ها در 7 محیط انجام گرفت. به منظور بررسی اثرات ضرب پذیر (اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) و تجزیه واکنش ژنوتیپی لاین های مورد مطالعه با روش AMMI تجزیه انجام شد. در مدل AMMI تجزیه واریانس و مؤلفه های اصلی در یک تجزیه واحد ترکیب می شوند. مدل تجزیه AMMI به صورت زیر بود:

$$Y_{ger} = \mu + \sigma_g + \beta_e + \sum \lambda_n \gamma_{gn} \delta_n + \rho_{ge} + \epsilon_{ger}$$

در مدل AMMI بخش جمع پذیر از تجزیه واریانس معمولی بدست می آید. در فرمول بالا Y_{ger} عملکرد ژنوتیپ g در محیط e و تکرار μ میانگین کل، σ_g اثر اصلی ژنوتیپ (اختلاف میانگین یک ژنوتیپ از میانگین ژنوتیپ ها)، β_e اثر اصلی محیط (اختلاف میانگین یک محیط از میانگین محیط ها) می باشد. قسمت ضرب پذیر مدل AMMI از مؤلفه های اصلی به منظور تجزیه اثر متقابل به یک تا N محور مؤلفه اصلی استفاده می کند. λ_n یک مقدار منفرد برای محور مؤلفه اصلی n ام که برابر با مقدار

به نظر گش¹ (10) عموماً با تعداد تکرار نسبتاً کم و بین دو تا ده تکرار، امی بهتر از بلوک بندی باعث کنترل خطا می شود ولی اگر تعداد تکرارها از ده تا بیشتر باشد، بلوک بندی بهتر از امی خطا را کنترل می کند. از آنجایی که در آزمایشات تحقیقاتی معمولاً تیمارهای بیشتر و تکرارهای کمتری را به کار می برند، اهمیت روش امی روشن می گردد.

هدف از این تحقیق استفاده از مدل AMMI برای تعیین میزان سازگاری و پایداری ارقام نخود زراعی در شرایط دیم و آبی می باشد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی و انتخاب ارقام پر محصول و پایدار 19 لاین اصلاحی و دو رقم نخود ایرانی جم و بیونچ (یومی کرمانشاه) (جدول 1) در یک طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبی و دیم برای مدت 4 سال (80-76) در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه مطالعه شد. هر ژنوتیپ در سه ردیف کشت گردید و بر روی هر ردیف 12 عدد بذر استفاده گردید. طول هر ردیف 1/5 متر و عرض آن 0/5 متر و فاصله بین ردیف ها 50 سانتی متر در نظر گرفته شد. مساحت کل کرت و مساحت برداشت شده برای محاسبه عملکرد کل دانه هر دو 2/25 مترمربع بود اما برای صفات دیگر از یک متر مربع نمونه برداری صورت گرفت. عملیات تهیه زمین در پاییز هر سال و با عمق شخم 25 سانتی متر آغاز شد. آماده سازی زمین با یک شخم بهاره، دیسک و مقداری پودر سون به میزان یک لیتر در هکتار با غلظت 85% انجام گردید. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا 1351/6 متر بوده که در 46 درجه و 20 دقیقه طول شرقی و 34 درجه و 20 دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. حداکثر

جدول شماره 1- اسامی و منشا ژنوتیپ های مورد بررسی

شماره	نام	منشأ
1	FLIP 92 - 131C	ICARDA - ICRISAT
2	FLIP 92 - 51C	ICARDA - ICRISAT
3	FLIP 92 - 44C	ICARDA - ICRISAT
4	FLIP 92 - 36 C	ICARDA - ICRISAT
5	FLIP 92 - 99 C	ICARDA - ICRISAT
6	بیونج	کرمانشاه
7	FLIP 92 - 47 C	ICARDA - ICRISAT
8	FLIP 92 - 9 C	ICARDA - ICRISAT
9	FLIP 92 - 67 C	ICARDA - ICRISAT
10	FLIP92 - 108 C	ICARDA - ICRISAT
11	FLIP 92 - 60 C	ICARDA - ICRISAT
12	FLIP 92 - 95 C	ICARDA - ICRISAT
13	FLIP 92 - 33C	ICARDA - ICRISAT
14	FLIP 92 - 137C	ICARDA - ICRISAT
15	FLIP92-104 C	ICARDA - ICRISAT
16	FLIP 92 - 158 C	ICARDA - ICRISAT
17	12-60-31	ایران
18	FLIP 92 - 121 C	ICARDA - ICRISAT
19	جم	ایران
20	FLIP 84 - 48 C	ایران - ICARDA
21	ILC482	ایران - ICARDA

نسبی اثر متقابل را نشان می دهد. در تحقیقی که توسط سیواپالان و همکاران³ انجام شد (18). اثرهای اصلی ژنوتیپ فقط 2% از تغییرات کل را توجیه کرد، در حالی که مجموع مربعات محیط 78% از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد و مابقی (11%) هم سهم اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود. به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تجزیه به مولفه های اصلی روی ماتریس باقیمانده صورت گرفت و دو مولفه اصلی اول در سطح احتمال 1/0/0 معنی دار شدند. اولین مولفه 38/67% از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص داد پس طبق مدل 1 AMMI ژنوتیپ های 21 و 16، 7، 8 ژنوتیپ های پایدار شناخته شدند و این مقدار برای مولفه اصلی دوم 27/91% بود بنابراین در مدل 2 AMMI نیز ژنوتیپ های 21، 16، 15، 8، 7 و 1 به عنوان پایدارترین ارقام با عملکرد بالا مشخص شدند. مولفه های اصلی باقیمانده در مدل 33/42% از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمودند. در کل، مدل AMMI با دو مولفه اصلی (2 AMMI)، 66/58% از تغییرات اثر متقابل را توجیه کرد. در جدول 4 مقادیر دو مولفه اصلی اول و عملکرد نشان داده شده است. از مقادیر این جدول برای رسم بای پلات و بررسی پایداری ژنوتیپ ها استفاده گردید. به منظور تجزیه واکنش ژنوتیپی (استفاده همزمان از تکنیک های دسته بندی و برداریایی) (4، 13 و 17) و بررسی دقیق تر پایداری ژنوتیپ ها و محیط ها، تجزیه کلاستر بر روی مقادیر اولین مولفه اصلی ژنوتیپ ها انجام شد که نتایج حاصل از گروه بندی ژنوتیپ ها در (جدول 3) آورده شده است. در کل می توان ژنوتیپ های (ILC)، (FLIP92-158C)، (FLIP92-9C8) و (FLIP92-47C) را به عنوان ارقام پایدار با عملکرد بالا معرفی کرد.

ویژه¹ مربوط به همان مولفه اصلی است. N تعداد محورهای PCA باقیمانده در مدل AMMI می باشد $(N \leq \min g-1, e-1)$. γ_{gn} بردار ویژه ژنوتیپ g ام از n مولفه اصلی اثر متقابل (IPCA) δ_{eng} بردار ویژه محیط e ام از n مولفه اصلی اثر متقابل، ρ_{ge} عبارت مربوط به نویز² و ε_{ger} عبارت مربوط به خطا (در صورتی که آزمایش تکرار داشته باشد) است. لازم به ذکر است که بردارهای ویژه γ δ_{eog} بدون واحد هستند، اما مقدار منفرد λ دارای واحد عملکرد است (11). به منظور ارزیابی پایداری ژنوتیپ ها و محیط ها و همچنین ارتباط دادن ژنوتیپ های مختلف به محیط های متفاوت، از نمودارهای بای پلات استفاده شد. در مدل AMMI اساس تجزیه ی اثر متقابل بر پایه مقادیر مولفه های اصلی می باشد (16) و بای پلات حاصل از تجزیه AMMI ژنوتیپ ها را براساس مقادیر مولفه های اصلی نشان می دهد. در این تحقیق برای تجزیه AMMI از نرم افزار GENSTAT و برای تجزیه کلاستر از نرم افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

معمولاً اصلاح کنندگان نبات در جستجوی انتخاب ژنوتیپ هایی می باشند که اثرات متقابل آن ژنوتیپ ها در محیط ها کم بوده، و با انتخاب ژنوتیپ های پایدار اثرات محیط بر روی ژنوتیپ کاهش یابد.

تجزیه واریانس با استفاده از مدل AMMI اختلاف معنی داری را برای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد (جدول 2). ژنوتیپ و محیط و اثر متقابل آنها به ترتیب 4/17، 33/2 و 62/63 درصد از مجموع مربعات کل را بیان نمودند. هر چند اثر متقابل، منبع اصلی تغییرات نیست ولی 8 برابر اثر ژنوتیپ می باشد که اهمیت

1- Eigene value
2- Noise

3- Sivapalan et al.

در این بای پلات، ژنوتیپ ها با شماره های 1، 2، ... و 21 و محیط ها با E1، E2، ... و E7 نمایش داده شده اند. ژنوتیپ هائی که در مرکز بای پلات قرار گرفته اند، اثر متقابل نزدیک به صفر دارند بنابراین دارای پایداری عمومی هستند. تجزیه کلاستر بر روی اولین مؤلفه اصلی ژنوتیپ ها (IPCA1) سه گروه را مشخص کرد: گروه اول شامل ژنوتیپ های 10 و 12 با بیشترین مقدار IPCA1 بود. گروه دوم شامل ژنوتیپ های 3، 15، 16، 2، 19، 21، 8، 18، 1، 7، 20، 6، 14 و 17 بود که کمترین مقدار IPCA1 را به خود اختصاص داده بودند و در نهایت بقیه ژنوتیپ ها در گروه سوم قرار گرفتند که مقادیر حد واسط IPCA1 را دارا بودند.

برای تفسیر بهتر یک نمودار بای پلات به نکات زیر باید توجه داشت (14 و 15):

- 1- مرکز بای پلات، میانگین را برای هر محیط یا ژنوتیپ نشان می دهد.
- 2- یک ژنوتیپ (یا یک محیط) با فاصله زیاد از مرکز بای پلات، دارای اثر متقابل بزرگی حداقل با یک ژنوتیپ (یا یک محیط) می باشد. 3- زاویه بین یک ژنوتیپ و یک محیط نشان دهنده ی مثبت یا منفی بودن اثر متقابل می باشد.

بای پلات شکل 1 محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع پذیر یا میانگین عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و محور قائم اثرات متقابل ضرب پذیر یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی (IPCA 1) یعنی ضرایب عاملی، می باشد. در بای پلات مذکور دو جفت از داده ها بر روی محورها نمایش داده شده اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر رقم (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه ی اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه ی اصلی هر محیط (محور عمودی) می باشد.

جدول 2- تجزیه AMMI برای ژنوتیپ های نخود در محیط های مختلف

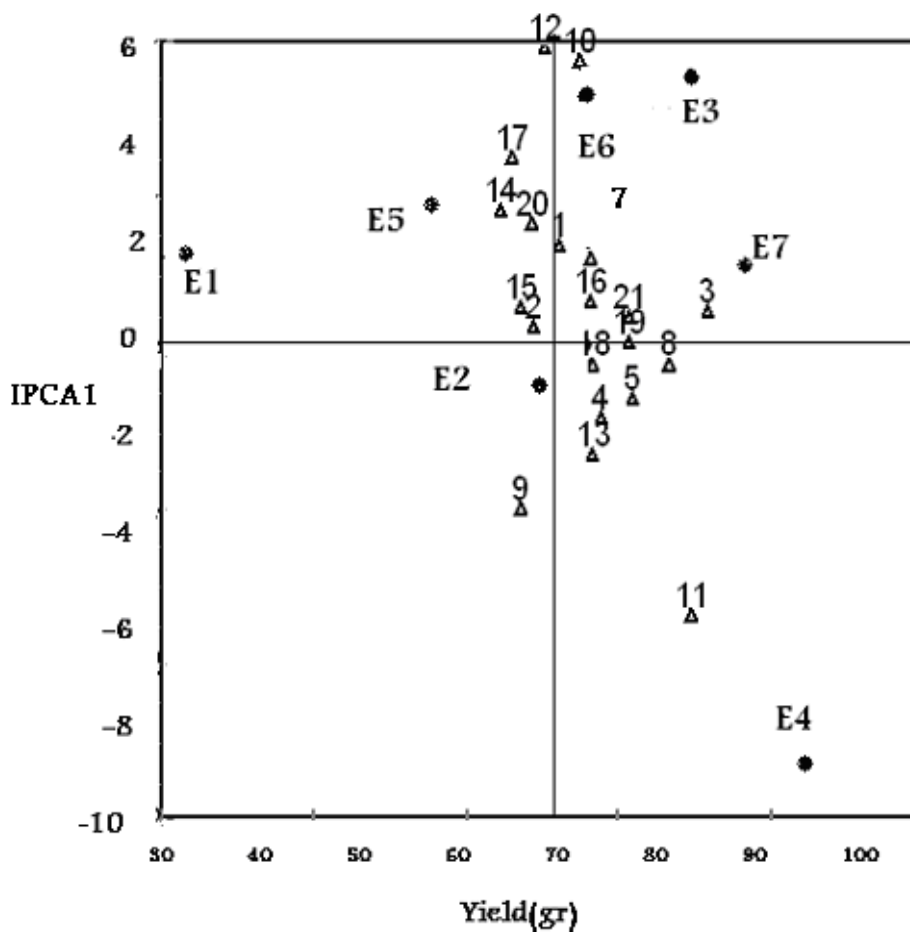
منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
تیمار	146	69418	475/47**
اشتباه	280	91450/8	326/61
ژنوتیپ	20	2891/43	144/57 **
محیط	6	43479/5	7246/59 **
ژنوتیپ × محیط	120	23047	192/06 **
IPCI1	25	8913/01	356/52 **
IPCI2	23	6433/02	279/70 **
باقیمانده (نویز)	72	7701/02	

جدول 3- گروهبندی ژنوتیپ ها بر اساس اولین مولفه اصلی با استفاده از تجزیه کلاستر و تجزیه تابع تشخیص

ژنوتیپ	نام	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	مولفه اصلی اول	مولفه اصلی دوم
1	FLIP 92 - 131C	68/29	1/01	0/44
2	FLIP 92 - 51C	66/43	-2/24	-2/42
3	FLIP 92 - 44C	80	-0/04	0/47
4	FLIP 92 - 36 C	71/86	-1/81	1/23
5	FLIP 92 - 99 C	73/86	-1/56	2/97
6	بیونینج	74/57	1/87	-2/17
7	FLIP 92 - 47 C	70/86	0/81	-0/02
8	FLIP 92 - 9 C	76/86	-0/80	-3/45
9	FLIP 92 - 67 C	65/43	-3/31	2/85
10	FLIP92 - 108 C	69/86	3/74	3/18
11	FLIP 92 - 60 C	78/71	-4/92	-1/43
12	FLIP 92 - 95 C	67/29	4/08	-0/74
13	FLIP 92 - 33C	71/14	-2/28	-0/671
14	FLIP 92 - 137C	65/29	1/72	-1/62
15	FLIP92-104 C	65	-0/02	1/22
16	FLIP 92 - 158 C	70/86	0/07	-0/51
17	12-60-31	64/57	2/36	0/27
18	FLIP 92 - 121 C	71/14	-0/97	2/51
19	جم	73/86	-0/51	-2/86
20	FLIP 84 - 48 C	66/29	1/25	2/41
21	ILC482	72/86	-0/44	-0/78

جدول 4- عملکرد و مولفه اصلی اول و دوم مربوط به 21 ژنوتیپ

شماره گروه	تعداد	درصد	میانگین	ژنوتیپ ها
1	1	100	78/71	11
2	2	100	68/08	10,20
3	4	100	70/57	9,4,18,5
4	14	100	80/56	17,12,14,6,8,19,2,13,15,3,21,16,7,1



شکل 1- بای پلات میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های نخود و محیط ها و مقادیر مولفه اصلی اول (مدل AMMI1)

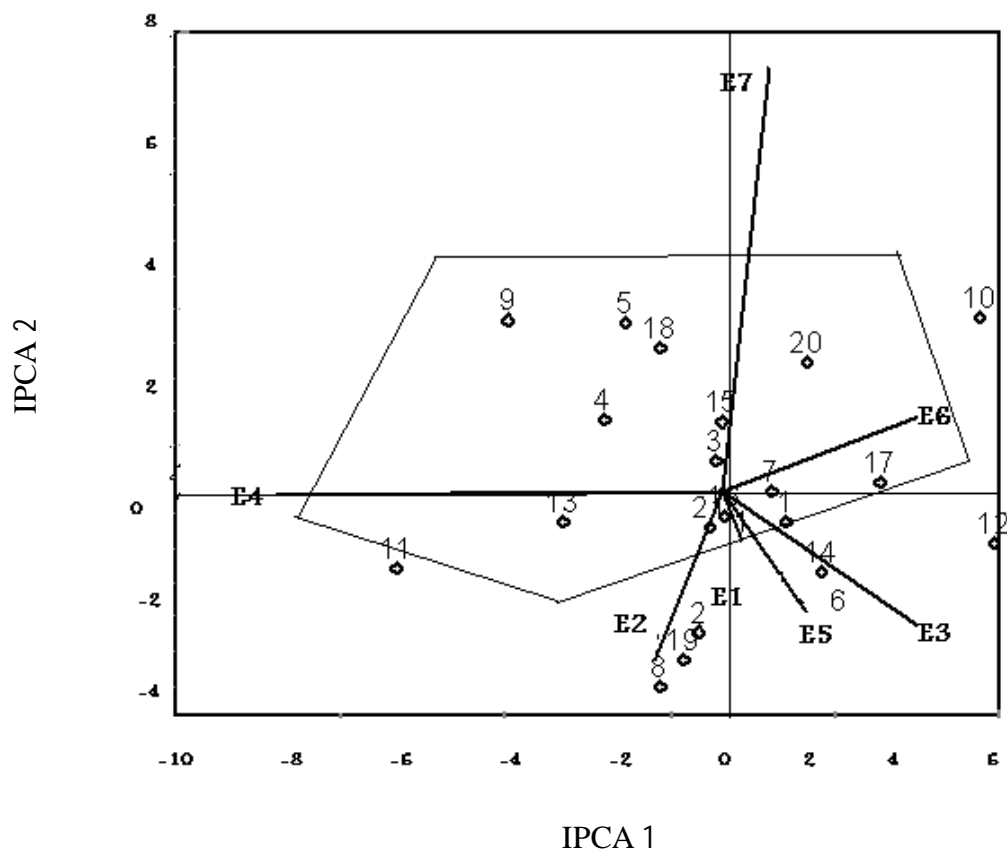
Δ = علامت ژنوتیپ * = علامت محیط

اساس مدل AMMI 2، ژنوتیپ های 3، 5، 9، 10 و 11 دارای سازگاری خصوصی هستند. ژنوتیپ های شماره ی، 10 و 11 دارای دامنه سازگاری خصوصی وسیع و ژنوتیپ های شماره ی 3 و 9 دارای دامنه سازگاری خصوصی محدودی هستند (شکل 2). بای پلات شکل 2 براساس بای پلات AMMI2 ژنوتیپ های 5، 4، 9، 10، 12، 18 و 11 دارای اثر متقابل بزرگ و بنابراین ناپایدار هستند. ژنوتیپ 11 دارای اثر متقابل بزرگ و منفی است و در ضمن محیط E4 (محیط تنش دوم در سال چهارم) نیز دارای چنین وضعیتی است. با توجه به این که واکنش اثر متقابل ژنوتیپ فوق مشابه با محیط E4 بود، لذا این ژنوتیپ دارای سازگاری خصوصی به این محیط است. از طرفی ژنوتیپ 8، 19 و 2 نیز دارای واکنش اثر متقابل مشابه با محیط E2 (شرایط تنش در سال دوم) هستند بنابراین این ژنوتیپ ها دارای سازگاری خصوصی با محیط مذکور می باشند. ژنوتیپ های 18، 9 و 5 دارای سازگاری خصوصی به محیط E7 (محیط غیر تنش در سال چهارم) می باشند. ژنوتیپ های 1، 7،

بای پلات مولفه اصلی اول ژنوتیپ ها (باعلامت مثبت) و محیط ها (با علامت دایره) نشان داد که ژنوتیپ های 4، 5، 13، 9 و 11 دارای اثر متقابل بزرگ و منفی هستند و عملکرد آنها بزرگتر از میانگین کل آزمایش بود (بجز ژنوتیپ 9). ژنوتیپ های 10 و 12 دارای اثر متقابل بزرگ و مثبت بودند و عملکرد آنها بیشتر از میانگین کل آزمایش بود. کلیه ژنوتیپ های فوق الذکر در گروه ژنوتیپ های با پایداری کم قرار گرفتند. ژنوتیپ های 7، 16، 19، 21، 18 و 8 دارای اثر متقابل کوچک و میانگین عملکرد بالاتر از متوسط عملکرد کل بودند بنابراین جز پایدارترین ژنوتیپ ها معرفی شدند. با توجه به اینکه مولفه اصلی اول تنها 38/67% اثر متقابل را توجیه کرد لذا به منظور دستیابی به نتایج مطمئن تر از اطلاعات دومین مولفه اصلی نیز استفاده شد و تجزیه کلاستر بر روی مولفه های اصلی اول و دوم اثر متقابل انجام شد. در جدول 5 همچنین ژنوتیپ ها و محیط ها براساس مقادیر دو مولفه اصلی اول و دوم نقطه یابی شدند. با توجه به نقشه بهترین ژنوتیپ بر گرفته بر

جدول 5 - گروه بندی ژنوتیپ ها بر اساس مولفه اصلی اول و دوم اثر متقابل با استفاده از تجزیه کلاستر و تجزیه تابع تشخیص

شماره گروه	تعداد	درصد	میانگین	ژنوتیپ ها
1	2	100	68/57	12 و 10
2	14	100	70/49	3، 15، 16، 2، 19، 21، 8، 18، 1، 7، 20، 6، 14، 17
3	5	100	72/2	13، 11، 9، 4، 5



شکل 2- بای پلات بر اساس مقادیر مولفه اصلی اول و دوم ژنوتیپ ها و محیط (مدل AMMI2)
● = ژنوتیپ

محیط، PCA 1 و PCA 2 در سطح احتمال 1% معنی دار شد. با استفاده از بای پلات و نشان دادن ژنوتیپ ها و محیط بر روی آن بطور همزمان، پایداری انجام شد و پایداری های عمومی و اختصاصی مشخص شد و بهترین مدل پیش بینی، مدل AMMI2 بود.

فرشادفر و همکاران² (8) با استفاده از مدل AMMI پایداری لاین های جانشینی گندم را ارزیابی نمودند و مدل AMMI2 را به عنوان بهترین مدل پیش بینی کننده در این تحقیق معرفی نمودند. در آزمایشی آگسی در ارزیابی پایداری

8، 15، 16 و 21 دارای اثر متقابل کوچک و بنابراین جزء ژنوتیپ های پایدار محسوب می شوند و ژنوتیپ های 7، 8، 16 و 21 به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از متوسط کل به عنوان ژنوتیپ های پایدار با عملکرد بالا معرفی شدند. با توجه به اینکه در مدل AMMI1 و AMMI2 ژنوتیپ های 1، 7، 8 و 21 مشترک بودند در نهایت ژنوتیپ های مذکور به عنوان ژنوتیپ های برتر معرفی شدند.

در تحقیقی که توسط کایا و همکاران¹ (15) انجام شد، بیست رقم گندم نان در شش محیط با روش AMMI ارزیابی شدند و مؤلفه های ژنوتیپ،

جدول 6 - میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های نخود در 7 محیط بر حسب کیلوگرم در هکتار

ژنوتیپ	1	2	3	4	5	6	7
1	34/00	61/33	96/66	90/33	54/00	63/66	78/33
2	38/66	62/00	87/66	98/33	62/00	57/00	58/66
3	45/00	69/66	87/00	106/33	83/66	70/33	98/00
4	33/66	76/66	69/33	110/00	53/66	66/00	92/66
5	27/33	75/33	64/33	115/00	40/66	97/00	98/00
6	40/33	67/66	98/33	92/33	71/66	87/66	64/00
7	47/00	59/00	74/66	90/33	73/00	71/66	80/00
8	46/66	106/00	84/00	102/00	71/33	61/00	67/33
9	38/00	49/00	53/00	116/66	54/00	49/00	97/66
10	54/00	52/00	76/00	63/66	62/33	91/33	102/66
11	35/66	83/00	85/33	149/66	60/33	60/33	76/66
12	29/00	70/00	99/00	58/66	64/00	71/00	79/33
13	48/00	00/74	61/66	113/00	62/66	63/66	74/00
14	35/00	71/66	65/66	75/00	58/66	79/66	59/66
15	53/33	72/00	73/66	85/33	45/33	52/00	92/33
16	48/66	72/66	65/66	94/00	60/66	81/33	72/00
17	34/66	61/00	90/00	71/33	49/00	65/00	81/00
18	33/00	67/00	67/66	102/66	56/00	68/66	101/66
19	37/33	94/00	86/00	102/66	62/00	71/66	62/66
20	16/00	70/00	81/66	81/33	43/66	71/00	99/66
21	35/66	66/33	84/33	106/66	72/66	78/33	76/33

های 3، 4، 5، 9، 15 و 18 برای محیط E7 (محیط غیر تنش سال چهارم) مناسب می باشند، یعنی پاسخ آنها به اثر متقابل $G \times E$ یکسان است و برای محیط E6 (محیط غیر تنش سال دوم)، ژنوتیپ های 1، 6، 17، 10، 7 و 20 برتر می باشند. ژنوتیپ های 1، 6، 12 و 14 برای محیط های E3 (محیط تنش 1 در سال چهارم) و E5 (شرایط غیر تنش در سال دوم)

عملکرد ژنوتیپ های یام، ژنوتیپ 3/2، محیط 85/3 و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط 11/38% از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمود (7). در بای پلات شکل 2 می توان دورترین ژنوتیپ ها را به هم وصل کرده و یک چند ضلعی به دست آورد و با رسم خطوط عمود بر اضلاع آن ژنوتیپ ها و محیط ها را گروه بندی نمود. براین اساس ژنوتیپ

بخشد و در مقایسه با روش های دیگر ارزیابی پایداری، در تعیین ژنوتیپ های خیلی پایدار با عملکرد بالا در آزمایشات چندگانه محیطی مؤثرتر است.

ماتریس اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط از طریق عملکرد هر ژنوتیپ در هر محیط ایجاد می شود. در مدل AMMI برای برداریابی، تجزیه به مؤلفه های اصلی روی ماتریس انحراف از جمع پذیر، ماتریس باقیمانده صورت می گیرد (9).

توصیه می شوند و در محیط های E1 (شرایط تنش در سال دوم) و E2 (شرایط تنش در سال دوم)، ژنوتیپ های 2، 8، 16 و 19 نسبت به اثر متقابل $G \times E$ عکس العمل یکسانی نشان می دهند.

در محیط E4، ژنوتیپ های 11، 13 و 21 مناسب می باشند. در محیط های 2 تا 6 به ترتیب ژنوتیپ های 3، 5، 9، 12، 19 و در محیط های 1 و 7 ژنوتیپ 10 بیشترین میزان عملکرد را نشان دادند (جدول 6).

مدل AMMI، دقت ارزیابی عملکرد گیاهان و انتخاب ژنوتیپ هایی با عملکرد بیشتر را بهبود می

منابع

1. روستایی، م.، صادق زاده اهری، د.، حسامی، ع.، سلیمانی، ک.، پاشاپور، ه.، نادر محمودی، ک.، پور سیاه بیدی، م.م.، مسعود احمدی، م.، حسنپور حسنی، م.، و عابدی اصل، غ. 1382. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم نان در مناطق سردسیر و معتدل دیم. مجله نهال و بذر جلد 19، شماره 2، صص 263 - 280.
2. فرشادفر، ع. 1377. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. جلد دوم، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه، صص 37 - 203.
3. Comstock, R.E., and Moll, R.H. 1963. Genotype – environment interaction. In: Statistical Genetics and Plant Breeding, pp. 164 – 196. NAS-NRC. 982
4. Croosa, J., Gauch, G.H., and Zobel, R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of international maize cultivar trials. Crop Science, 30: 493-500.
5. Croosa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. Advances in Agronomy, 44: 55-85.
6. Croosa, J., Fox, P.N., Pfeifer, W.H., Rajaram, S., and Gauch, H. G. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trials. Theoretical and Applied Genetics, 81: 27-37.
7. Egesi, C.N., and Asiedu, R. 2002. Analysis if yam yield using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. African Crop Science Journal, 10 (3):195-207.
8. Farshadfar, E., and Shutka, j. 2003. Locating QTLs controlling adaptation in wheat using AMMI model. Cereal Research Communication, 31: 249- 256.

9. Gauch, H.G. 1992. Statistical analysis of regional trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 287p.
10. Gauch, H.G. 1990. Full and reduced models for yield trials. Theoretical and Applied Genetics. Appl. Genet, 153-160.
11. Gauch, H.G., and Zobel, R.W. 1989. Accuracy and selection success in yield trials analysis. Theoretical and applied genetics, 77: 443-481.
12. Grafius. J.E., and Thomas, R.L. 1971. The case for indirect genetic control of sequential traits and the strategy of deployment of environmental resources by the plam. Heredity, 27: 433-442.
13. Hayward, M., Bosemard, D., and Romagosa, L. 1993. Plant breeding. London: Chapman and Hall, U.k., 100 p.
14. Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal, 85: 754-757.
15. Kaya, Y., Palta, C., and Taner, S. Additive Main Effect and Multiplicative Interactions Analysis of Yield Performances in Bread Wheat Genotypes across Environments. Turk J Agric For, 26: 275-279.
16. Kempton, R.A. 1984. The use of biplot in interpreting variety by environment interaction. Journal of agricultural science, CRC press, BO Ca Raton, Florida, 150 p.
17. Sabaghpour, S.H., Sadeghi, E., and Malhotra, S. 2003. Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. International chickpea conference (20- 22 jun 2003). Raipur Chhattisgarh. India.
18. Sivapalan, S., Brien, L., Ferrara, G., Hollamby, J.G., and Barclay, P.J. 2000. An adaptation analysis of Australia and CIMMYT/ICARDA wheat germplasm in Australian production environments. Australian Journal of Agricultural Research, 51: 903-915.
19. Silverberg, T.R., and Pike, E.W. 1952. Designing Mechanical Computers. Machine Deesign, 24:131-163.
20. Williams, E.J. 1952. The interpretation of interactions in factorial experiments. Biometrika, 39:65-81.