دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ- محیط برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در اقلیم سرد ایران با روش GGE بای‌پلات

یدالله فرایدی[۱]، علی‌اکبر اسدی[۲]، فرهاد آهک‌پز[۱]، علی سعید[۳]، همایون کانونی[۴] و علی احسان نصرتی[۵]

۱- مربی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه، ایران
۲- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران (نویسنده مسوول: asadipm@gmail.com)
۳- استادیار بخش تحقیقات اصالح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۴- دانشیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران
۵- مربی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳
صفحه: ۶۶ تا ۷۶

چکیده

وجود اثر متقابل ژنوتیپ -محیط ایجاب می‌کند که عملکرد ژنوتیپ‌ها در دامنه وسیعی از شرایط محیطی مورد آزمایش قرار گیرند تا اطلاعات حاصل بتواند کارایی مربوط به گزینش و معرفی آن‌ها را افزایش دهد. بدین‌منظور این تحقیق با استفاده از ۱۱ لاین منتخب از آزمایش‌های یکنواخت سراسری به‌همراه، ارقام شاهد سارال و آنا و نیز دو لاین پیشرفته در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و در چهار منطقه سردسیر کشور (مراغه، ارومیه، کردستان و همدان) در سه سال زراعی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ انجام شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات ساده سال، مکان و ژنوتیپ و همچنین اثرات متقابل عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌داربودند. تصویر چندضلعی بای پلات نشان داد که ژنوتیپ G6 در ایستگاه کردستان بیشترین عملکرد را داشت. از طرف دیگر ژنوتیپ G13 در ایستگاه‌های همدان، مراغه و ارومیه دارای بیشترین عملکرد بود و در ایستگاه کردستان نیز در رتبه دوم قرار داشت که نشان می‌دهد این ژنوتیپ دارای پایداری عملکردی بالایی در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد دانه و میزان پایداری در محیط‌های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های G6، G4 و G15 پایداری کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. در مقابل ژنوتیپ‌های G7، G9 و G5 نسبتاً پایدارتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. هم‌چنین ژنوتیپ‌های G4، G10، G12 و G6 دارای عملکرد متوسط و نسبتاً ناپایدار بودند. ژنوتیپ G15 کمترین عملکرد و پایداری را به‌خود اختصاص داده‌بود و از سوی دیگر ژنوتیپ G13 با بیشترین عملکرد به‌همراه پایداری مطلوب شناسائی شد. در انتها مشخص شد که ژنوتیپ شماره ۱۳ با پتانسیل عملکرد بالا و پایداری بیشتر، بهتر از دو رقم آنا و سارال عمل نموده و به‌عنوان ژنوتیپ نزدیک به ایده‌آل معرفی می‌شود و جهت برنامه‌های به‌زراعی و آزمایش‌های تحقیقی تطبیقی می‌تواند پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ- محیط، پایداری، GGE بای پلات

مقدمه

حبوبات‌به خاطر ویژگی مهم تثبیت نیتروژن اتمسفری در خاک موجب حاصلخیزی خاک جهت کشت محصولات بعدی که عمدتاً غلات است، می‌شود (۲۳). حبوبات به‌ویژه نخود (*Cicer arietinum* L.) از منابع مهم پروتئین گیاهی بوده که دارای ۱۶ تا ۲۴ در صد پروتئین است که در غذای اکثر مردم به‌خصوص اقشار کم‌درآمد مورداستفاده قرار می‌گیرد (۲۶). ایران با سطح زیر کشت حدود ۶۵۰۰۰۰ هکتار نخود هفتمین رتبه جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه، میانمار، پاکستان و اتیوپی دارا می‌باشد و ۹۵ درصد سطح زیر کشت نخود در ایران در شرایط دیم کشت می‌شود (۸،۲۷)

استفاده از جدول‌های تجزیه واریانس مرکب اطلاعات اندکی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به پژوهشگران می‌دهد بنابراین جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن‌ها برای کشت در محیط‌های مختلف معیارهای متفاوتی معرفی‌شده است (۲۶). هر یک از این روش‌ها جنبه‌های مختلفی از پایداری ارقام را نشان می‌دهند و یک روش به‌تنهایی توانایی بررسی پایداری عملکرد یک ژنوتیپ بین محیط‌های مختلف را ندارد. روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه‌شده که شامل روش‌های تک‌متغیره، چندمتغیره و ناپارامتری می‌باشند. از میان روش‌های چند متغیره می‌توان به‌روش GGE bipot اشاره نمود. این روش ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی چشمی و تفسیر پاسخ الگوی ارقام، محیط‌ها و اثر متقابل آن‌ها می‌باشد (۱۰).

روش GGE biplot که بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استوار می‌باشد به فراوانی در تجزیه پایداری ارقام مختلف زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به‌وسیله گابریل (۱۰) معرفی و توسط کمپتون (۱۵) و زوبل و همکاران (۳۸) توسعه و گسترش یافت. کاربرد وسیع و سودمند GGE

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

biplot در بررسی اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ- محیط توسط یان و همکاران (۳۷) نشان داده شده است. این روش از طریق نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ- محیط به به‌نژادگر کمک می‌کند تا به‌سادگی پایداری ژنوتیپ‌ها و ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را بررسی کرده و همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های بهنژادی را امکان‌پذیر می‌سازد (۳۷). یان و همکاران (۳۴) روش AMMI را با GGE biplot را مورد مقایسه قرار دادند، و مشخص نمودند که کارایی و دقت مدل GGE biplot از مدل AMMI بیشتر است. از این روش در بسیاری از مطالعات پایداری در گیاهان مختلف از قبیل سویا (۵)، گلرنگ (۲۰) و کلزا (۲۲) استفاده شده است. از روش‌های مورد استفاده در بررسی پایداری در نخود است. روش گرافیکی اثر محیط و ژنوتیپ (GGE biplot) اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را در بیشتر از یک بعد توصیف کرده و فرصت‌های بهتری را برای مطالعه ژنوتیپ‌ها فراهم می‌کند (۳۷). پور اسماعیل و همکاران (۲۴) با استفاده از این روش چندین ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا را از بین ژنوتیپ‌های بومی نخود تیپ کابلی در شرایط دیم گزینش کردند. محققین بسیاری به بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در گیاه نخود پرداخته‌اند (۱،۲۸،۳۱،۳۰،۲،۱۲،۱۳) و هر یک روش‌های آماری متعدد و متفاوتی را برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار به‌کار گرفته‌اند. فرایدی (۹) در بررسی پایداری عملکرد دانه ۱۰ ژنوتیپ نخود در مراغه، نشان‌داد که ژنوتیپ FLIP 00-84c از پایداری و عملکرد بیشتر برخوردار بود. کانونی (۱۴) در بررسی ارقام نخود سفید در کردستان نتیجه گرفت که اثرات سال، ژنوتیپ و اثرمتقابل ژنوتیپ در سال برای عملکرد دانه معنی‌دار بوده و لاین‌های ILC482 و ۵۳-۶۱-۵ از پایداری و سازگاری متوسط برخوردار بودند.

هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در آزمایش‌های چند محیطی، برای تعیین روابط بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، تعیین ژنوتیپ‌های ایده‌ال و معرفی پایدارترین ژنوتیپ نخود از طریق روش گرافیکی GGEbiplot در مناطق سردسیر کشور بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از ۱۱ لاین منتخب از آزمایش‌های یکنواخت سراسری سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شده در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، دو رقم شاهد سارال (مقاوم به سرما، مقاوم به برگ‌زدگی، درصد پروتئین بالا و عملکرد بالا) و آنا (عملکرد بالا، درشتی دانه، مقاوم به سرما، مقاوم به برگ‌زدگی و پژمردگی فوزاریومی و درصد پروتئین بالا) و نیز دو لاین پیشرفته در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و در چهار منطقه سردسیر کشور (مراغه، ارومیه، کردستان و همدان) در طی سه سال (۱۳۹۵ الی ۱۳۹۸) انجام شد (جدول ۱). میانگین بارندگی و دمای ایستگاه‌های مورد بررسی در مدت زمان کشت ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. در هرسال زراعی عملیات آماده‌سازی زمین بر اساس توصیه فنی در هر منطقه در شهریورماه صورت گرفت و در نیمه دوم مهرماه هر لاین در شش خط پنج‌متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتیمتر کشت شد. در طول دوران رشد و نمو مراقبت‌های معمول زراعی نظیر کوددهی و وجین علف‌های هرز صورت گرفت. عمل برداشت از ۴ خط وسط با حذف ۲۵ سانتیمتر از ابتدا و انتهای خطوط یعنی از سطح ۵/۷۶ مترمربع از هر کرت به‌طور جداگانه انجام و بذور بعد از بوجاری توزین شده و به سطح یک هکتار تعمیم داده‌شد. محاسبات آماری بر اساس عملکرد دانه با روش تجزیه واریانس مرکب برای مجموع مناطق و سال‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. همگنی واریانس‌های خطای آزمایشی با استفاده از روش بارتلت تائید شد. تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثرات سال و مکان انجام گرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. لازم به ذکر است که مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در تمام سال‌ها و مکان‌ها انجام گرفت. همچنین به‌دلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در مکان، براساس میانگین سال‌ها در مکان‌های مختلف نیز مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها انجام گرفت. تجزیه GGE biplot با استفاده از نرم‌افزار R-studio و پکیج نرم‌افزاری GGE biplot و میانگین ژنوتیپ‌ها در هر منطقه صورت گرفت.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی

Table 1. The studied chickpea genotypes

ژنوتیپ	کد
FLIP 05-42C	G1
FLIP 05-43C	G2
FLIP 05-47C	G3
FLIP 06-70C	G4
FLIP 06-151C	G5
FLIP 07-234C	G6
FLIP 07-242C	G7
FLIP 07-244C	G8
FLIP 07-313C	G9
FLIP 07-327C	G10
FLIP 08-196C	G11
ILC 8617	G12
FLIP 02-51C	G13
Ana (Check1)	G14
Saral (Check2)	G15

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

جدول ۲- اطلاعات میانگین بارندگی و دمای ماهانه ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره کشت

Table 2. Average rainfall and monthly temperature information of the stations studied during the cultivation period

میانگین بارندگی ماهانه											
	ارومیه			کردستان			مراغه			همدان	
سال زراعی	۹۵-۹۶	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۵-۹۶	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۵-۹۶	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۶-۹۵	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸
مهر	۰	۰	۱۴/۸	۴	۰	۰	۰	۰/۲	۹/۷	۰	۰	۱۶/۱
آبان	۴۹	۸/۲	۶۵/۵	۲۹/۲	۱۷	۲۷/۳	۲۷/۳	۳۶/۴	۴۷	۵/۶	۰/۱	۷۲/۴
آذر	۷۱	۶۲	۹۸/۴	۳۹/۴	۷/۵	۶۱/۱	۶۱/۱	۴۷/۵	۹۱/۴	۱۲/۶	۹	۸۹/۸
دی	۱۸/۷	۴	۳۲/۷	۱۸/۴	۲۵	۱۹	۱۹	۲۸/۷	۴۰/۸	۲۲/۲	۲۳/۲	۴۹/۲
بهمن	۵۸	۸۷/۷	۷۸/۶	۲۲/۴	۱۱۴/۵	۲۱/۳	۲۱/۳	۸۵/۲	۸۶/۴	۶۶/۹	۱۲/۶	۳۹/۶
اسفند	۲۶	۲۸/۸	۸۱	۶۷/۲	۱۸	۲۲/۴	۲۲/۴	۷۹/۹	۵۵/۶	۷۳/۸	۶۶/۴	۴۴/۹
فروردین	۹۸/۷	۷۳	۱۲۸	۶۵/۱	۶۰	۷۴/۶	۷۴/۶	۵۴/۸	۱۱۶/۱	۶۹/۴	۲۳/۴	۱۸۷/۲
اردیبهشت	۱۹/۵	۱۱۶/۴	۷۱/۵	۱۹	۸۸/۵	۳۲/۵	۳۲/۵	۶۷/۴	۳۴/۴	۲۲/۲	۱۲۹/۳	۶
خرداد	۰	۳۷	۷	۰	۹	۲	۲	۲۳/۱	۴/۲	۰	۴۳/۹	۰/۹
بارندگی سالانه	۵۷۸/۵	۴۱۷/۱	۳۳۹/۷	–	۳۳۹/۵	۲۹۸/۵	۴۷۴/۶	۴۲۳/۲	۲۶۳/۹	۵۰۶/۱	۳۰۷/۹	۲۵۳/۷
میانگین دمای ماهانه												
دما	۹۵-۹۶	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۵-۹۶	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۵-۹۶	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۵-۹۶	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸
مهر	۱۷/۴	۱۶/۵	۱۵/۹	۱۳/۸	۱۲/۷	۱۱/۹	۱۱/۹	۱۱/۴	۱۳/۸	۱۴/۵	۱۴/۸	۱۵/۷
آبان	۹/۳	۹/۸	۱۲/۲	۹	۸/۴	۶/۶	۶/۶	۸/۵	۵/۶	۱۰/۷	۱۱/۲	۸/۷
آذر	۵/۵	-۰/۳	۲/۳	-۱/۴	۱/۷	-۲/۹	-۲/۹	-۰/۸۳	۲/۳	۱/۸	۳/۱	۴/۷
دی	۰/۹	-۴/۵	۴/۶	-۱/۱	۲/۸	-۷/۱	-۷/۱	۱/۴	-۲/۵	۱/۹	۳/۹	۱/۵
بهمن	۲/۹	-۳/۲	۲/۲	-۴/۵	۰/۶	-۶/۸	-۶/۸	-۰/۹۸	-۱/۲	-۰/۷	۱/۶	۲
اسفند	۴/۹	۳/۴	۹/۱	-۰/۲	۶/۶	-۱/۳	-۱/۳	۳/۴	۰/۳	۳/۱	۸/۱	۳/۱
فروردین	۸/۸	۹/۴	۱۱/۹	۶/۴	۹/۹	۶	۶	۸/۶	۵/۲	۹/۹	۱۱/۷	۷/۹
اردیبهشت	۱۳/۶	۱۶/۱	۱۳/۶	۱۳/۱	۱۱/۱	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۰/۵	۹/۹	۱۵/۹	۱۲/۶	۱۲/۶
خرداد	۲۲/۱	۲۰/۴	۱۸/۵	۱۷/۶	۱۶/۹	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۶/۷	۱۸/۱	۱۹/۶	۱۸/۷	۱۹/۹

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان‌داد که اثرات ساده سال، مکان و ژنوتیپ برای عملکرد دانه از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشند (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر سال نشان می‌دهد که در سال‌های مختلف، عوامل جوی مانند نزولات آسمانی، حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و خاک، مقدار پوشش برفی در مناطق و ... یکسان نمی‌باشد. این موضوع با توجه به میانگین‌های متفاوت بارندگی ماهانه و دماهای متفاوت در طول ماه‌های مختلف سال زراعی در ایستگاه‌های موردبررسی قابل اثبات است (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر مکان بر عملکرد دانه نشان می‌دهد که عواملی چون خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و ... موجب ایجاد اختلاف بین مکان‌ها می‌شوند. به‌همین دلیل تجزیه واریانس جداگانه در هر ایستگاه جهت بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها انجام شد (جدول ۴). معنی‌دار بودن اثر متقابل سال در مکان (جدول ۳) نشانگر این است که اثر سال روی مکان‌ها از سالی به سال دیگر متفاوت بوده‌است. با توجه به میانگین عملکرد دانه در مکان‌های مختلف (جدول ۵) در سه سال مشاهده می‌شود که ایستگاه ارومیه با متوسط عملکرد دانه ۱۵۷۲/۱۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد را نسبت به سایر مکان‌ها داشته و در رتبه اول قرار گرفت. ایستگاه‌های همدان و کردستان نیز به ترتیب با متوسط عملکرد دانه ۹۳۹/۰۸ و ۹۱۹/۴۱ کیلوگرم در هکتار در رتبه دوم و در انتها نیز ایستگاه مراغه با عملکرد ۴۷۴/۶۴ کیلوگرم قرار داشت. از نظر عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سه سال و چهار مکان (جدول ۵) نشان می‌دهد که ژنوتیپ G13 با متوسط عملکرد ۱۱۶۱/۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را نشان داد، پس از آن ژنوتیپ‌های G1، G6، G7، G12 و G9 با عملکرد بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در انتها نیز ژنوتیپ‌های G14 و G15 با عملکرد ۸۲۴/۱ و ۸۲۲/۶ کیلوگرم در هکتار قرار داشتند.

معنی‌دار بودن اثر متقابل سال در ژنوتیپ برای عملکرد دانه (جدول ۳) نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف از سالی به سال دیگر عملکرد متفاوتی داشتند بنابراین از پایداری عملکرد در طول سال‌های مختلف برخوردار نبودند. به‌دلیل دیم بودن کشت نخود و تغییرات شدید در میزان بارندگی در ایستگاه‌های مورد بررسی، این نتیجه محتمل می‌باشد. اثر تقابل ژنوتیپ و مکان برای عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳) که نشان می‌دهد واکنش ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف یکسان نیست. به‌عبارت دیگر ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی بوده و در هر مکان ژنوتیپ خاصی پتانسیل عملکرد بهتری خواهد داشت. اثر متقابل سال در مکان در ژنوتیپ نیز معنی‌دار بود که نشان می‌دهد نوساناتی در ترتیب ژنوتیپ‌ها در هر یک از ترکیبات تیماری مکان و سال وجود داشته و وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به‌طور کلی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (جدول ۳). با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس و مقایسات میانگین می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس مقایسه میانگین عملکرد دانه کافی نبوده و باید برای تعیین درجه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها از روش‌های مختلف تجزیه پایداری استفاده کرد. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط پاسخ یک واریته به تغییرات موجود در محیط می‌باشد (۲۵). اثر متقابل برای محققان اصلاح نباتات اهمیت ویژه‌ای داشته و یکی از مسائل پیچیده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

برنامه‌های به نژادی برای تهیه ژنوتیپ پر محصول و پایدار به‌شمار می‌رود (۳۲،۴،۱۱). آگاهی از ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به اصلاحگران کمک می‌کند تا بتوانند ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتری ارزیابی کرده و ژنوتیپ‌های برتر ازنظر پایداری و عملکرد بالا را انتخاب کنند (۲۷). وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان‌دهنده این است که بهترین ژنوتیپ در یک محیط ممکن است در محیط‌های دیگر بهترین ژنوتیپ نباشد (۲۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب ۱۵ ژنوتیپ در ۴ مکان در طول ۳ سال

Table 3. Combined analysis of variance of 15 genotypes in 4 locations over 3 years

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۲	۳۶۶۷۹۱۵۹/۱**
مکان	۳	۴۶۸۹۴۶۶/۴**
سال در مکان	۶	۱۲۵۵۲۷۹۵/۳**
خطای ۱	۳۶	۴۳۲۷۹۰/۴
ژنوتیپ	۱۴	۴۴۸۵۲۰**
مکان در ژنوتیپ	۴۲	۱۲۳۶۲۱/۴**
سال در ژنوتیپ	۲۸	۲۱۹۸۸۱/۷**
مکان در سال در ژنوتیپ	۸۴	۱۲۹۹۱۷/۳**
خطای ۲	۵۰۴	۶۰۱۳۲/۳
ضریب تغییرات	۲۵/۱۱	

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب ۱۵ ژنوتیپ در ۳ سال در چهار ایستگاه مورد بررسی

Table 4. Analysis of compound variance of 15 genotypes in 3 years in four studied stations

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		همدان	کردستان	مراغه	ارومیه
سال	۲	۲۰۷۹۹۰۱۷/۴**	۵۵۹۰۰۰۷/۴**	۳۴۳۴۰۷۶/۳**	۱۲۵۲۴۷۵۱/۴**
خطای ۱	۹	۳۷۴۹۶/۴	۹۲۶۹۸۲/۴	۶۵۴۷۲/۵۱	۷۰۱۲۱۰/۵
ژنوتیپ	۱۴	۳۶۷۰۸۲/۷**	۲۷۵۰۷۹/۵**	۶۵۸۲۸/۴**	۱۱۰۴۰۳/۶
ژنوتیپ در سال	۲۸	۱۹۶۲۹۳/۳**	۲۱۶۰۲۵/۵**	۵۴۶۸۷/۰۴**	۱۴۲۶۲۷/۹
خطای ۲	۱۲۶	۵۷۱۶۷/۵	۵۳۰۴۵/۳۶	۲۲۱۷۳/۷	۱۰۸۱۴۲/۵
CV%		۲۵/۴۶	۲۵/۱	۳۱/۴	۲۰/۹

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در چهار مکان موردبررسی و میانگین مکان‌ها (کیلوگرم در هکتار)

Table 5. Comparison of mean yield of chickpea genotypes in four studied locations and mean locations (kg/ h)

ژنوتیپ	میانگین کلی		همدان		کردستان		مراغه		ارومیه	
G1	۱۰۸۱/۱	ab	۱۱۶۶/۴	ab	۸۹۳/۱	cdefg	۵۶۵/۱	ab	۱۶۹۹/۶	a
G2	۹۰۶/۶	efg	۷۴۲/۵	ef	۹۱۹/۴	cdefg	۴۸۶/۳	abc	۱۴۷۸/۱	a
G3	۹۷۷/۸	bcde	۱۰۷۵/۶	abc	۸۳۴/۸	defgh	۴۵۷/۵	bc	۱۵۴۳/۳	a
G4	۹۲۸/۸	defg	۹۱۸	cdef	۷۱۱/۸	gh	۴۷۲/۷	bc	۱۶۱۲/۵	a
G5	۹۴۴/۱	cde	۹۸۳/۴	abcd	۸۸۰/۷	cdefgh	۴۲۹/۱	bcd	۱۴۸۳/۲	a
G6	۱۰۶۶/۷	ab	۱۰۴۵/۱	abc	۱۱۸۴/۹	a	۴۶۲/۴	bc	۱۵۷۴/۲	a
G7	۱۰۵۳/۲	bc	۱۰۳۴	abcd	۹۸۹	bcde	۵۵۲/۹	ab	۱۶۳۴/۸	a
G8	۹۸۹/۷	bcde	۹۶۱/۲	bcde	۸۸۱/۶	cdefgh	۵۲۰/۳	abc	۱۵۹۵/۷	a
G9	۱۰۱۳/۷	bcde	۹۴۶/۵	bcde	۹۶۴/۳	bcdef	۴۸۵/۱	abc	۱۶۵۸/۸	a
G10	۹۸۸/۲	bcde	۹۵۴/۷	bcde	۸۲۲/۵	efgh	۴۷۹/۲	abc	۱۶۷۸/۳	a
G11	۸۶۳/۷	fg	۸۱۰/۲	def	۷۶۵	fgh	۳۸۸/۶	cd	۱۴۹۱	a
G12	۱۰۲۳/۶	bcd	۹۹۳/۳	abcd	۱۰۴۳/۶	abcd	۴۲۶/۹	bcd	۱۶۳۰/۵	a
G13	۱۱۶۱/۲	a	۱۱۹۵/۱	a	۱۱۶۲/۶	ab	۶۲۰/۶	a	۱۶۶۵/۵	a
G14	۸۲۴/۱	g	۷۳۲/۲	f	۶۷۳/۱	h	۴۳۷/۸	bcd	۱۴۵۳/۲	a
G15	۸۲۲/۶	g	۵۲۷/۸	g	۱۰۶۵	abc	۳۱۷/۲	d	۱۳۸۰/۴	a
میانگین	۹۳۹/۰۸				۹۱۹/۴۱		۴۷۴/۶۴		۱۵۷۲/۱۵	

میانگین‌های با یک حرف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

الگوی کدام- برتر- کجا

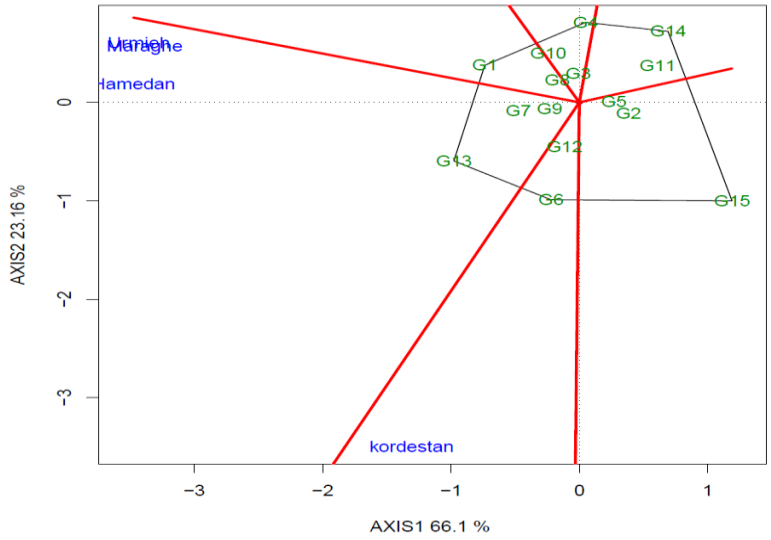
با توجه به اینکه تجزیه و تحلیل روش‌های معمول نظیر استفاده از جدول‌های تجزیه واریانس مرکب فقط اطلاعات محدودی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌دهد، محققین معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آنها به‌کار گرفته‌اند. هر یک از روش‌های آماری جنبه‌های مختلفی از پایداری ارقام را نشان می‌دهند و یک روش به‌تنهایی توانایی بررسی پایداری عملکرد یک ژنوتیپ بین محیط‌های مختلف را ندارد. یکی از روش‌هایی که به فراوانی در تجزیه پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای اهمیت می‌باشد روش GGE biplot است که بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استوار می‌باشد (۳۷).

شکل ۱، نمایش چندضلعی (پلی‌گون) از ۱۵ ژنوتیپ مورد بررسی در چهار مکان را نشان می‌دهد. تجسم الگوی کدام- برتر-کجا در داده‌های چند محیطی برای مطالعه امکان وجود محیط‌های کلان در یک منطقه اهمیت دارد. نمای چندضلعی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

بای‌پلات، بهترین روش برای تجسم الگوهای اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و تفسیر صحیح یک بای‌پلات است (۳۴). چندضلعی با پیوستن ژنوتیپ‌هایی که دورترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند (ارقام رأس)، به‌وسیله خطوط مستقیم ترسیم‌شده است، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های دیگر در درون چندضلعی قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های رأس، بردارهای طویلی در جهت‌های مربوط به‌خود دارند که معیاری از میزان پاسخ به محیط است و لذا در زمره لاین‌های واکنش‌پذیر هستند. سایر ژنوتیپ‌ها در جهت‌های مربوط به‌خود واکنش کمتر نشان می‌دهند. قرار گرفتن ژنوتیپ G9 در مبدأ نشان می‌دهد که این ژنوتیپ در کلیه محیط‌ها داری رتبه یکسانی است و به‌هیچ‌وجه به محیط‌ها واکنش نشان نمی‌دهد. ژنوتیپ‌های رأس در این مطالعه G1، G4، G14، G15، G6 و G13 بودند (شکل ۱). این ژنوتیپ‌ها ازنظر عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات داشتند. خطوط عمود بر ضلع‌ها، چندضلعی بای‌پلات را به چند بخش تقسیم می‌کنند. هر بخش دارای یک ژنوتیپ رأس است و سایر ژنوتیپ‌ها در برخی یا تمام محیط‌های آزمون از کمترین عملکرد برخوردار هستند. ژنوتیپ G13 در رأسی قرار دارد که سه محیط مراغه، ارومیه و همدان می‌باشد و بیشترین عملکرد را دارد. همچنین ژنوتیپ G6 هم در رأسی هست که محیط کردستان قرار دارد. ژنوتیپ G1 بیشترین عملکرد را در ارومیه از خود نشان داد. عملکرد ژنوتیپ G4 در ارومیه، بالا و در کردستان پایین بود. ژنوتیپ‌های G14 در مراغه و G15 در مراغه و ارومیه دارای کمترین عملکرد بودند. بااین‌حال هیچ محیطی در بخشی که ژنوتیپ‌های G1، G4، G14 و G15 به‌عنوان ژنوتیپ‌های رأس محسوب می‌شدند، قرار نداشتند. این امر نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های رأس مذکور در هیچ‌یک از محیط‌ها بهترین نیستند. افزون بر این، نشان داد که این ژنوتیپ‌ها در برخی یا همه محیط‌ها دارای کمترین عملکرد می‌باشند. مندرجات جدول ۵ نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها در مناطق اشاره شده عملکرد کمتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها دارند. ژنوتیپ G6 در ایستگاه کردستان بیشترین عملکرد را داشت. از طرف دیگر ژنوتیپ G13 در ایستگاه‌های همدان، مراغه و ارومیه دارای بیشترین عملکرد بود و در ایستگاه کردستان نیز در رتبه دوم قرار داشت که نشان می‌دهد این ژنوتیپ دارای پایداری عملکردی بالایی در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد.



شکل ۱- نمایش چندضلعی انطباق ژنوتیپ‌های نخود با محیط‌های مورد مطالعه

Figure 1. Polygon view of the conformity of chickpea genotypes with the studied environments

میانگین عملکرد و پایداری

تجسم میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها از طریق ترسیم یک مختصات محیط متوسط در بای‌پلات (AEC)[1] مبتنی بر ژنوتیپ حاصل می‌شود. شکل ۲، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس میانگین عملکرد دانه و میزان پایداری در محیط‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. ابتدا یک محیط متوسط که با یک دایره کوچک نشان داده شده است (شکل ۲)، با استفاده از میانگین نمره ای PC1 و PC2 محیط‌ها تعریف می‌شود. خطی که از مبدأ بای پلات و محیط متوسط عبور می‌کند را می‌توان به‌عنوان محور محیط متوسط در نظر گرفت (AEC) (۱۸). ارقام در طول این محور رتبه‌بندی شده و پیکان موجود در روی این محور، میانگین عملکرد بیشتر را نشان می‌دهد. بر این اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب زیر می‌باشد.

G13>G1>G7>G6>G12>G9>G8>G10>G3>G4>G5>G2> G11>G14>G15

محور عمودی AEC از یک خط با دو پیکان تشکیل می‌شود که از مبدأ بای پلات می‌گذرد و عمود بر محور افقی AEC است. اگر محور افقی AEC نشان‌دهنده ژنوتیپ باشد، محور عمودی AEC باید برآوردی از اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مرتبط با هر ژنوتیپ را فراهم کند که معیار

1- Average Environment Coordinate

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

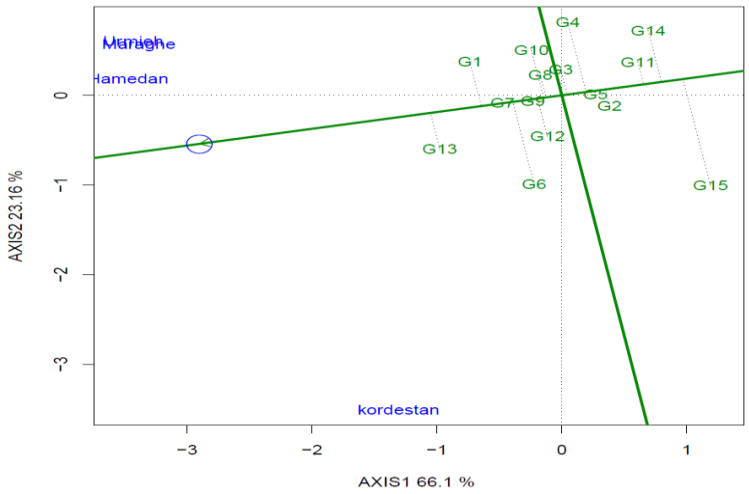
تغییرپذیری یا ناپایداری ژنوتیپ‌ها است. پیکان دو سر بیان می‌دارد که تصاویر بزرگ‌تر روی محور AEC، صرف‌نظر از جهت آن‌ها، دارای ناپایداری بیشتری است. بنابراین ژنوتیپ G4 که دارای طول بیشتر و به‌سمت بالا و G15 که دارای طول بیشتر و به سمت پایین بای‌پلات قرار دارند، متغیرتر بوده و پایداری کمتری نسبت به سایر ارقام دارند. ژنوتیپ‌های نزدیک به محور افقیAEC شامل G7، G9 و G5 پایدارتر از سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشند. مطابق شکل ژنوتیپ G15 کمترین عملکرد و پایداری را به‌خود اختصاص داده بود و از سوی دیگر ژنوتیپ G13 با بیشترین عملکرد به‌همراه پایداری مطلوب شناسائی شد. هم‌چنین ژنوتیپ‌های G4، G10، G12 و G6 دارای عملکرد متوسط و نسبتاً ناپایدار بودند.

دایره کوچک روی محور افقی AEC که با علامت پیکان مشخص شده است، نشان‌دهنده رقم ایده‌آل است که به‌وسیله دو معیار تعریف می‌شود:

۱- دارای بالاترین عملکرد در محیط‌های مورد مطالعه است.

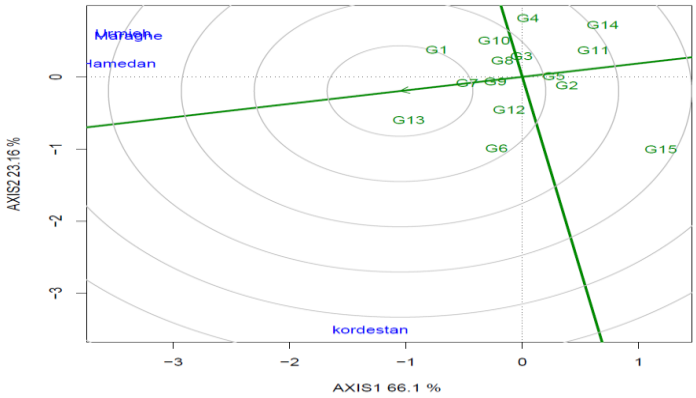
۲- کاملاً پایدار نسبت به شرایط محیطی است زیرا بر محور افقی AEC قرار گرفته است (۳۶).

چنین ژنوتیپی به‌عنوان لاینی که دارای بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در پدیده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باشد، تعریف شده است. چنین رقم ایده‌آلی به‌ندرت در واقعیت وجود دارد. بااین‌حال، می‌توان آن را به‌عنوان یک مرجع برای ارزیابی ارقام استفاده کرد. برای استفاده از ژنوتیپ ایده آل به‌عنوان مرجع ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای‌پلات به‌منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با ژنوتیپ ایده‌ال ایجاد شده است (شکل ۳) دوایر هم‌مرکز، با برخورداری از ژنوتیپ ایده‌ال در مرکز، به تجسم فاصله بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و رقم ایده‌آل کمک می‌کنند. بنابراین G13 نزدیک‌ترین ژنوتیپ به رقم ایده آل است و مطلوب‌تر از کلیه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر عملکرد و پایداری است (شکل ۳) در مقابل، ژنوتیپ G15 (رقم سارال) به‌عنوان ژنوتیپ نامطلوب تعیین شد، زیرا دارای بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌ال بود. در مرحله بعد رقم ژنوتیپ G14 (رقم آنا) ازنظر نامطلوب بودن، رتبه دوم را به‌خود اختصاص داد (شکل ۳).



شکل ۲- بای پلات رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد و پایداری

Figure 2. Biplot of genotypes ranking based on average yield and stability



شکل ۳- بای‌پلات مقایسه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل برای میانگین عملکرد و پایداری

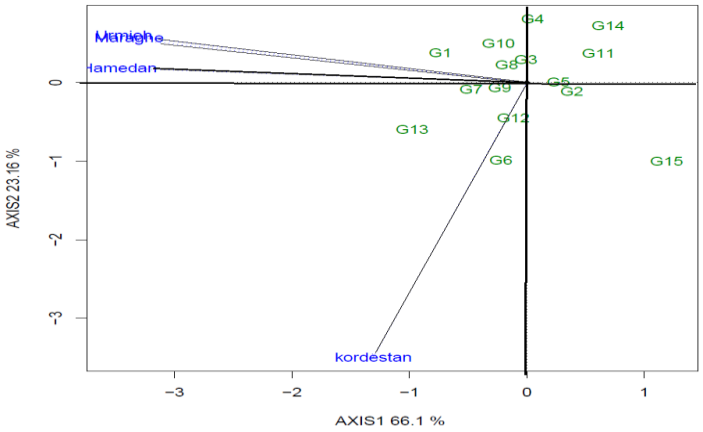
Figure 3. Biplot comparing the genotypes with the ideal genotype for mean yield and stability

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

روابط متقابل بین محیط‌ها

در شکل ۴ محیط‌ها از بردارهائی با مبدأ بای‌پلات مرتبط هستند. این نوع تصویر از بای‌پلات، به درک روابط متقابل بین محیط‌ها کمک می‌کند. کسینوس زاویه بین بردارهای دو محیط، برآوردی از ضریب همبستگی بین آن‌ها می‌باشد (۳۳،۳۵). به‌طوری‌که در این شکل مشخص است، زاویه بین بردارهای مراغه، ارومیه و همدان کمتر از ۹۰ درجه است. بنابراین تشابه بسیار زیادی بین این سه محیط وجود دارد که نشان می‌دهد این محیط‌ها در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها مشابه هم عمل کرده‌اند. (شکل ۴). تصویربرداری یک بای‌پلات هم‌چنین به شناسایی محیط‌های آزمون یکسان کمک می‌کند. اگر برخی از محیط‌ها دارای زاویه‌های کوچک باشند، همبستگی مثبت بالایی دارند و بنابراین اطلاعات حاصل از ژنوتیپ‌ها در این محیط‌ها باید مشابه باشد (۳۳،۳۵). اگر این شباهت در طی سال‌ها قابل تکرار باشد، این محیط‌ها یکسان محسوب می‌شوند و یک محیط از میان آن‌ها برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌های ارقام مختلف کافی است. اخذ اطلاعات یکسان و استفاده از محیط‌های آزمون کمتر، هزینه را کاهش داده و کارایی اصلاحی را افزایش خواهد داد. بنابراین به‌منظور کاهش هزینه آزمایش، امکان حذف دو مکان از این سه مکان وجود دارد (۳۳،۳۵).



شکل ۴- نمای برداری بای‌پلات جهت بررسی روابط بین محیط‌ها

Figure 4. Vector view the biplot analysis for relationships among environments

توانایی تمایز و نماینده‌بودن محیط‌ها

اگرچه آزمایش‌های چند محیطی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها به‌کار می‌روند، آن‌ها را می‌توان برای ارزیابی محیط‌ها نیز به‌کار برد. یک محیط ایده آل بایستی به‌طور واضح اختلاف بین ژنوتیپ‌ها را نشان دهد و هم‌زمان نماینده خوبی از محیط هدف باشد (۳۲). محیط آزمون فاقد توانایی تمایز، هیچ نوع اطلاعاتی را درباره ارقام فراهم نمی‌کند، در نتیجه این محیط آزمون قابل استفاده نیست. همچنین اگر یک محیط آزمون نمایانگر محیط هدف نباشد، نه‌تنها بی‌فایده است، بلکه به‌علت فراهم نمودن اطلاعات اریب احتمالی درباره ارقام مورد آزمایش، می‌تواند گمراه‌کننده نیز باشد (۱۷). این ویژگی برای محیط‌های ایده‌ال در محصولات مختلف زراعی هم‌چون جو (۱۶)، گندم دوروم (۱۷)، ذرت (۷) و پنبه (۶) مورد استفاده قرار گرفته است. روش شناسایی یک محیط نمونه در بای‌پلات، عبارت از تعریف یک محیط متوسط و استفاده از آن به‌عنوان مرجع یا معیار است (۳). محیط متوسط در شکل ۵ به‌وسیله یک دایره کوچک نشان داده‌شده است. همان‌طور که قبلاً عنوان شد، خطی که از مبدأ بای‌پلات و محیط متوسط می‌گذرد، AEC است. زاویه بین بردار یک محیط (در شکل ترسیم نشده‌است) و محور AEC معیاری برای شناسایی محیط نمونه است. از این‌رو، در این پژوهش هیچ‌کدام از محیط‌ها نمایانگر محیط متوسط نیستند (شکل ۵). توانایی تفکیک و تمایز یک محیط به توانایی آن برای نشان‌دادن حداکثر تنوع بین ژنوتیپ‌ها برمی‌گردد، اما توانایی نمایندگی یک محیط بیان می‌کند که یک محیط نماینده شرایط سایر محیط‌ها در مطالعه موردنظر است (۳).

بنابراین محیط ایده‌آل باید ترکیبی از این دو خصوصیت را برای توسعه مواد ژنتیکی سازگار داشته باشد. این خصوصیات در مدل بای‌پلات تحت‌عنوان قدرت تفکیک محیط‌ها در مقابل نمایندگی آن‌ها آورده شده است (۳۴). دایره کوچک روی محور AEC که با علامت پیکان مشخص شده است، محیط ایده‌ال را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵ ملاحظه می‌شود که محیط همدان نزدیک‌ترین محیط آزمون به محیط ایده‌ال است و بنابراین از همه محیط‌ها مطلوب‌تر است و محیط کردستان با بیشترین فاصله نسبت به محیط ایده‌آل نامطلوب‌ترین محیط شناسائی شد.

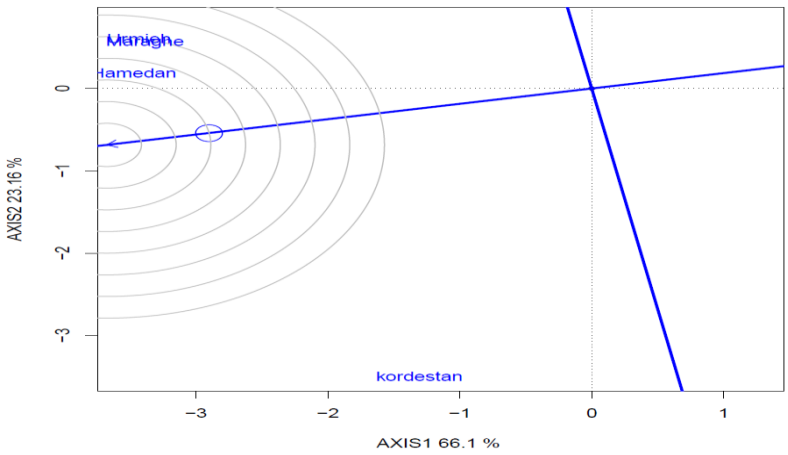
مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌ها در بهترین محیط

مقایسه میانگین عملکرد در چهار مکان مورد بررسی نشان داد که ایستگاه ارومیه دارای بیشترین پتانسیل عملکرد است (جدول ۵). شکل۶، مقایسه گرافیکی عملکرد نسبی تمام ژنوتیپ‌ها در این محیط را نشان می‌دهد. خطی که از مرکز بای‌پلات و از نقطه مربوط به ایستگاه ارومیه است، محور محیطی ارومیه نامیده می‌شود. خطوط عمود بر این خط وسط هر ژنوتیپ، فاصله و رتبه آن‌ها را نسبت به این محیط نشان می‌دهد. بنابراین ژنوتیپ G13 بیشترین عملکرد و ژنوتیپ G1 و G15 کمترین عملکرد را در این ایستگاه دارا هستند.

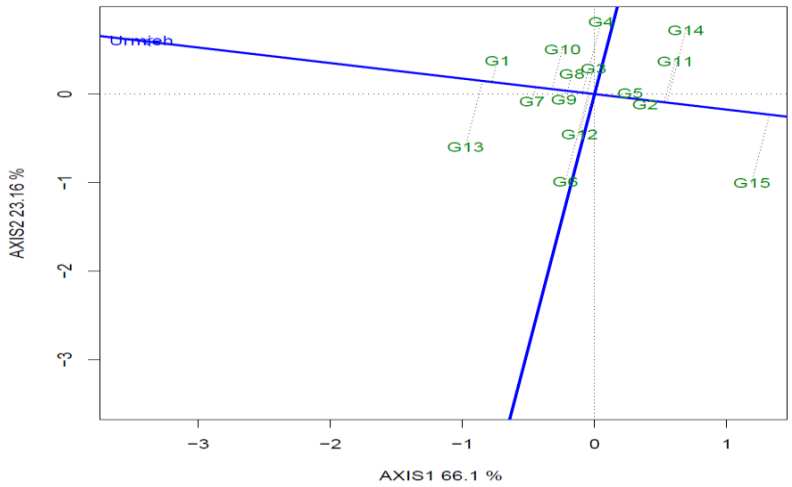
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

خطی که از مبدأ بای‌پلات عبور می‌کند و عمود بر محور ارومیه است، ژنوتیپ‌هایی را که عملکرد بیشتر از میانگین دارند جدا می‌کند (شکل ۶).



شکل ۵- بای پلات مقایسه محیط‌ها با محیط ایده‌ال بر اساس توانایی تمایز و نماینده بودن محیط هدف
Figure 5. Biplot comparing the environments with the ideal environment based on the discriminatng ability and representativeness of the target environment.



شکل ۶- بای پلات عملکرد ژنوتیپ‌ها در بهترین ایستگاه (ارومیه)
Figure 6. Biplot of the performance of genotypes at the best station (Urima)

نتایج نشان داد ژنوتیپ G6 در ایستگاه کردستان بیشترین عملکرد را داشت. از طرف دیگر ژنوتیپ G13 در ایستگاه‌های همدان، مراغه و ارومیه دارای بیشترین عملکرد بود و در ایستگاه کردستان نیز در رتبه دوم قرار داشت که نشان می‌دهد این ژنوتیپ دارای پایداری عملکردی بالایی در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد.

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد دانه و میزان پایداری در محیط‌های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های G4 و G15 پایداری کمتری نسبت به سایر ارقام داشتند و ژنوتیپ‌های G7، G9 و G5 نسبتا پایدارتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. هم‌چنین ژنوتیپ‌های G4، G10، G12 و G6 دارای عملکرد متوسط و نسبتاً ناپایدار بودند. همچنین ژنوتیپ G15 دارای عملکرد پایین و پایداری کم و ژنوتیپ G13 عملکرد و پایداری بالایی داشت. در مجموع مشخص شد که G13 با پتانسیل عملکرد بالا و پایداری بیشتر، بهتر از دو رقم آنا و سارال و دیگر ژنوتیپ‌ها عمل نموده و به‌عنوان ژنوتیپ نزدیک به ایده‌آل معرفی می‌شود و برای برنامه‌های به‌زراعی و آزمایش‌های تحقیقی تطبیقی می‌تواند پیشنهاد شود در پایان چنین نتیجه‌گیری می‌شود که اگرچه به‌نژادی ارقام سازگار و پایدار برای پهنه گسترده اقلیم سرد و معتدل مشکلات مختص به‌خود را دارد، لیکن انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول با سازگاری عمومی و یا خصوصی با استفاده از اطلاعات مستخرج از این‌چنین تجزیه و تحلیل‌های پایداری، میسر خواهد بود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

منابع

1. Arshad, M., A. Bakhsh, A.M. Haqqani and M. Bashir. 2003. Genotype environment interaction for grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany, 35: 181-186.
2. Bakhsh, A., L.H. Akhtar, S.R. Malik, A. Masood, S.M. Iqbal and R. Qurashi. 2011. Grain yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) across environments. Pakistan Journal of Botany, 43: 2947-2951.
3. Blanche S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Science, 46: 946-949.
4. Cornelius, P.L. and J. Crossa. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. Crop Science, 39: 998-1009.
5. Dadras, A.R., H. Samizadeh and H. Sabouri. 2017. Evaluation of soybean varieties and advanced lines yield under drought stress conditions using GGE biplot analysis. Journal of crop Breeding, 9(23): 18-26.
6. Dimitrios, B., G. Christos, R. Jesus and B. Eva. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE Biplots. Agronomy Journal, 100: 1230-1236.
7. Fan, X.M., M.S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal, 99: 220-228.
8. FAO. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
9. Farayedi, Y. 2013. Seed yield stability of advanced Kabuli type chickpea lines at dry fall sowing in cold region of Maragheh, Iranian Journal of Dryland Agriculture, 1(4): 17-32.
10. Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis, Biometrika, 58: 453-467.
11. Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science, 46: 1488-1500.
12. Hamayoon, R., H. Khan, S.L. Naz, I. Munir, M. Arif, I.A. Khalil and A.Z. Khan. 2011. Performance of chickpea genotypes under two different environmental conditions. African Journal of Biotechnology, 10: 1534-1544.
13. Imtiaz, M., R.S. Malhotra, M. Singh and S. Arslan. 2013. Identifying high yielding, stable chickpea genotypes for spring sowing: specific adaptation to location and sowing seasons in the mediterranean region. Crop Science, 53: 1472-1480.
14. Kanoni, H. 2001. The yielding ability and adaptability of chickpea cultivars under rainfed conditions of Kurdistan. Seed and Plant Improvement Journal, 17(1): 1-11.
15. Kempton, R.A. 1984. The use of biplot in interpreting variety by environment interaction. The Journal of Agricultural Science, l22: 335-342.
16. Koocheki, A., B. Sorkhi and M. Eslam Zade Hesar. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. Seed and Plant Improvement Journal, 28(4): 26-39.
17. Letta, T., M.G. D'Egidio and M. Abinasa. 2008. Analysis of multi-environment yield trials in durum wheat based on GGE-biplot electronic resource. Journal of Food Agriculture and Environment, 6(2): 217-221.
18. Mohammadi, R.M., E. Armion, M. Zadhasan, M. Ahmadi and D. Sadeghzadeh Ahari. 2012. Genotype ×environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE biplotmodel. Seed Plant Improv Journal, 28-1(3): 503-518 (In Persian).
19. Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amri and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi environment trials. Crop and Pasture Science, 61: 92–101.
20. Omrani, S., A. Omrani, M. Afshari, A. Saremi-rad, S. bardehji and P. Foroozesh. 2019. Application of multivariable of additive main effects and multiplicative interaction and biplot graphical analysis multivariate methods on the study of genotype-environment interaction on safflower genotypes grain yield. Journal of crop Breeding, 11(31): 153-163.
21. Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1971. Environmental and genotype environment components of variability.III. Multiple line and crosses. Heredity, 23: 339-356.
22. Pourdad, S.S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genotype×environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica Napus* L.) in rain-fed condition. Journal of crop Breeding, 5(12): 1-14.
23. Poustini, K. 1985. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of several chickpea cultivars in relation to cold and water amount. M.Sc. Thesis. College of Agricultural University of Tehran, Iran (In Persian).
24. Pouresmael, M., H. Kanoni, H. Astaraki, M. Hajhasani and A. MirAkhorli. 2017. Yield evaluation of kabuli type chickpea landraces in rainfed conditions, Seed and Plant Improvement Journal, 1(33): 29-43.
25. Roozeboom, K.L., T.W. Schapaugh, M.R. Tuinstra, R.L. Vanderlip and G. Milliken. 2008. Testing wheat in variable environments: Genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. Crop Science, 48: 317-330.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

26. Roustaei, M., A. Sadeghzadeh Ahari, A. Hesami, K. Soleymani, H. Pashapour, K. Nader Mahmoudi, M. poursiahbidi, M.M. Masood Ahmadi and M. Hassanpour Hassani. 2003. A study of adaptability and stability of grain yield in bread wheat genotypes in cold and semi-cold dryland areas. Seed and Plant, 19: 263-280 (In Persian).
27. Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd. UK.
28. Sabaghpour, S.H., A.A. Mahmodi, A. Saeed, M. Kamel and R.S. Malhotra. 2006. Study on chickpea drought tolerant lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Science, 1: 70-73.
29. Sabaghpour, S.H., E. Sadeghi and S. Malhotra. 2003. Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. In: Proceedings of International Chickpea Con. J, 20-22. India Gandhi Agricaltural University, Raipur Chhattisgarh, India.
30. Yadav, S.S., A.K. Verma, A.H. Rizvi, D. Singh, J. Kumar and M. Andrews. 2010. Impact of genotype × environment interactions on the relative performance of diverse groups of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. Archive of Agronomy and Soil Science, 56: 49-64.
31. Yaghotipoor, A. and E. Farshadfar. 2007. Non-parametric estimation and component analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Biological Science, 10: 2446-2453.
32. Yan, W., J.A. Fregeau-Reid, D.R.A. Pageau, J.W. Mitchell Fetch, M. Etienne, J. Rowsell, P. Scott, M. Price, B. De Haan, A. Cummiskey, J. Lajeunesse, J. Durand and E. Sparry. 2010. Identifying essential test locations for oat breeding in eastern Canada. Crop Science, 50: 504-515.
33. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. Crop Science, 47: 643-655.
34. Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science, 86: 623-645.
35. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press. Boca Raton, FL.
36. Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. Agronomy Journal, 94: 990-996.
37. Yan, W., P.L. Cornelius, J. Crossa and L.A. Hunt. 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. Crop Science, 41: 656-663.
38. Zobel, R., W.M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal, 80: 388-393.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]

Evaluation of Genotype -Environment Interaction for Grain Yield of Chickpea Genotypes (*Cicer arietinum* L.) in Cold Agro-Climate Zone of Iran by GGE Biplot Method

Yadollah Farayedi[1], Ali Akbar Asadi[2], Farhad Ahak Paz[1], Ali Saeed[3], Homayoon Kanoni[4] and Ali Ehsan Nosrati[5]

1- Assistant researcher of Dryland Agricultural Research Institute, Maragheh, Iran
2- Assistant of Professor, Crop and Horticultural Science Research department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanjan, Iran (Corresponding author: asadipm@gmail.com)
3- Assistant of Professor Seed and Plant Improvement Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
4- Associate scientist, Field and Horticultural Crops Science Dept., Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran
5- Associate Researcher, Crop and Horticultural Science Research department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
Received: June 13, 2020 Accepted: October 4, 2020

Abstract

The existence of genotype– environment interaction requires that the performance of genotypes be tested in a wide range of environmental conditions so that the resulting information can increase the efficiency of their selection and introduction. For this purpose, this study using 11 selected lines from uniform national experiments, along with control figures of Saral and Anna and two advanced lines in the form of complete randomized block design with four replications and in four cold regions of the country (Maragheh, Urmia, Kurdistan And Hamedan) was carried out in three years (2016-19). The results of combined analysis showed that the effects of year, location and genotype, as well as the interaction effects on grain yield were statistically significant. The polygonal view of GGE biplot showed that the G6 genotype had the highest yield in Kurdistan location, On the other hand, G13 genotype had the highest yield in Hamedan, Maragheh and Urmia locatins and was in the second place in Kurdistan locatin which shows that this genotype has high yield stability in all stations. The ranking of genotypes based on average grain yield and stability in studied environments showed that G4 and G15 genotypes were less stable than other genotypes. Also, the G4, G10, G12 and G6 genotypes had average and relatively unstable yield. Also, the G15 genotype had low yield and low stability, and the G13 genotype had high yield and stability. In the end, it was found that genotype 13, with higher yield potential and greater stability, performed better than the two cultivars Anna and Saral as a check, and was introduced as a genotype close to ideal, and could be recommended for farming programs and adaptive research experiments.

Keywords: Genotype- environment interaction, GGE Biplot, Stability

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.66]