

ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود با روش GGE بای پلات

رحمت‌الله کریمی‌زاده^۱، پیام پزشک‌پور^۲، امیر میرزائی^۳، محمد برزعلی^۴، کاوس کشاورزی^۵ و پیمان شریفی^{۶*}

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳۱)

چکیده

در پژوهش حاضر، ۱۴ ژنوتیپ پیشرفته نخود گزینش شده از آزمایش‌های منطقه‌ای به همراه ارقام شاهد عادل و آزاد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هشت محیط (گنبد، گچساران، ایلام و خرم‌آباد به ترتیب در سه، دو، دو و یک سال) طی سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۶ کشت شدند. تجزیه مرکب داده‌ها، اثر معنی‌دار محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط به ترتیب با سهم ۴۳/۵، ۱۹/۸ و ۳۶/۷ درصدی از تنوع کل عملکرد دانه را نشان داد. دو مؤلفه اصلی اول و دوم به ترتیب ۵۰/۸۹ و ۱۹/۳۹ درصد از تغییرات را توجیه کردند. بای پلات چندضلعی (Polygon view of biplot) نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۴ و ۹، سازگارترین ژنوتیپ‌ها برای محیط‌های دو، سه، شش، هفت و هشت و ژنوتیپ‌های ۸، ۵ و ۱۳ برای محیط یک بودند. بر پایه بای پلات تستر متوسط (Average Tester Coordinate)، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۵، ۱۳ و ۱۴ پر محصول و پایدار بودند. بر اساس بای پلات مقیاس‌بندی مبتنی بر ژنوتیپ (Genotype-focused scaling)، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۴، ۸، ۹ و ۱۳ در اطراف ژنوتیپ ایده‌آل، مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. شاخص برتری (PI) نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۱، ۹، ۱۶، ۱۳ و ۱۴ در تمام محیط‌ها و در محیط‌های مساعد (محیط‌هایی با عملکرد بالاتر از میانگین کل) و ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۲ و ۵ در محیط‌های نامساعد (محیط‌هایی با عملکرد پایین‌تر از میانگین کل)، ژنوتیپ‌های برتر بودند. بر پایه نماهای مختلف بای پلات و هم‌چنین شاخص برتری، ژنوتیپ‌های شماره ۱۱، ۱۴ و ۵ با عملکردی بالاتر از میانگین کل و عملکرد ارقام شاهد آزاد و عادل و پایداری عملکرد در محیط‌ها، می‌توانند گزینه‌ی معرفی ارقام جدید باشند.

واژه‌های کلیدی: تستر متوسط، سازگاری، شاخص برتری، قدرت تمایز

۱. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران
 ۲. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران
 ۳. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران
 ۴. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران
 ۵. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران
 ۶. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
- *: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: peyman.sharifi@gmail.com & sharifi@iaurasht.ac.ir

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum*)، یک گیاه زراعی است که پس از فصل بارندگی و بیشتر به صورت دیم در مناطق غرب آسیا و شمال آفریقا کاشته می‌شود و با استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک، چرخه زندگی خود را کامل می‌کند (۱۲). این گیاه علاوه بر اهمیت آن به عنوان یک منبع غذایی مهم برای تغذیه انسان و دام، در مدیریت حاصل خیزی خاک به ویژه در مناطق خشک نیز می‌تواند نقش داشته باشد. با این وجود، میانگین جهانی عملکرد نخود در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، حتی حبوباتی مانند عدس پایین تر است (۲). پدید آوردن لاین‌های جدید و ارزیابی آن‌ها در محیط‌های مختلف برای دستیابی به ارقامی با عملکرد بالا، می‌تواند راهکاری برای چیرگی بر این عملکرد پایین در این گیاه زراعی باشد. از طرف دیگر، علاوه بر پتانسیل عملکرد ارقام، عوامل محیطی دیگری نیز می‌توانند سبب کاهش عملکرد در واحد سطح شوند، که پراکندگی نامناسب بارندگی و کاهش بارندگی از جمله آنها هستند (۱۷). بنابراین، ارزیابی لاین‌های جدید در محیط‌های مختلف می‌تواند به فرایند دستیابی به ارقام مناسب برای هر کدام از محیط‌ها (یا تمامی محیط‌ها) کمک کند، اما در این ارزیابی، پدیده برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (GEI) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. واکنش ژنوتیپ‌های گوناگون به شرایط محیطی را برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط می‌گویند. در صورت وجود GEI، عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی (سال، مکان و یا ترکیب آنها) به محیط دیگر متفاوت خواهد بود (۲۰).

روش‌های گوناگونی برای ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط به وسیله به‌نژادگران پیشنهاد شده است که باید از بین آنها روش‌هایی را به کار برد که با دقت و به‌گونه‌ای کارآمد واکنش ژنوتیپ‌ها را در محیط‌های آزمایشی اندازه‌گیری کنند (۲۰). تجزیه پایداری، ژنوتیپ‌های پایدار را گروه‌بندی می‌کند و به‌کارگیری ارقام پایدار به حصول عملکرد پایدار در تمام محیط‌ها کمک می‌کند. پایداری ژنوتیپ‌ها با روش‌های تک متغیره پارامتری و ناپارامتری و چند متغیره ارزیابی می‌شود که یکی از روش‌های چند متغیره، روش GGE بای‌پلات است. در این

روش، اثر اصلی ژنوتیپ (G) و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (GE) با تجزیه مؤلفه‌های اصلی از یکدیگر جدا می‌شوند و این اثرها در یک نمودار ترسیم می‌شوند که مقایسه ژنوتیپ‌ها و برهم‌کنش آنها با محیط‌ها را آسان می‌کند (۲۱). این روش، هم‌چنین ابرمحیط‌ها را شناسایی کرده، بهترین ژنوتیپ را برای هر محیط معرفی نموده و قدرت نمایندگی و تمایز هر کدام از محیط‌ها را مشخص می‌کند (۱۸).

پژوهشگران زیادی پایداری ژنوتیپ‌های نخود را در محیط‌های گوناگون با روش‌های مختلف ارزیابی کرده‌اند. حاجی‌وند و همکاران (۱۱) با ارزیابی ۱۸ ژنوتیپ پیشرفته نخود و دو رقم شاهد، اثر معنی‌دار مکان، سال در مکان، ژنوتیپ، ژنوتیپ در مکان و ژنوتیپ در مکان در سال را نشان دادند. آنها همچنین سهم ۳۲/۹ و ۲۹/۶ درصدی دو مؤلفه اصلی اول و دوم را در برهم‌کنش ژنوتیپ در مکان گزارش کردند. دانیالی و همکاران (۵) با ارزیابی ۱۷ ژنوتیپ نخود در شانزده محیط، اثر معنی‌دار ژنوتیپ، محیط و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را بر عملکرد دانه گزارش کردند و با روش‌های GGE بای‌پلات و AMMI، ژنوتیپ‌های پایدار را شناسایی کردند. بخش و همکاران (۳) با ارزیابی ۱۶ ژنوتیپ نخود در ۱۲ محیط، اثر معنی‌دار محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را در تنوع کل عملکرد دانه مشاهده کردند. کانونی و همکاران (۱۳) ۱۴ ژنوتیپ نخود را در ۱۲ محیط ارزیابی نموده و مشاهده کردند که محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط به ترتیب ۸۲/۲، ۴/۶ و ۱۳/۲ درصد از تنوع کل را توجیه کردند و دو مؤلفه اصلی اول به ترتیب ۴۳ و ۲۴ درصد از برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کرد. زالی و همکاران (۲۲) با ارزیابی ۱۷ ژنوتیپ نخود سهم ۸۷/۶ درصدی دو مؤلفه اصلی اول را در برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط مشاهده کردند. پوراسماعیل و همکاران (۱۶) با ارزیابی ۱۲ ژنوتیپ نخود مشاهده کردند که سهم محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در تنوع کل عملکرد دانه به ترتیب ۴۴/۲، ۴/۸ و ۲۸/۹ درصد بود و دو مؤلفه اصلی اول به ترتیب ۲۵/۶ و ۲۰/۸ درصد از تغییرات برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کرد. فرشادفر و همکاران (۸) با ارزیابی ۲۰

مترمربع کشت شدند. آزمایش در گنبد، در هر سه سال زراعی، در خرم‌آباد، فقط در سال دوم و در دو منطقه گچساران و ایلام در دو سال زراعی اول انجام شد. ویژگی‌های جغرافیایی مناطق اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. در هر محیط، آزمایش در زمینی انجام شد که در سال پیش از آن، آیش بود. زمین با گاوآهن شخم زده شد و با دیسک و روتواتور نرم شد. کود شیمیایی به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۳۵ کیلوگرم در هکتار اوره، به هنگام عملیات تهیه زمین، به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط شد. پس از برداشت، عملکرد دانه اندازه‌گیری شده و تجزیه‌های آماری بر روی آن انجام شد.

تجزیه‌های آماری

ابتدا تجزیه واریانس ساده روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در هر کدام از محیط‌ها انجام پذیرفت و سپس یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون بارتلت ارزیابی شد. پس از آن، تجزیه مرکب و تجزیه پایداری با روش GGE بای‌پلات انجام شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از GGEBiplotGUI (۴) و *metan* (۱۵) در نرم‌افزار R انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده برای هر یک از محیط‌ها، اثر معنی‌دار ژنوتیپ را در هر هشت محیط آزمایشی نشان داد که بیان‌گر تنوع مواد آزمایشی بود (نتایج ارائه نشده است). از این‌رو، پیش از تجزیه مرکب داده‌ها، آزمون بارتلت انجام شد که نتایج آن $(\chi^2=10.02, P\text{-value}=0.1873)$ ، یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی را نشان داد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای هشت محیط بیانگر اثر معنی‌دار محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد بود و نشان داد که این سه جزء به ترتیب ۴۳/۵، ۱۹/۸ و ۳۶/۷ درصد از تنوع کل عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ۳). در تطابق با این نتیجه مبنی بر سهم بیشتر دو جزء محیط و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در توجیه تغییرات عملکرد دانه نخود، پژوهشگران دیگری نیز چنین

ژنوتیپ نخود در سه فصل زراعی مشاهده کردند که سهم دو مؤلفه اصلی اول به ترتیب ۴۰/۵ و ۲۷/۵ درصد از تغییرات برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط بود. در پژوهشی دیگر، فرشادفر و همکاران (۷) با ارزیابی ۱۷ ژنوتیپ نخود، سهم ۸۶/۴، ۲/۴۸ و ۱۱/۱ درصدی محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را از تنوع کل و سهم ۵۶ و ۲۴ درصدی دو مؤلفه اصلی اول در برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را گزارش کردند. همچنین اردمچی (۶) با ارزیابی ۱۵ ژنوتیپ نخود نشان داد که محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط به ترتیب ۶۷/۸، ۶/۱۷ و ۱۵/۲ درصد از تنوع کل عملکرد دانه را توجیه کرد و سه مؤلفه اصلی اول به ترتیب ۴۶/۸، ۲۲/۴ و ۱۶/۲ درصد از برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را توجیه کردند. همکاران (۱)، با ارزیابی ۱۲ ژنوتیپ نخود، سهم ۶۴/۸، ۱۰/۲ و ۲۴/۸ درصدی محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در مجموع مربعات کل و سهم ۵۳/۳، ۳۳/۲ و ۷/۶۴ درصدی سه مؤلفه اصلی اول در برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را گزارش کردند. در پژوهش‌های دیگری هم سهم ۲۸/۵ و ۲۰/۴ درصدی (۹) و ۳۲/۷ و ۲۰/۴ درصدی (۱۰) دو مؤلفه اصلی اول در برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه نخود گزارش شده است.

هدف از انجام پژوهش حاضر، دستیابی به ارقام پرمحصول و سازگار با شرایط آب و هوایی مناطق دیم گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشور با روش بای‌پلات و شاخص برتری لین و بینز (۱۴) است. استفاده از یک روش چند متغیره ضرب‌پذیر و یک روش تک متغیره برای مقایسه بین دو روش است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۴ ژنوتیپ پیشرفته نخود گزینش شده از آزمایش‌های منطقه‌ای به‌همراه ارقام شاهد عادل و آزاد (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در چهار منطقه گچساران، گنبد، خرم‌آباد و ایلام به مدت سه سال زراعی (۹۹-۱۳۹۶) و در کرت‌هایی به طول ۶ متر و عرض ۱ متر روی ۵ خط با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و تراکم ۵۰ دانه در

جدول ۱. شماره و نام ژنوتیپ‌های بررسی شده

ژنوتیپ	نام/شجره	منشأ
۱	TDS-Maragheh90-92/Gn-PR-93-15/Gn-PR-94-8	ایکاردا
۲	TDS-Maragheh90-137/Gn-PR-93-18/Gn-PR-94-10	ایکاردا
۳	TDS-Maragheh90-150/Gn-PR-93-23/Gn-PR-94-14	ایکاردا
۴	TDS-Maragheh90-162/Gn-PR-93-27/Gn-PR-94-17	ایکاردا
۵	TDS-Maragheh90-239/Gn-PR-93-49/Gn-PR-94-35	ایکاردا
۶	TDS-Maragheh90-292/Gn-PR-93-66/Gn-PR-94-45	ایکاردا
۷	TDS-Maragheh90-300/Gn-PR-93-67/Gn-PR-94-46	ایکاردا
۸	TDS-Maragheh90-423/Gn-PR-93-97/Gn-PR-94-65	ایکاردا
۹	FLIP09-53C-X04TH175/FLIP95-51XFLIP97-165	ایکاردا
۱۰	FLIP09-178C-X06TH46/FLIP02-3XFLIP00-14	ایکاردا
۱۱	FLIP09-228C-S00794(30 KR)-2/	ایکاردا
۱۲	FLIP09-249C-S00794(30 KR)-6/	ایکاردا
۱۳	FLIP09-441C-X04TH61/X03TH-129XFLIP96-154	ایکاردا
۱۴	FLIP09-350C-X06TH44/FLIP00-50XFLIP01-60	ایکاردا
۱۵	عادل	ایران
۱۶	آزاد	ایران

جدول ۲. ویژگی‌های جغرافیایی مناطق اجرای آزمایش

مکان	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط میزان بارندگی (میلی متر)
گچساران	۳۰°، ۱۷' شمالی	۵۰°، ۵۰' شرقی	۷۱۰	۴۵۰
گنبد	۳۷°، ۱۶' شمالی	۵۵°، ۱۲' شرقی	۴۵	۵۵۰
ایلام	۳۳°، ۴۷' شمالی	۴۶°، ۳۶' شرقی	۹۷۵	۳۵۰
خرم‌آباد	۳۲°، ۲۹' شمالی	۴۸°، ۱۸' شرقی	۱۱۴۷	۴۴۵

جدول ۳. تجزیه مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود در هشت محیط

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درصد
محیط	۷	۴۳۰۷۷۴۶۸	۶۱۵۳۹۲۴**	۴۳/۵
تکرار درون محیط	۱۶	۱۹۲۱۷۷۶	۱۲۰۱۱۱	
ژنوتیپ	۱۵	۱۹۶۰۵۳۳۰	۱۳۰۷۰۲۲**	۱۹/۸
ژنوتیپ در محیط	۱۰۵	۳۶۳۱۱۱۰۰	۳۴۵۸۲۰**	۳۶/۷
خطای آزمایشی	۲۴۰	۱۵۰۹۴۰۸۰	۶۲۸۹۲	
کل	۳۸۳	۱۱۶۰۰۹۷۵۴		

* و **: به ترتیب اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال پنج و یک درصد

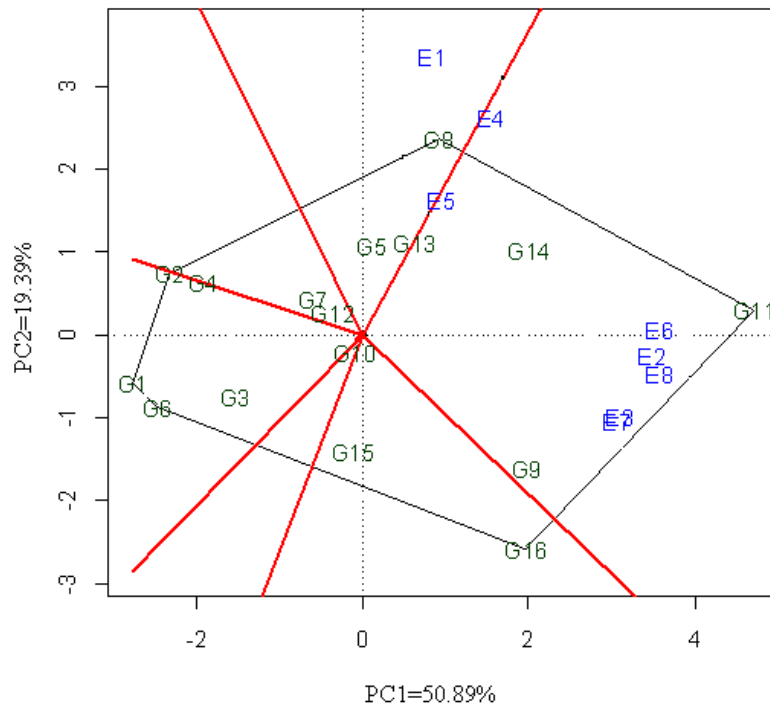
پژوهشگران دیگری نیز سهم بالای دو مؤلفه اصلی اول در توجیه تغییرات عملکرد دانه در نخود را گزارش کردند (۱، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۳ و ۱۶). از این رو، برای تجزیه پایداری از نمای چندضلعی بای‌پلات استفاده شد. این نمای بای‌پلات، از به هم پیوستن مکان ژنوتیپ‌های واقع در دورترین فاصله از مبدأ بای‌پلات به یکدیگر ترسیم شد، به طوری که همه ژنوتیپ‌ها درون این شش ضلعی قرار گرفتند. در این پژوهش، خطوطی که از مبدأ بای‌پلات به هر ضلع این شش ضلعی عمود شدند، صفحه بای‌پلات را به شش قطاع تقسیم کردند. ژنوتیپ‌های واقع در هر قطاع از بای‌پلات، سازگارترین ژنوتیپ‌ها برای محیط‌های واقع در همان قطاع بودند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۹، ۱۱ و ۱۴ سازگارترین ژنوتیپ‌ها برای محیط‌های دو، سه، شش، هفت و هشت بودند. محیط‌های چهار و پنج نیز بر روی خط جداکننده این قطاع با قطاع کناری قرار داشتند، پس می‌توان ژنوتیپ‌های واقع در این دو قطاع را سازگار با این دو محیط در نظر گرفت. در قطاع دوم، ژنوتیپ ۸ در رأس شش ضلعی و ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۳ درون آن قرار داشتند، بنابراین، این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری اختصاصی با محیط ۱ بودند. در قطاع سوم، ژنوتیپ ۲ در رأس و ژنوتیپ‌های ۴، ۷ و ۱۲ درون آن جای داشتند. ژنوتیپ ۱ در رأس قطاع بعدی بود. ژنوتیپ ۶ در رأس قطاع پنجم بود که درون آن ژنوتیپ‌های ۳ و ۱۰ جای داشتند. در آخرین قطاع نیز دو ژنوتیپ شاهد ۱۵ و ۱۶ قرار داشتند. از آنجا که هیچ کدام از محیط‌ها، درون قطاع‌های سوم تا ششم نبودند، پس ژنوتیپ‌های واقع در این قطاع‌ها سازگاری اختصاصی با هیچ محیطی نداشتند. چون هرچه ژنوتیپی به مبدأ بای‌پلات نزدیک‌تر باشد، آن ژنوتیپ دارای سازگاری عمومی بالایی خواهد بود، ژنوتیپ‌های ۷، ۱۰ و ۱۲ را می‌توان دارای چنین ویژگی برشمرد. دانیالی و همکاران (۵) نیز با استفاده از روش بای‌پلات، ژنوتیپ‌های پایدار نخود را شناسایی کردند.

بررسی همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمای محور محیط (تستر) متوسط (ATC) بای‌پلات در شکل ۲ نشان داده شده است. دایره کوچک، نشان‌دهنده موقعیت محیط متوسط است که با میانگین نمرات PC1 و PC2 در تمام محیط‌ها

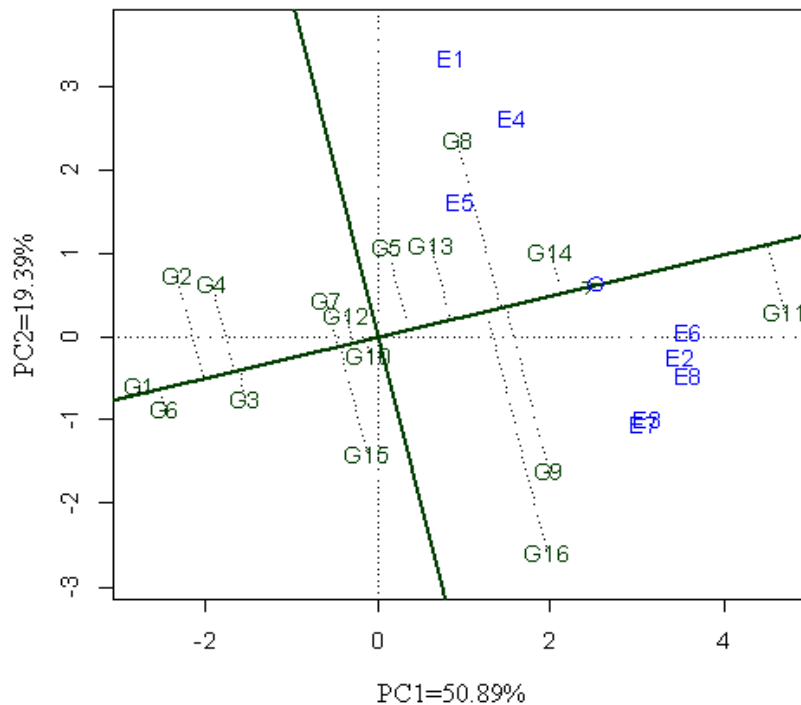
نتایج را گزارش کردند (۶، ۷، ۸، ۱۳ و ۱۶). در این پژوهش، سهم برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در مقایسه با مطالعه‌های دیگر اندکی بیشتر بود که دلیل آن می‌تواند ناشی از انجام آزمایش به صورت غیرمتقاطع در سال و مکان باشد. این امر سبب شده است که واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها به گونه‌ای باشد که در نمودار بای‌پلات، نقاط مربوط به دو سال اجرای آزمایش در گچساران (E1 و E4) در کنار هم در قطاع دوم و خرم‌آباد (E5) نیز در همین قطاع و با اندکی فاصله از آن دو، قرار داشته باشد. نقاط مربوط به دو سال اجرای آزمایش در ایلام (E3 و E7) دقیقاً بر روی هم و سه سال اجرای آزمایش در گنبد (E2، E6 و E8) هم در فاصله‌ای بسیار نزدیک به هم در قطاع اول جای داشتند (شکل ۱). بنابراین، تنوع بیشتر از نوع بین مکانی تا درون مکانی بود و شباهت‌های سال‌های مختلف درون هر مکان، می‌تواند سبب افزایش سهم برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در مقایسه با سهم محیط شود. معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ، نشان‌دهنده تفاوت ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه است اثر معنی‌دار محیط نیز نشان داد که عملکرد دانه در محیط‌های مختلف با یکدیگر متفاوت بودند. معنی‌دار بودن برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط نیز نشان‌دهنده این است که عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر متفاوت بود و نوسان عملکرد دانه را در محیط‌های مختلف نشان می‌داد.

تجزیه پایداری به روش GGE بای‌پلات

یکی از بهترین روش‌ها برای تحلیل برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (۲۰) و نشان دادن مفاهیمی هم‌چون سازگاری ویژه یک ژنوتیپ و تفکیک ابرمحیط‌ها (۱۸)، تجزیه پایداری به صورت گرافیکی یعنی بای‌پلات و به ویژه نمای چندضلعی آن است. در این مطالعه، دو مؤلفه اصلی اول و دوم ناشی از تحلیل مدل GGE، به ترتیب ۵۰/۸ و ۱۹/۳ درصد از تغییرات و در مجموع بالای ۷۰ درصد از تغییرات برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را توجیه کردند، بنابراین استفاده از بای‌پلات برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌تواند مفید باشد. در تطابق با این نتیجه



شکل ۱. نمای چند ضلعی GGE بای پلات بر اساس داده‌های عملکرد دانه ۱۶ ژنوتیپ نخود در هشت محیط. PC1 و PC2 به ترتیب مؤلفه اصلی اول و دوم هستند؛ شماره ژنوتیپ‌ها همانند جدول ۱ است. E1: گچساران، سال اول؛ E2: گنبد سال اول؛ E3: ایلام، سال اول؛ E4: گچساران سال دوم؛ E5: خرم‌آباد، سال دوم؛ E6: گنبد سال دوم؛ E7: ایلام، سال دوم؛ E8: گنبد سال سوم.



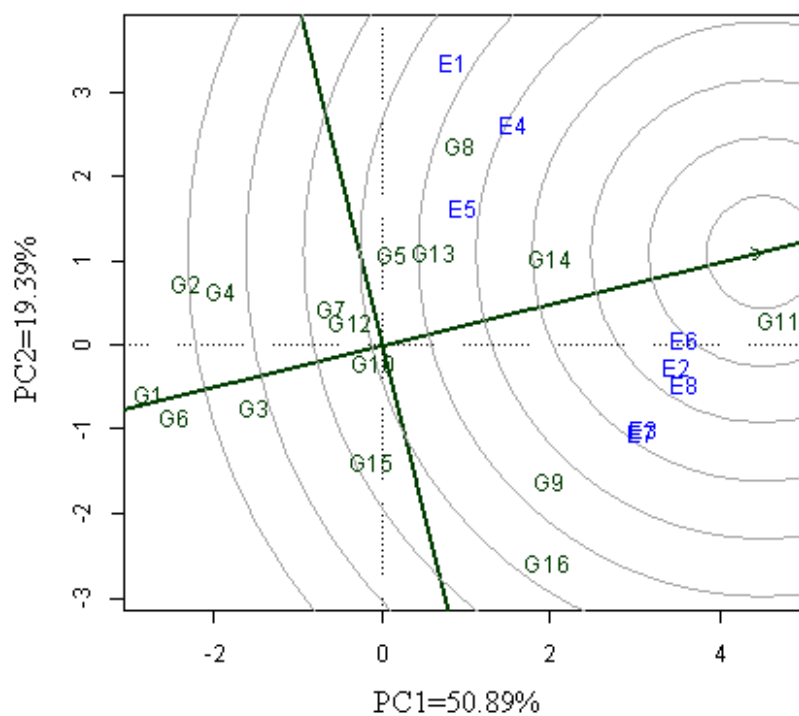
شکل ۲. نمای محور محیط متوسط (ATC) از بای پلات GGE بر اساس داده‌های عملکرد دانه ۱۶ ژنوتیپ نخود آزمایش شده در هشت محیط. PC1 و PC2 به ترتیب مؤلفه اصلی اول و دوم هستند؛ شماره ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به ترتیب همانند جدول ۱ و شکل ۱ است.

۱۱ با عملکردی بیشتر از میانگین کل، به ترتیب از پایداری خوبی نیز روی محیط‌های آزمایش برخوردار بودند (شکل ۲).

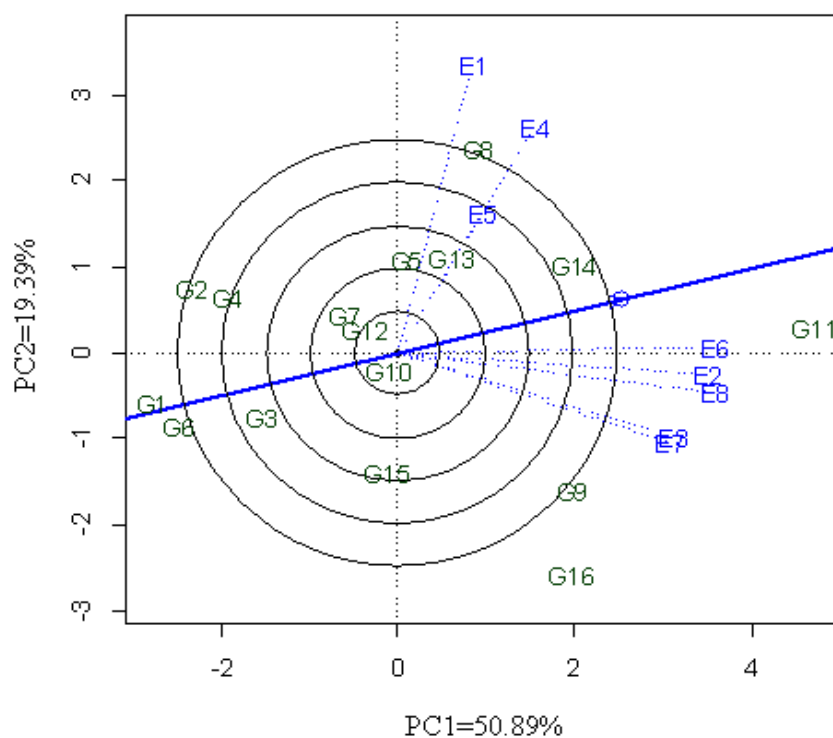
در نمای مقیاس‌بندی مبتنی بر ژنوتیپ، یک دایره کوچک با پیکان اشاره‌کننده به سوی آن، در روی بُعد افقی ATC نشان‌دهنده یک ژنوتیپ ایده‌آل است که مرجعی برای ارزیابی سودمندی ژنوتیپ و گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول و پایدار است (۲۰). این ژنوتیپ که ممکن است در واقعیت وجود نداشته باشد، بیشترین میانگین عملکرد (به دلیل داشتن بیشترین فاصله از مبدأ بای‌پلات روی خط ATC) و پایداری (کمترین فاصله عمودی با خط ATC) را دارد. نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل در این نمای بای‌پلات، بهترین ژنوتیپ از نظر میانگین عملکرد و پایداری آن است و می‌تواند به عنوان یک ژنوتیپ برتر، در آزمایش‌های بعدی ارزیابی شود و از طرف دیگر ژنوتیپ دورتر از این ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی نامطلوب است که می‌تواند در مراحل ابتدایی برنامه‌های به‌نژادی حذف شود (۲۰). این نمای بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۴، ۸، ۹ و ۱۳ در دایره‌های پیرامون ژنوتیپ ایده‌آل، برترین ژنوتیپ‌ها بودند و دورترین ژنوتیپ‌ها از ژنوتیپ ایده‌آل شامل ژنوتیپ‌های ۱، ۶، ۲، ۴ و ۳، ژنوتیپ‌های نامطلوبی از نظر میانگین عملکرد دانه و پایداری بودند (شکل ۳).

نمای دیگری که برای ارزیابی محیط‌ها به کار گرفته شد، نمای قدرت تمایز و نمایندگی محیط‌ها یا مقیاس‌بندی مبتنی بر محیط است، که در آن محیط‌ها با خط‌هایی به مبدأ بای‌پلات وصل می‌شوند (شکل ۴). این نمای بای‌پلات همبستگی بین محیط‌ها و میزان اهمیت محیط‌ها برای آزمایش‌های بعدی را نیز ارزیابی می‌کند، که در این شرایط استفاده از محیط آزمایش کمتر، باعث کاهش هزینه و افزایش بازده به‌نژادی می‌شود (۱۹). این نمای برداری نشان داد که سه محیط یک، چهار (دو سال اجرای آزمایش در گچساران) و پنج (یک سال اجرای آزمایش در خرم‌آباد) بیشترین همبستگی را با یکدیگر داشتند، تمام محیط‌های دیگر، به‌ویژه محیط سه با محیط هفت (دو سال اجرای آزمایش در ایلام) و محیط‌های دو، شش و هشت (سه سال اجرای

تعریف شده است و یک محیط مجازی است. خط ضخیم که از مبدأ بای‌پلات و محیط متوسط عبور می‌کند، به عنوان محور محیط متوسط یا بعد افقی محیط متوسط تعریف می‌شود. خطی ضخیم که از مبدأ بای‌پلات عبور می‌کند و عمود بر ATC است، بُعد قائم نامیده می‌شود. مجموعه‌ای از خطوط موازی با بُعد قائم از مکان مربوط به هر کدام از ژنوتیپ‌ها در صفحه بای‌پلات شروع می‌شود به محور ATC می‌رسد. طول بردار تستر متوسط (فاصله از مبدأ بای‌پلات و نشانگر تستر متوسط)، نسبت به اندازه بای‌پلات، یک اندازه‌گیری از اهمیت نسبی اثر اصلی ژنوتیپ (G)، در مقابل برهم-کنش ژنوتیپ در محیط (GE) است. این فاصله هرچقدر طولانی‌تر باشد، اثر اصلی ژنوتیپ بیشتر است و انتخاب بر اساس میانگین ژنوتیپ‌ها می‌تواند، مؤثرتر باشد. از طرف دیگر، اگر یک بردار تستر متوسط برابر با صفر باشد (G=0)، انتخاب بر اساس میانگین ژنوتیپ‌ها از کارایی کمتری برخوردار خواهد بود. بنابراین، محور ATC، عملکرد هر ژنوتیپ و محور قائم بر آن برای هر ژنوتیپ، پایداری آن ژنوتیپ را روی محیط‌های آزمایشی تقریب می‌کند. همچنین ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست محور قائم بر ATC قرار دارند، از عملکردی بیشتر از میانگین کل برخوردار هستند (۲۰). بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۴، ۹، ۸، ۱۳، ۱۶ و ۵ بیشترین میزان عملکرد دانه را نسبت به میانگین کل عملکرد دانه داشتند و ژنوتیپ‌های دیگر، عملکردی کمتر از میانگین عملکرد کل داشتند (شکل ۲). همان گونه که گفته شد، فاصله هر ژنوتیپ از محور ATC، پایداری آن ژنوتیپ را نشان می‌دهد، به طوری که فاصله بیشتر نشان‌دهنده ناپایداری آن ژنوتیپ است. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۸، ۹ و ۱۶ با بیشترین فاصله از محور محیط متوسط، ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و عملکرد بسیار متغیری را در محیط‌های مختلف داشتند. ژنوتیپ‌های ۱۱، ۵، ۱۳ و ۱۴، پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این نما بودند که میانگین عملکرد بالایی نیز داشتند. ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۲، ۷، ۳، ۱ و ۶ هم با آنکه در نزدیک محور ATC بودند و از پایداری بالایی برخوردار بودند، چون در سمت چپ محور عمود بر ATC و مبدأ بای‌پلات قرار داشتند، عملکرد پایینی داشتند. بر اساس این بای‌پلات، ژنوتیپ‌های ۱۴ و



شکل ۳. GGE بای پلات بر اساس مقیاس بندی مبتنی بر ژنوتیپ، برای مقایسه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل. PC1 و PC2 به ترتیب مؤلفه اصلی اول و دوم هستند؛ شماره ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به ترتیب همانند جدول ۱ و شکل ۱ است.



شکل ۴. نمای قدرت تمایز و نمایندگی محیط‌ها یا مقیاس بندی مبتنی بر محیط. PC1 و PC2، به ترتیب مؤلفه اصلی اول و دوم هستند؛ شماره ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به ترتیب همانند جدول ۱ و شکل ۱ است.

عملکرد بالاتر از میانگین کل (محیط‌های مساعد، Pi_f) و محیط‌هایی با عملکرد پایین‌تر از میانگین کل (محیط‌های نامساعد، Pi_u) شناسایی شدند. در حالی که در تمام محیط‌ها و محیط‌های مساعد، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۹، ۱۶، ۱۳ و ۱۴ برتر بودند، در محیط‌های نامساعد، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۲ و ۵ برتر از ژنوتیپ‌های دیگر بودند (جدول ۴). حاجی‌وند و همکاران (۱۱)، دانیالی و همکاران (۵) و اعظم و همکاران (۱) نیز برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های نخود از شاخص برتری استفاده کردند. نکته جالب این است که رقم آزاد (ژنوتیپ ۱۵) که در تجزیه‌های بای‌پلات، ژنوتیپی با عملکرد بالا اما ناپایدار بود، در تجزیه پایداری با شاخص برتری به‌عنوان یک ژنوتیپ برتر شناسایی شد و چنین نشان می‌داد که در گزینش این رقم، بیشتر به جنبه میانگین عملکرد آن تا پایداری عملکرد آن توجه شده بود. هم‌چنین ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۲ که در بای‌پلات، پایداری عمومی بالایی داشتند، بر اساس شاخص برتری لین و بینز در محیط‌های نامساعد نیز ژنوتیپ‌هایی با رتبه بهتر در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر بودند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اثر معنی‌دار ژنوتیپ در تجزیه‌های جداگانه و اثر معنی‌دار ژنوتیپ، محیط و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در تجزیه مرکب داده‌ها، برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار از نظر عملکرد دانه، نیاز به انجام تجزیه پایداری بود. تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که سه جزء محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط به‌ترتیب ۴۳/۵، ۱۹/۸ و ۳۶/۷ درصد از تنوع کل عملکرد دانه را توجیه کردند. از این رو، از نماهای مختلف بای‌پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار بهره گرفته شد. بر پایه نماهای مختلف بای‌پلات و هم‌چنین شاخص برتری لین و بینز، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۴ و ۵ با دارا بودن میانگین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل و عملکرد دانه ارقام شاهد (آزاد و عادل)، پایدارتر بودند. این ژنوتیپ‌ها در بیشتر محیط‌ها و روش‌ها، نسبت به ارقام شاهد مطلوب‌تر بودند و بنابراین می‌توانند داوطلب مناسبی برای معرفی ارقام جدید باشند.

آزمایش در گنبد) بیشترین همبستگی را با یکدیگر داشتند. بنابراین سال‌های درون هر مکان در مقایسه با مکان‌های دیگر از همبستگی بیشتری با هم برخوردار بودند. یکی دیگر از ویژگی‌های جالب نمای برداری بای‌پلات آن است که طول بردارهای محیطی، انحراف استاندارد درون هر محیط را برآورد می‌کند که این امر معیاری از توانایی تمایز آنها است. بنابراین هر محیطی طول برداری بلندتری داشته باشد، از قدرت تمایز بیشتری برخوردار است (۲۰). در این نمای بای‌پلات، همه بردارهای محیطی به جز محیط پنج، دارای بردارهای محیطی بلندی بودند و از توانایی تمایز بالایی برخوردار بودند و می‌توانند کارایی نسبی ژنوتیپ‌ها را به درستی برآورد کنند. محیط ۵، چون بردار کوتاهی از مبدأ بای‌پلات داشت، توانایی تمایز کمتری را بین ژنوتیپ‌ها داشت و ارزیابی ژنوتیپ‌ها در این محیط، اطلاعات اندکی از ژنوتیپ‌ها فراهم کرد و نتوانست به‌عنوان یک محیط آزمایشی مرجع به‌کار گرفته شود. قدرت نمایندگی یک محیط با زاویه بردار آن محیط با محور ATC سنجیده می‌شود، به‌طوری که هر اندازه، محیطی دارای زاویه بسته‌تری باشد، نسبت به محیط‌های دیگر از قدرت نمایندگی بیشتری برخوردار است (۱۸). بنابراین، محیط شش و در پی آن محیط‌های دو و هشت بیشترین قدرت نمایندگی را داشتند و از آنجا که بردارهای بلندی هم داشتند، پس از قدرت تمایز بیشتری هم برخوردار بودند و می‌توانند به‌عنوان محیط‌های مناسبی در نظر گرفته شوند (شکل ۴). محیط آزمون ایده‌آل باید هم متمایزکننده و هم نمایانگر باشد. بنابراین، محیط با قدرت تمایز، اما غیر نمایانگر، از آنجا که نمایانگر محیط هدف نیست، نه تنها بی‌فایده است، بلکه به علت فراهم کردن اطلاعات ارب‌دار احتمالی درباره ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، می‌تواند گمراه‌کننده نیز باشد (۲۰).

شاخص لین و بینز

علاوه بر روش چندمتغیره GGE بای‌پلات، از شاخص برتری (PI) لین و بینز (۱۴) نیز برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها بهره گرفته شد و ژنوتیپ‌های برتر در تمام محیط‌ها (Pi_a)، محیط‌هایی با

جدول ۴. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر نخود با شاخص برتری در کل محیط‌ها، محیط‌های مطلوب و نامطلوب

رتبه	شاخص برتری در محیط‌های نامطلوب	رتبه	شاخص برتری در محیط‌های مطلوب	رتبه	شاخص برتری در کل محیط‌ها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ژنوتیپ
۱۵	۱۶۲۷۴۰	۱۱	۸۵۳۳۳۰	۱۱	۵۹۴۳۵۹	۷۹۲	۱
۱۱	۱۲۷۱۶۷	۱۵	۹۲۴۷۷۲	۱۴	۶۲۵۶۷۰	۸۱۴	۲
۱۳	۱۵۶۴۸۷	۱۲	۸۷۶۴۷۲	۱۲	۶۰۶۴۷۷	۸۴۱	۳
۱۴	۱۶۱۶۲۴	۱۶	۱۰۴۰۲۱۵	۱۶	۷۱۰۷۴۳	۸۱۲	۴
۵	۵۰۳۴۸	۹	۳۸۵۵۶۲	۹	۲۵۹۸۵۶	۱۱۰۰	۵
۱۶	۱۹۰۵۷۷	۱۴	۸۹۲۵۷۶	۱۵	۶۲۹۳۲۶	۷۸۹	۶
۱۲	۱۳۶۹۱۴	۱۳	۸۸۱۵۵۱	۱۳	۶۰۶۶۸۷	۹۰۵	۷
۱۰	۱۱۴۴۴۲	۱۰	۷۸۰۰۹۷	۱۰	۵۳۰۴۷۷	۱۰۶۹	۸
۹	۸۷۰۴۱	۳	۱۳۳۸۵۲	۳	۱۱۶۲۹۸	۱۲۷۲	۹
۶	۵۲۴۴۵	۷	۲۸۰۷۶۸	۷	۱۹۵۱۴۷	۱۱۱۶	۱۰
۱	۱۶۳۲۵	۱	۰	۱	۶۱۲۲	۱۶۱۶	۱۱
۴	۴۲۰۱۸	۸	۳۲۴۹۵۹	۸	۲۱۸۸۵۶	۱۰۹۸	۱۲
۲	۲۲۷۲۵	۴	۱۸۹۳۰۱	۴	۱۲۶۸۳۵	۱۲۲۱	۱۳
۳	۳۷۹۵۳	۵	۲۰۲۹۸۲	۵	۱۴۱۰۹۶	۱۲۸۰	۱۴
۸	۸۵۵۰۲	۶	۲۲۶۳۹۷	۶	۱۷۳۵۶۱	۱۱۲۲	۱۵
۷	۵۷۴۸۳	۲	۱۳۱۱۹۰	۲	۱۱۰۳۰۰	۱۲۶۱	۱۶

منابع مورد استفاده

1. Azam, M. G., M. S. Iqbal, M. A. Hossain and M. F. Hossain. 2020. Stability investigation and genotype \times environment association in chickpea genotypes utilizing AMMI and GGE biplot model. *Genetics and Molecular Research* 19(3): 1-15.
2. Bagheri, A., A. Nezami, A. Ganjali and M. Parsa. 1997. Cultivation and Improvement of Chickpeas. Jahad Daneshgahi. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Farsi)
3. Bakhsh, A., L. H. Akhtar, S. R. Malik, A. Masood, S. M. Iqbal and R. Qureshi. 2011. Grain yield and stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) across environments. *Pakistan Journal of Botany* 43(5): 2947-2951.
4. Bernal, E. F. and P. G. Villardon. 2016. GGEBiplotGUI: Interactive GGE Biplots in R. Available online at: <https://cran.r-project.org/web/packages/GGEBiplotGUI/index.html>. Accessed 17 February 2016.
5. Danyali, S. F., F. Razavi, A. Ebadi Segherloo, H. Dehghani and S. H. Sabaghpour. 2012. Yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and study relationship among the univariate and multivariate stability parameters. *Research in Plant Biology* 2(3): 46-61.
6. Erdemci, I. 2018. Investigation of genotype \times environment interaction in chickpea genotypes using AMMI and GGE biplot analysis. *Turkish Journal of Field Crops* 23(1): 20-26.
7. Farshadfar, E., H. Zali and R. Mohammadi. 2011. Evaluation of phenotypic stability in chickpea genotypes using GGE-Biplot. *Annals of Biological Research* 2(6): 282-292.
8. Farshadfar, E., M. Rashidi, M. M. Jowkar and H. Zali. 2013. GGE Biplot analysis of genotype \times environment interaction in chickpea genotypes. *European Journal of Experimental Biology* 3(1): 417-423.
9. Fikre, A., A. Funga, L. Korbu, M. Eshete, N. Girma, A. Zewdie, D. Bekele, R. Muhamed, K. Daba and C. Ojiewo. 2018. Stability analysis in chickpea genotype sets as tool for breeding germplasm structuring strategy and

- adaptability scoping. *Ethiopian Journal of Crop Science* 6(2): 19-37.
10. Funga, A., M. Tadesse, M. Eshete, A. Fikre, L. Korbu, N. Girma, D. Bekele, R. Mohamed, Z. Bishaw, G. Rao, M. Siambi, E. Monyo, P. Gaur and C. Ojiewo. 2017. Genotype by environment interaction on yield stability of desi type chickpea (*Cicer arietinum* L.) at major chickpea producing areas of Ethiopia. *Australian Journal of Crop Science* 11(02): 212-219.
 11. Hajivand, A., A. Asghari, R. Karimizadeh, H. R. Mohammaddoust-Chamanabad and H. Zeinalzadeh-Tabrizi. 2020. Stability analysis of seed yield of advanced chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under tropical and subtropical rainfed regions of Iran. *Applied Ecology and Environmental Research* 18(2): 2621-2636.
 12. ICARDA. 2008. Cereal program, annual report for 2007. Available online at: <https://me.cgiar.org/>. Accessed 25 March 2008.
 13. Kanouni, H., Y. Farayedi, A. Saeid and S. H. Sabaghpour. 2015. Stability analyses for seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in the western cold zone of Iran. *Journal of Agricultural Science* 7(5): 219-230.
 14. Lin, C. S. and M. R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science* 68: 193-198.
 15. Olivoto, T. and A. DalCol Lucio. 2020. Metan: an R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution* 11: 783-789.
 16. Pouresmael, M., H. Kanouni, M. Hajilhasani, H. Astraki, A. Mirakhorli, M. Nasrollahi and J. Mozaffari. 2018. Stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces in national plant gene bank of Iran for drylands. *Journal of Agricultural Science and Technology* 20: 387-400.
 17. Sabaghpour, S. H., J. Kumar and T. N. Nageshwar Rao. 2003. Inheritance of number of pods per peduncle in chickpea. In proceeding of International chickpea conference January 20-22, 2003. Indira Gandhi Agricultural University, Raipur Chattisgarh, India. pp. 436-443.
 18. Yan, W., L. A. Hunt, Q. Shen and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science* 40: 597-605.
 19. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot Analysis of Test Sites and Trait Relations of Soybean in Ontario. *Crop Science* 42(1): 11-20.
 20. Yan, W. and M. S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical Tool For Breeders, Geneticists and Agronomists. 1st Edn. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida.
 21. Yan, W., M. S. Kang, B. Ma, S. Wood and P. L. Cornelious. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. *Crop Science* 47: 643-655.
 22. Zali, H., E. Farshadfar, S. H. Sabaghpour and R. Karimizadeh, 2012. Evaluation of genotype × environment interaction in chickpea using measures of stability from AMMI model. *Annals of Biological Research* 3: 3126-3136.

Evaluation of Seed Yield Stability of Chickpea Genotypes Using GGE Biplot Method

R. Karimizadeh¹, P. Pezeshkpour², A. Mirzaee³, M. Barzali⁴, K. Keshavarzi⁵ and P. Sharifi^{6*}

(Received: July 17-2021; Accepted: September 22-2021)

Abstract

In this study, 14 advanced chickpea genotypes selected from regional experiments with Adel and Azad, as control cultivars, were cultivated in a randomized complete block design with three replications in eight environments (Gonbad, Gachsaran, Ilam and Khorramabad in three, two, two and one years, respectively) in Iran during 2017-2020 growing seasons. Combined analysis of variance showed that environment, genotype and genotype by environment interaction (GEI) explained 43.5, 19.8 and 36.7% of the total variation of grain yield, respectively. The first and second principal components accounted for 50.89% and 19.39% of variation, respectively. The polygonal view of biplot showed that genotypes G11, G14 and G9 were the most adaptable genotypes for environments E2, E3, E6, E7, E8, E4 and E5 and G8, G5 and G13 for E1. Based on average tester coordinate (ATC) view, genotypes G11, G5, G13 and G14 were the most stable and high-yielding genotypes. The GGE-biplot based on genotype-focused scaling showed that genotypes G11, G14, G8, G9 and G13, in the circles around the ideal genotype, were the most preferred genotypes. The priority index (PI) showed that in all environments and favourable environments (environments with higher than average grain yields), genotypes G11, G9, G16, G13 and G14 and in unfavourable environments (environments with lower than average grain yields), genotypes G11, G13, G14, G12 and G5 were superior genotypes. Based on different biplot views as well as priority index, genotypes G11, G14 and G5 had grain yields higher than average yield and yield of Adel and Azad cultivars. Further, given their grain yield stability in all environments they can be suitable candidates for introduction of new cultivars.

Keywords: Average tester coordinate, Discrimination, Adaptability, Priority index

1. Research Assistance Professor, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
 2. Research Assistance Professor, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran
 3. Research Assistance Professor, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran
 4. Research Assistance Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran
 5. Research Assistance Professor, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasuj, Iran
 6. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
- *: Corresponding Author, Email: peyman.sharifi@gmail.com & sharifi@iaurasht.ac.ir