دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) با استفاده از روش AMMI

پیام پزشکپور[۱]، رحمت اله کریمی‌زاده[۲]، امیر میرزایی[۳] و محمد برزعلی[۴]

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران (نویسنده مسوول: papezeshkpour@yahoo.com)
۲- استادیار پژوهش، ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران
۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران
۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گلستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۷
صفحه: ۶۰ تا ۷۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر ژنوتیپ، محیط (مکان× سال) و اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط (مکان×سال)، عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ نخود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در چهار مکان (خرم‌آباد، گچساران، ایلام و گنبد) طی دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۳) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب، معنی‌دار بودن اثر مکان، سال، اثر متقابل مکان × سال، ژنوتیپ، ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان، ژنوتیپ × سال × مکان برای عملکرد دانه را نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس AMMI، مکان و سال منبع اصلی تغییرات بودند، که ۸۶/۱ درصد از مجموع مربعات کل را به‌خود اختصاص داد. نتایج تجزیه واریانس AMMI نیز نشان داد که اثر دو مؤلفه اثر متقابل بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. دو مؤلفه اصلی اول مدل AMMI 3/79 درصد از کل واریانس عملکرد را توجیه کردند. نتایج مقادیر پایداری AMMI (ASV) نشان داد که برای عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های شماره G16، G4، G6 و G1 کمترین مقدار و درنتیجه بالاترین پایداری عمومی به تمام محیط‌های آزمایش و ژنوتیپ شماره G10 با مقدار ۱۲/۸۹ بیشترین پایداری خصوصی را به مکان چهارم (E4) داشتند. در بین ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین ASV بودند، فقط ژنوتیپ(FLIP01-24C) G6 دارای میانگین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها بود. بر اساس مقادیر دو مؤلفه اصلی اول، ارزش پایداری AMMI(ASV) و شاخص پایداری ژنوتیپ GSI، ژنوتیپ‌های G12، G13 و G6 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ به‌ترتیب با عملکرد متوسط (۱۴۳۸/۹، ۱۲۶۶/۳ و ۱۴۳۴/۲ کیلوگرم در هکتار) شناخته شد و نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI)، نخود

مقدمه

حبوبات بعد از غلات دومین منبع غذایی انسان به‌شمار می‌روند و در کشور ایران بعد از گندم، اصلی‌ترین ماده غذایی مردم را تشکیل می‌دهند (۲۶). نخود سومین گیاه مهم از گروه حبوبات در جهان و مهم‌ترین آن‌ها در ایران است. سطح زیر کشت نخود در کشور حدود ۶۵۰ هزار هکتار است که از این سطح سالیانه حدود ۳۰۰ هزار تن نخود برداشت می‌شود (۱). کشاورزان نخود کار به ارقامی نیاز دارند که عملکرد بالایی داشته باشند و این خصوصیت مطلوب را در دامنه وسیعی از شرایط محیطی و در خلال سال‌ها حفظ نمایند (۴۰). به‌منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ برای محیط خاص و یا تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در دامنه‌ای از محیط‌ها، ارقام و لاین‌های نخود در آزمایش‌های ناحیه‌ای ارزیابی‌شده و عملکرد دانه آن‌ها در سال‌ها و مناطق مختلف مورد مقایسه قرار می‌گیرد. عملکرد ژنوتیپ‌های نخود تا حد زیادی به محیط بستگی دارد. به‌طورکلی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط عملکرد یک رقم را تعیین می‌کنند (۱۳). با درنظرگرفتن سطح زیر کشت نخود، تنوع شرایط اقلیمی- زراعی مناطق مورد کشت و عکس‌العمل ارقام مختلف در شرایط محیطی متفاوت، معرفی ارقام پرمحصول که سازگاری وسیع داشته باشند حائز اهمیت است. سازگاری و پایداری عملکرد دو مفهوم مهم در برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی می‌باشند (۱۰،۹). توانایی یک ژنوتیپ به دارا بودن حداقل اثر متقابل در برابر تغییرات محیطی، تحت عنوان پایداری عملکرد ژنوتیپ تعریف‌شده است (۱۲،۱۱). پایداری عملکرد، یکی از مطلوب‌ترین خصوصیات یک رقم زراعی است که باعث سازگاری آن به اکثر مناطق شده و با عنوان سازگاری عمومی نامیده می‌شود (۲۵). یکی از عوامل مهم اختلاف بین عملکرد بالقوه (پتانسیل) و عملکرد واقعی، عدم پایداری کافی عملکرد است (۹،۲۷).

از طرف دیگر، جهت دستیابی به حداکثر تولید لازم است سازگاری ارقام مورد نظر به بهترین محیط رشد آن‌ها مشخص شوند که این موضوع تحت عنوان سازگاری خصوصی نامیده می‌شود (۶). در سازگاری خصوصی هدف این است که ژنوتیپی به‌دست آید که عملکرد خوبی در یک محیط خاص داشته باشد (۷). باتوجه به اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ× محیط، معمولاً به‌نژادگران، ژنوتیپ‌های واجد شرایط را جهت تعیین سازگاری عمومی و خصوصی آن‌ها در چند محیط مورد ارزیابی قرار می‌دهند. هدف از انتخاب برای سازگاری عمومی، شناسایی ژنوتیپی است که تقریباً در همه محیط‌ها عملکرد خوبی داشته باشد. اثر متقابل ژنوتیپ× محیط به‌عنوان تغییر نسبی عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف تعریف شده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

است که به‌عنوان یک چالش برای به‌نژادگران محسوب می‌شود، زیرا انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را مشکل ساخته و باعث کاهش پیشرفت ژنتیکی می‌شود (۹).

اثر متقابل ژنوتیپ× محیط با استفاده از چندین روش اندازه‌گیری می‌شود که اساس همه آن‌ها ارزیابی ژنوتیپ‌ها در چند محیط هست. آزمایش‌های چند محیطی گیاهان زراعی، نقش مهمی در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در بسیاری از مراحل برنامه‌های اصلاح و معرفی ارقام جدید دارند. متداول‌ترین روش تجزیه آزمایش‌های چند محیطی مبتنی بر فرض یکنواختی واریانس خطا در همه محیط‌های مورد آزمایش است، اما اغلب این موضوع در عمل اتفاق نمی‌افتد و می‌تواند صحت ارزیابی ژنوتیپ‌ها را محدود نماید. پر واضح است که در چنین آزمایش‌هایی، به‌علت اختلاف عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها، واریانس اثر متقابل ژنوتیپ× محیط تغییر کرده و واریانس باقیمانده در محیط‌ها به‌علت تفاوت در شرایط طبیعی (خاک، آب و هوا) و همچنین عملیات اجرایی در محیط‌های مختلف تغییر می‌کند (۲۱). بکر و لئون (۵) اظهار داشتند که پایداری عملکرد یک ژنوتیپ ارتباط مستقیمی با اثر متقابل ژنوتیپ× محیط داشته و یک ژنوتیپ موفق باید عملکرد و پایداری بالایی در دامنه وسیعی از شرایط محیطی داشته باشد. در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ× محیط، لازم است ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد نسبتاً ثابت در دامنه‌ای از محیط‌ها شناسایی شوند. تعیین پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است (۱۴،۲۲،۲۱).

در میان روش‌های آماری، تجزیه پایداری به‌روش AMMI(Additive main effect and multiplication interaction) در مطالعات بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است. در مدل AMMI، ضریب رگرسیون و واریانس محیطی، قابل‌اعتمادترین ابزار برای محاسبه پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها گزارش‌شده‌اند (۱۷). در مدل AMMI، مؤلفه‌های افزایشی برای اثرات اصلی (ژنوتیپ و محیط) و مؤلفه‌های ضرب‌پذیر برای اثر متقابل ژنوتیپ× محیط ترکیب می‌شوند (۳۳). این مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل، برای تفسیر کارایی عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های ارزیابی‌شده در محیط‌های مختلف استفاده می‌شوند (۷). یکی از خروجی‌های تجزیه AMMI، بای پلات‌هایی است که اطلاعاتی درباره اثرات اصلی و متقابل ارائه داده و همچنین اطلاعات مفیدی درباره شباهت مکان‌ها برای پاسخ سازگاری ژنوتیپ ارائه می‌دهند. اطلاعات بای پلات‌های AMMI امکان بررسی بصری ارتباطات بین محیط‌ها، ژنوتیپ‌های مورد آزمون و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط را فراهم می‌کند. در بای‌پلات، ژنوتیپ‌ها به‌صورت مربع و مکان‌ها به‌شکل بردار نشان داده شده‌اند. زاویه بین دو بردار مکانی، میزان همبستگی دو مکان را نشان می‌دهد. هر چه زاویه بین دو مکان کمتر باشد، دو مکان همبستگی بیشتر داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها دارند. زاویه ۹۰ درجه بین دو بردار مکانی عدم همبستگی دو مکان و زاویه بیشتر از آن نقش متضاد دو مکان در تعیین ژنوتیپ سازگار را نشان می‌دهد (۳۸). زالی و همکاران (۴۰) با بررسی ۱۷ ژنوتیپ نخود در پنج ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیان کردند که اثر متقابل ژنوتیپ× محیط با استفاده از مدل آثار اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب پذیر (AMMI) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و چهار مؤلفه اصلی، ۹۴ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه کردند.

آزام و همکاران (۴) دوازده ژنوتیپ نخود را برای پایداری عملکرد دانه در شش محیط مختلف در بنگلادش مورد ارزیابی قراردادند، اثر متقابل ژنوتیپ× محیط بسیار معنی‌داری برای عملکرد دانه گزارش نمودند و ۱۰/۲۹ درصد تغییرات عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌ها بود.

افزایش روزافزون نقش حبوبات در امنیت غذایی کشور بسیار مهم است که این موضوع با تولید ارقام پایدار با عملکرد بالا تحقق می‌یابد. هدف از این تحقیق، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ× محیط عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ نخود از طریق تجزیه AMMI و بررسی الگوی سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های پرمحصول بوده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به‌منظور بررسی پایداری و الگوی سازگاری ژنوتیپ‌ها، ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته نخود کابلی همراه با رقم آزاد (شاهد) در یک آزمایش مقایسه عملکرد به‌صورت کشت پاییزه طی دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۳ مورد ارزیابی قرار گرفتند. مناطق اجرای آزمایش شامل خرم‌آباد، گچساران، ایلام و گنبد بودند. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های محل اجرای آزمایش و کد آن‌ها در جدول ۱ و نام، مبدأ و کد ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. طرح مورد استفاده در هر آزمایش، بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر ژنوتیپ در یک کرت شامل چهار خط به‌طول چهار متر و فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر کشت شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۷ سانتی‌متر بود. میزان بذر در هر ردیف کاشت ۶۰ عدد در نظر گرفته شد (۴۰). عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و استفاده از دستگاه فاروئر برای تهیه جوی و پشته به‌طور معمول انجام شد. کلیه عملیات داشت شامل کوددهی و وجین به‌صورت یکسان برای همه کرت‌ها انجام شد. برداشت محصول پس از حذف حاشیه شامل دو ردیف کناری و ۲۵ سانتیمتر از ابتدا و انتهای هر کرت، از سطحی معادل ۲/۱ مترمربع انجام شد. برای بررسی یکنواختی واریانس خطای آزمایش‌ها، آزمون بارتلت انجام شد، سپس با ثابت درنظرگرفتن اثر ژنوتیپ و تصادفی درنظرگرفتن اثر محیط، تجزیه واریانس مرکب صورت گرفت. محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس مرکب، تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به روش AMMI و تعیین ارزش پایداری ژنوتیپ (۱۵، ۳۷) بودند. تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ× محیط به‌روش AMMI با استفاده از رابطه زیر برآورد شد:

$$Yger = \mu + \sigma_g + \beta_e + \sum \lambda_n y_{gn} \delta_{en} + P_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

Yger: عملکرد ژنوتیپ gام در محیط eام و تکرار rام، μ: میانگین کل، σ_g: اثر اصلی ژنوتیپ، β_e: اثر اصلی محیط، λn: مقدار منفرد برای محور مؤلفه اصلی، nام: که برابر با مقدار ویژه مربوط به همان مؤلفه اصلی است، n: تعداد محورهای

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

PCA باقیمانده در مدل AMMI، Ygn: بردار ویژه ژنوتیپ gام از n مولفه اصلی اثر متقابل (IPCA)، δ_{en}: بردار ویژه محیط eام از n مولفه اصلی اثر متقابل، Pge: نویز و ε_{aer}: خطای آزمایش هستند.

تعیین ارزش پایداری امی (ASV) با استفاده از رابطه (۱۹) زیر برآورد گردید:

$$ASV=\sqrt{\left(\left[\frac{s_1}{s_{G\times t}}\times n_{1s}\right]^2+\left[\frac{s_2}{s_{G\times t}}\times n_{2s}\right]^2+\left[\frac{s_3}{s_{G\times t}}\times n_{3s}\right]^2\right)}$$

ج- تعیین شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) (۳۵،۲۴)

GSIi= RASVi + RYi

GSIi: شاخص پایداری ژنوتیپ iام در محیط‌ها، رتبه ژنوتیپ iام در محیط‌ها براساس ASV و RYi: رتبه ژنوتیپ iام در محیط‌ها براساس میانگین عملکرد هستند.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و CROPSTAT انجام شد.

جدول ۱- اطلاعات آب‌وهوایی و مشخصات ایستگاه‌های محل اجرای آزمایش (۱۳۹۳-۹۵)

Table 1. Meteorological and geographical information of experimental locations (2014-2016)

محیط	طول و عرض جغرافیایی (درجه- دقیقه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	سال زراعی	کد	میانگین دمای ماهانه (°C)	بارندگی (mm)
خرم‌آباد	37 ° 28' N	۱۱۷۰	۹۴-۱۳۹۳	E1	۱۳/۸	۳۲۶/۳
خرم‌آباد	48 ° 21' E	۱۱۷۰	۹۵-۱۳۹۴	E2	۱۳/۲	۷۴۳/۴
ایلام	33 ° 38' N	۹۷۰	۹۴-۱۳۹۳	E3	۱۴/۷	۳۲۵/۸
ایلام	46 ° 24' E	۹۷۰	۹۵-۱۳۹۴	E4	۱۷/۷	۷۳۷/۸
گچساران	30 ° 21' N	۷۲۲	۹۴-۱۳۹۳	E5	۲۰	۳۵۱/۶
گچساران	50° 48' E	۷۲۲	۹۵-۱۳۹۴	E6	۱۵/۵	۳۹۰/۱
گنبد	37 ° 17' N	۵۲	۹۴-۱۳۹۳	E7	۱۵/۵	۲۷۹/۴
گنبد	55° 18' E	۵۲	۹۵-۱۳۹۴	E8	۱۶/۶	۵۲۱/۵

جدول ۲- نام، مبدأ* و کد ژنوتیپ‌های نخود موردمطالعه

Table 2. Name, origin and code of the chickpea genotypes

نام ژنوتیپ	کد	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	وزن صد دانه (گرم)
FLIP03-63C	G1	۵۱/۷	۱۲۳	۱۵۱	۲۸/۵
FLIP03-87C	G2	۵۳/۵	۱۲۲	۱۵۱	۲۸
FLIP05-16C	G3	۵۲/۴	۱۲۳	۱۵۱	۲۶/۵
FLIP03-123C	G4	۵۰/۳	۱۲۳	۱۵۰	۲۹/۶
FLIP03-145C	G5	۵۳/۱	۱۲۳	۱۵۱	۲۸/۲
FLIP01-24C	G6	۴۸/۵	۱۲۱	۱۵۰	۳۲/۵
FLIP05-183C	G7	۵۲/۵	۱۲۲	۱۵۰	۳۰/۳
FLIP05-19C	G8	۵۳/۵	۱۲۲	۱۵۲	۳۱/۱
FLIP05-18C	G9	۵۵/۵	۱۲۲	۱۵۱	۳۱/۱
FLIP07-21C	G10	۵۶/۴	۱۲۲	۱۵۱	۳۲/۳
FLIP07-31C	G11	۵۱/۸	۱۲۱	۱۵۰	۳۲/۴
FLIP07-32C	G12	۵۲/۲	۱۲۳	۱۵۳	۳۰/۸
FLIP07-91C	G13	۵۰	۱۲۱	۱۵۱	۳۰/۴
FLIP08-12C	G14	۵۵/۱	۱۲۲	۱۵۱	۲۹/۷
FLIP08-23C	G15	۵۱/۹	۱۲۳	۱۵۱	۳۰/۲
FLIP01-52C	G16	۵۴/۵	۱۲۲	۱۵۱	۲۸/۵
FLIP88-85C	G17	۵۱/۳	۱۲۰	۱۵۲	۲۹/۳
Azad	G18	۵۲/۲	۱۲۱	۱۵۳	۳۰/۱

*: مبدأ کلیه ژنوتیپ‌ها مرکز تحقیقات بین‌المللی مناطق خشک (ایکاردا) می‌باشد

نتایج و بحث

در این پژوهش اثر محیط بیشترین سهم را در توجیه مجموع مربعات کل به‌خود اختصاص داد که این موضوع نشان‌دهنده دامنه وسیع‌تر اثرات اصلی محیط نسبت به اثرات اصلی ژنوتیپ بود. ابتدا تجزیه واریانس ساده (داده‌ها نشان داده نشده است) برای هر محیط انجام و آزمون بارتلت برای بررسی همگن بودن واریانس‌های خطای آزمایش‌ها نیز انجام شد. با انجام آزمون بارتلت روی داده‌های ۸ محیط، فرض همگنی واریانس خطاهای آزمایش مورد تائید قرار گرفت (χ^2=۷/۸۶^{ns}). مقادیر محاسبه‌شده برای چولگی (۱/۵۴)، کشیدگی (۲/۴۹) و عدم معنی‌ار بودن سطح احتمال (۰/۰۶<P) بر اساس آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (۲۳،۳۳) نشان‌دهنده نرمال‌بودن توزیع داده‌ها هست. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه روی داده‌های میانگین دوساله ۴ منطقه با ۱۸ ژنوتیپ نخود کابلی نشان داد که اثر مکان بسیار معنی‌دار بود ($p< 0.001$). اثر متقابل ژنوتیپ× مکان و ژنوتیپ× سال نیز در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های نخود تفاوت بسیار معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه مشاهده شد. اثرهای متقابل سال× مکان، ژنوتیپ× سال × مکان ژنوتیپ در مکان نیز معنی‌دار بودند (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ× محیط نشان می‌دهد که بیان فنوتیپی یک ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ دیگر در یک محیط برتر بوده، اما در محیطی دیگر نامطلوب است (۳۴). تفاوت بین سال‌ها می تواند ناشی از یکسان نبودن عوامل جوی همچون میزان بارندگی، پراکنش آن در سال‌ها و توزیع متوازن بارندگی ماهیانه در دوره‌های مختلف رشدی گیاه،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و خاک، مقدار پوشش برفی در مناطق و .... می‌باشد. اثر معنی‌دار مکان نیز می‌تواند به‌دلیل عواملی همچون خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و ... باشد. اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ× سال ناشی از آن است که ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف واکنش متفاوتی داشته‌اند. اثر معنی‌دار برهم‌کنش ژنوتیپ× سال× مکان نشان‌دهنده اختلاف بین عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر و وجود نوسان در عملکرد دانه است که نیاز به ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های گوناگون را برای شناسایی سازگاری عمومی و خصوصی نشان می‌دهد. به‌نظر می‌رسد که در برهم‌کنش معنی‌دار ژنوتیپ× سال× مکان، افزون بر تفاوت ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها، واکنش‌های متفاوت آن‌ها به عوامل جغرافیایی و اقلیمی هم موثر بوده است. برهم‌کنش معنی‌دار ژنوتیپ× سال× مکان همچنین نشانه‌ای از تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، مکان‌های آزمایشی و سال‌هاست، پس امکان بهره‌گیری از تجزیه پایداری وجود دارد و می‌توان ژنوتیپ‌های سازگار به نواحی ویژه و یا کل محیط‌ها را شناسایی کرد. با مقایسه داده‌های بارندگی و متوسط درجه حرارت در زمان آزمایش و داده‌های درازمدت، به‌نظر می‌رسد که بیشترین میزان کاهش عملکرد ناشی از کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت و به عبارتی عوامل ناشی از تغییرات تصادفی سال می‌باشد. این نتیجه در برهم‌کنش معنی‌دار ژنوتیپ× سال نیز دیده می‌شود.

گزارش شده است که اثر متقابل بالای ژنوتیپ× محیط سرعت روند انتخاب را کاهش می‌دهد و توصیه‌های ژنوتیپی را مشکل می‌سازد (۸). در این پژوهش، اثر محیط بیشترین سهم را در توجیه مجموع مربعات کل به‌خود اختصاص داد که این موضوع نشان‌دهنده دامنه وسیع‌تر اثرات اصلی محیط نسبت به اثرات اصلی ژنوتیپ بود.

اسفاو و همکاران (۳) نیز با ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ× محیط روی ۱۶ ژنوتیپ لوبیا قرمز در ۱۸ محیط، بخش عمده تنوع کل را به محیط نسبت دادند. نتایج سایر تحقیقات روی نخود اهمیت محیط را در محاسبه درصد بیشتر مجموع مربعات کل نسبت به اثرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط نشان دادند (۵،۳۹). متوسط عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط، از ۱۵۰۹/۶ تا ۱۲۶۶/۲ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برای ژنوتیپ‌های G_2(FLIP03-87C) و G_{13} (FLIP07-91C) متفاوت بود. متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف ۱۳۸۴/۴۸ کیلوگرم در هکتار بود. و عملکرد دانه رقم شاهد (آزاد) ۱۴۴۷/۹ کیلوگرم در هکتار بود. برای بیشتر ژنوتیپ‌ها محیط‌های E_1 و E_2 منجر به عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر محیط‌ها شدند. این موضوع ممکن است با شرایط بهتر رشد مرتبط باشد. محیط‌های E_5 و E_6 کمترین عملکرد دانه را در مقایسه با سایر محیط‌ها داشتند. طبقه‌بندی محیط‌ها به محیط‌های مطلوب و نامطلوب بر اساس عملکرد دانه‌های نخود، حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) و تنش‌های غیرزنده ژنوتیپ‌ها (کمبود آب، تنش دمایی و حاصلخیزی کم خاک) را منعکس می‌کند (۳۱).

از میانگین داده‌های دو سال در هر مکان استفاده شد تا به تجزیه و تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ× مکان با استفاده از تجزیه AMMI و همچنین سایر آماره‌های پایداری برای تعیین پایدارترین ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مورد آزمایش پرداخته شود. نتایج تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ× محیط نشان داد که اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای عملکرد دانه معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های نخود از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). سهم اثرهای اصلی برای مکان، ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای عملکرد دانه به‌ترتیب ۸۷/۷، ۰/۶۵ و ۱۱/۶۴ درصد از مجموع مربعات کل بود و مؤلفه اصلی باقی‌مانده در مدل ۸/۰۳ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را بیان کردند. بالا بودن سهم مکان نشان‌دهنده تنوع زیاد بین مکان‌ها است. در تجزیه مدل AMMI چهار مؤلفه اصلی اول برای صفت عملکرد دانه معنی‌دار بودند و به‌ترتیب ۶۰/۷، ۱۸/۶، ۶/۷ و ۵/۹۷ درصد برای عملکرد دانه از مجموع اثر متقابل ژنوتیپ× محیط را به‌خود اختصاص دادند. این موضوع نشان می‌دهد که پاسخ‌های متفاوت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود در محیط‌های مورد آزمون که به‌علت اثر متقابل ژنوتیپ× محیط، بوده است، بنابراین به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های نخود با سازگاری خصوصی یا نسبتاً عمومی، ارزیابی بزرگ‌نمایی و الگوهای اثر متقابل ژنوتیپ× محیط، اهمیت زیادی در محیط‌های مورد آزمون دارد. مجموع سهم دو مؤلفه اول اثر متقابل برای عملکرد دانه ۷۹/۳ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ× مکان را توجیه کرد. این موضوع نشانگر آن است که دو مؤلفه اول و دوم بیش از دوسوم اثر متقابل ژنوتیپ× محیط را تفسیر می‌کند و مؤلفه‌های بیشتر اهمیت زیادی ندارند.

با استفاده از این دو مؤلفه اول سهم هر ژنوتیپ در برهم‌کنش مشخص شد. به‌طوری‌که هرچه سهم ژنوتیپ از برهم‌کنش کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. بعضی از محققان اظهار نمودند که بهترین مدل، مدلی است که فقط دو مؤلفه اصلی اول معنی‌دار شوند و سایر مؤلفه‌ها واریانس کمی را به‌خود اختصاص داده باشند (۲۵). گائوچ و زوبل (۱۶) در ارزیابی هفت ژنوتیپ سویا در ۳۵ محیط از چهار مدل تجزیه واریانس، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، رگرسیون خطی و AMMI استفاده کردند. در روش تجزیه واریانس اثر متقابل ژنوتیپ× محیط بسیار معنی‌دار گردید. در روش مؤلفه‌های اصلی دو مؤلفه اول معنی‌دار بودند. بر اساس عملکرد دانه مؤلفه اصلی اول مقدار زیادی از تغییرات اثر متقابل (۶۰/۷ درصد) را توجیه کرد. مؤلفه دوم نیز حدود ۱۸/۶ درصد تغییرات مشاهده‌شده را توجیه کرد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که پارامترهایی که بر اساس یک یا دو مؤلفه اصلی اول باشند، نتایج معتبر و قابل‌اطمینانی را ایجاد می‌نمایند (۲۹،۳۰). متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود در هر محیط از ۷۴۲/۹ کیلوگرم در هکتار در محیط E3 (ایلام

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

سال اول) تا ۲۹۱۱/۵ (خرم‌آباد، سال دوم) متغیر بود (جدول ۵). در جدول ۵ میانگین عملکرد دانه و مقادیر آماره‌های پایداری هر ژنوتیپ نشان داده‌شده است. ضریب مؤلفه اصلی اول ($IPCA_1$) و ضریب مؤلفه اصلی دوم ($IPCA_2$) به‌عنوان پارامترهای پایداری روش چندمتغیره AMMI مورداستفاده قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که کمترین مقدار (مثبت یا منفی) پایدارترین ژنوتیپ را معرفی می‌کند (۲۰). ژنوتیپ‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی ($IPCA_1$) بیشتر (مثبت یا منفی) اثر متقابل بالایی با محیط دارند، درحالی‌که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی نزدیک به صفر دارای اثر متقابل پائین هستند، بنابراین ژنوتیپ‌های شماره G11، G13، G16، G8، G7، G3، G6، G4 و G2 دارای کمترین $IPCA_1$ بودند، ولی فقط میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره G2 و G6 مناسب و بیشتر از میانگین کل است، بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با پایداری عمومی بالا معرفی می‌شوند (جدول ۵). وجود تفاوت در ارقام پایدار انتخابی با استفاده از ضرایب مؤلفه اول یا دوم و مشکل بودن انتخاب، بر این نکته تأکید دارد که استفاده از آمار ASV (AMMI stability value) با توجه به تلفیق دو مؤلفه اصلی اول و دوم که منجر به توجیه بخش قابل‌توجهی از تغییرات اثر متقابل می‌شود، منطقی‌تر به‌نظر برسد. این موضوع زمانی که سهم مؤلفه اول و دوم از تغییرات اثر متقابل پائین باشد، مشهودتر و ضروری‌تر است. نتایج مقادیر پایداری AMMI (ASV) نشان داد که برای عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های شماره G16، G4، G6 و G1 کمترین مقدار و در نتیجه بالاترین پایداری عمومی به‌تمام محیط‌های آزمایش و ژنوتیپ شماره G10 با مقدار ۱۲/۸ بیشترین سازگاری خصوصی را به محیط چهارم (E_4) داشتند. در بین ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین ASV بودند، فقط ژنوتیپ G6 دارای میانگین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۶).

نتایج حاصل از آماره‌های ASV کاملاً در نمودارهای $AMMI_2$ (شکل ۱) مورد تأکید قرار گرفت. از شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) نیز برای ارزیابی هم‌زمان پایداری و عملکرد بالای ژنوتیپ‌های نخود استفاده شد. بر اساس GSI، ژنوتیپ‌های نخود به‌طور هم‌زمان بر اساس پایداری و عملکرد بالا انتخاب می‌شوند. ژنوتیپ با کمترین مقدار GSI به‌عنوان ژنوتیپی با عملکرد بالا و پایدار شناخته می‌شود، بنابراین ژنوتیپ شماره ۶ با میزان GSI Rank متوسط (۹ =GSI) به‌عنوان بهترین ژنوتیپ ازنظر عملکرد دانه و پایداری شناخته شد (جدول ۵ و شکل‌های ۱ و ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود ارزیابی‌شده در هشت محیط

Tabel 3. Combined analysis of variance for seed yield chickpea genotypes evaluated in eight environments

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد دانه
منطقه	۳	۴۳۱۸۱۹۸۲/۶۱**
سال	۱	۲۸۷۲۵۴۱۳/۷**
منطقه× سال	۳	۸۱۴۴۷۱۹/۱۲**
خطای محیط (سال × منطقه/تکرار)	۱۶	۲۷۳۱۸۷/۳۱
ژنوتیپ	۱۷	۸۰۵۸۵/۲۴**
ژنوتیپ× سال	۵۱	۲۱۶۵۲۳/۴۱**
ژنوتیپ × منطقه	۱۷	۲۳۶۷۳۷/۴۵**
ژنوتیپ × سال × منطقه	۳۲۳	۱۶۷۰۲۰/۶**
خطای ۲آزمایشی	۳۲۳	۸۹۷۶۸/۱۸
کل	۴۳۱	–

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ نخود

Table 4. Anova of AMMI model for seed yield for 18 chickpea genotypes grown across eight environments

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درصد نسبت به مجموع مربعات کل	درصد نسبت به اثر متقابل محیط×ژنوتیپ
ژنوتیپ	۱۷	۴۵۶۶۵۰	۲۶۸۶۱/۷^{ns}	۰/۶۵	
محیط	۷	۶۰۹۰۱۸۰۰	۸۷۰۰۲۶۰^{ns}	۸۷/۷	
اثر متقابل	۱۱۹	۸۰۹۰۳۵۰	۶۷۹۸۶/۱**	۱۱/۶۴	
مؤلفه اول	۲۳	۴۹۱۶۵۱۰	۲۱۳۷۶۱**		۶۰/۷
مؤلفه دوم	۲۱	۱۵۰۹۶۴۰	۷۱۸۸۷/۶**		۱۸/۶
مؤلفه سوم	۱۹	۵۴۲۹۰۰	۲۸۵۷۳/۷^{ns}		۶/۷
مؤلفه چهارم	۱۷	۴۸۳۵۱۱	۲۸۴۴۲/۳^{ns}		۵/۹
باقیمانده	۳۹	۶۳۷۷۷۷			
اشتباه	۱۴۳	۶۹۴۴۸۸۰۰			

ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

جدول ۵- رتبه‌بندی ۱۸ ژنوتیپ نخود بر اساس میانگین عملکرد دانه و نمرات IPCA و شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSI) در هشت محیط
Table 5. Ranking of chickpea genotypes by mean performance, IPCA1 scores and genotype selection index (GSI) across eight environments

کد ژنوتیپ	IPCA1	IPCA2	ASV	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	Mean rank	Rank ASV	GSI	GSI rank	CV (%)
G1	−۷/۰۲	۳/۵۵	۴/۳۴	۱۳۱۹/۸	۳	۵	۸	۳	۴۲/۷
G2	−۱۰/۵۷	−۳/۹۳	۶/۲۹	۱۵۰۹/۴	۱۸	۱۱	۲۹	۱۴	۴۰/۳
G3	۷/۲	−۷/۹۹	۴/۴۴	۱۳۱۴/۶	۲	۶	۸	۴	۵۸/۸
G4	−۴/۱۵	−۴/۱۸	۲/۵۸	۱۳۴۱/۲	۴	۳	۷	۲	۵۱/۱
G5	−۸/۳۸	−۲/۹۵	۵/۰۹	۱۴۱۹/۴	۱۳	۷	۲۰	۱۱	۴۴/۱
G6	−۵/۷۸	۰/۸۱	۴/۲۵	۱۴۳۴/۲	۱۵	۴	۱۹	۹	۳۷/۳
G7	۸/۳۷	−۱۲/۸۷	۵/۲۲	۱۳۵۴/۵	۵	۱۰	۱۵	۱۵	۵۹/۹
G8	۸/۹	−۶/۲۹	۵/۴۹	۱۳۵۷/۱	۷	۸	۱۵	۷	۵۲/۱
G9	−۹/۱	−۴/۷۷	۶/۰۹	۱۳۸۷/۱	۱۰	۹	۱۹	۱۰	۸۷/۶
G10	−۲۱/۱۶	۱۳/۷۳	۱۲/۸۹	۱۴۰۴/۲	۱۱	۱۸	۲۹	۱۵	۹۲/۳
G11	۱/۵۲	−۴/۴۶	۱۲/۸۶	۱۳۶۷/۸	۸	۲	۱۰	۵	۸۷/۱
G12	۱۵/۹۴	۱/۵۹	۱۲/۸۶	۱۴۳۸/۹	۱۶	۱۴	۳۰	۱۶	۸۷/۶
G13	۱/۷۱	۱/۳۴	۱۲/۸۷	۱۲۶۶/۳	۱	۱	۲	۱	۸۷
G14	−۱۸/۶۱	-۲/۵۷	۱۱/۳۴	۱۴۱۲/۳	۱۲	۱۵	۲۷	۱۳	۸۸/۹
G15	۲۰/۱۲	۴/۲۱	۱۲/۲۸	۱۴۲۳/۶	۱۴	۱۶	۳۰	۱۷	۸۸/۶
G16	۰/۷۵	−۵/۸۵	۱/۱۹	۱۳۷۲/۹	۹	۱۷	۲۶	۱۲	۸۷/۱
G17	۷/۸۱	۲۳/۷۹	۴/۹۱	۱۳۵۵/۳	۶	۱۲	۱۸	۸	۸۹/۲
G18	۱۱/۹۲	۶/۷۸	۷/۲۴	۱۴۴۷/۹	۱۷	۱۳	۳۰	۱۸	۸۷/۸

IPCA1: ضریب مؤلفه اول،IPCA2 : ضریب مؤلفه دوم ASV: آماره پایداری امی AMMI، Mean rank : رتبه عملکرد، Rank ASV: رتبه آماره پایداری امی، GSI: شاخص پایداری ژنوتیپ،GSI rank : رتبه شاخص پایداری ژنوتیپ، CV (%): درصد ضریب تغییرات

جدول ۶- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل ۸ محیط
Table 6. Mean of seed yield chickpea genotypes and interaction main component scores for 8 environments

نام محیط و سال اجرا	محیط	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	$ICPAE_1$	$IPCAE_2$
خرم‌آباد سال اول (۹۴-۹۳)	E1	۱۷۴۷/۳	۷/۰۷	۰/۱۳
خرم‌آباد سال دوم (۹۵-۹۴)	E2	۲۹۱۱/۵	۱۳	۲۹/۱
ایلام سال اول (۹۴-۹۳)	E3	۷۴۲/۹	۴/۵	۱/۱۴
ایلام سال دوم (۹۵-۹۴)	E4	۱۵۲۰/۱	−۴۱/۳	۲/۲۸
گچساران سال اول (۹۴-۹۳)	E5	۹۴۹	۷/۵	۵/۳۴
گچساران سال دوم (۹۵-۹۴)	E6	۱۰۴۴/۸	−۷/۹	۱/۴۸
گنبد سال اول (۹۴-۹۳)	E7	۱۰۶۷/۵	۸/۴	۱۲/۸۳
گنبد سال دوم (۹۵-۹۴)	E8	۱۰۹۳/۴	۸/۷	۱۳/۴

$ICPAE_1$: مؤلفه اصلی اول محیط، IPCAE2: مؤلفه اصلی دوم محیط

هرچه نمرات IPCA به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهندهٔ پایداری بیشتر ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد آزمون است. ازاین‌رو، در نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار دارند از پایداری عمومی برخوردار هستند و برای کشت در اکثر محیط‌ها توصیه می‌شوند و ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز بای‌پلات پراکنش یافته‌اند دارای پایداری خصوصی می‌باشند.

آماره ضریب تغییرات ژنوتیپی (CV_i) نشان می‌دهد که جدا از مقدار میانگین، کدام ژنوتیپ کمترین تغییرات را در بین محیط‌ها دارد. از این نظر ژنوتیپ شماره G6 با مقدار ۳۷/۳۸ درصد کمترین تغییرات عملکرد دانه را در بین محیط‌ها داشت و دارای عملکرد دانه بالاتر از میانگین کلی ژنوتیپ‌ها (۱۳۸۴/۴ کیلوگرم در هکتار) بود. به‌نظر می‌رسد این ژنوتیپ (G6) واکنش خوبی به بهبود شرایط محیطی نشان دهد. میانگین عملکرد دانه این ژنوتیپ در محیط دوم ۲۹۲۴ کیلوگرم در هکتار بود و حداکثر عملکرد دانه تولیدی این ژنوتیپ ۳۵۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار و دامنه آن ۳۱۶۰/۸ کیلوگرم در هکتار بود. به‌عبارت‌دیگر این ژنوتیپ از پایداری بیولوژیکی نسبتاً خوب با نوسان عملکرد پایین برخوردار بود. معمولاً پایداری به‌عنوان عملکرد غیرقابل تغییر در سال‌ها و یا محیط‌ها تعریف‌شده است و از دو دیدگاه مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد: ۱- پایداری استاتیک یا مفهوم بیولوژیکی که به عدم پاسخ ژنوتیپ به هر تغییر محیطی اشاره دارد ۲- پایداری دینامیک یا مفهوم اگرونومیکی که به این واقعیت برمی‌گردد که ژنوتیپ به‌طور قابل پیش‌بینی به شرایط رشدی مناسب پاسخ خواهد داد (۲۸). معمولاً مفهوم استاتیک پایداری مربوط به ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین است (۵) درحالی‌که مفهوم اگرونومیک باید با پتانسیل عملکرد خوب تکمیل گردد تا این اطمینان حاصل شود که برتری یک ژنوتیپ تحت دامنه وسیعی از محیط‌ها، عملیات مدیریتی و تنش‌های زنده و غیرزنده پایدار می‌ماند (۳۲).

در شکل ۲ نمودار AMMI1 بر اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها یا مکان‌ها و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول برای صفت عملکرد دانه ارائه شده است. در این نمودار (شکل ۲) ژنوتیپی که از نظر عملکرد (محور افقی) مقدار بیش‌تر و از نظر اولین مؤلفه اثر متقابل (محور عمودی) مقدار کمتری (نزدیک به صفر) داشته باشد، ژنوتیپ مطلوب‌تری خواهد بود، زیرا این ژنوتیپ هم عملکرد بالایی دارد و هم پایدار است (شکل ۲ و جدول ۵).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

در این مطالعه ژنوتیپ‌های G6، G13، G12 و G11 بیش‌ترین پایداری را داشتند ولی ژنوتیپ‌های G6 و G12 میانگین عملکرد بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند و از نظر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل کمترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند. خط عمود میانه نمودار، از میانگین کل آزمایش می‌گذرد، ژنوتیپ‌ها و محیط‌های طرف راست نمودار دارای عملکردی بیشتر از میانگین و ژنوتیپ‌های سمت چپ این خط دارای عملکرد کمتر از میانگین می‌باشند. محور افقی در میانه نمودار نشان دهنده اولین مؤلفه اثر متقابل که از نقطه صفر ($IPCA_1$) می‌گذرد که ناحیه عدم وجود اثر متقابل را نشان می‌دهد. ژنوتیپ ها و مکان‌هایی که اثر متقابل بالایی را نشان می‌دهند دارای مقادیر بزرگ (مثبت یا منفی) برای اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل می‌باشند. هرچه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به خط افقی نزدیک‌تر باشند دارای اثر متقابل کم‌تری هستند. بر این اساس ژنوتیپ‌های G11، G16، G13، G4 و G4 با محیط‌های E1 و E3 از پایداری بیشتری برخوردار هستند (شکل ۱). اگر ژنوتیپ و محیط از لحاظ اولین مؤلفه اثر متقابل هم علامت باشند، دارای اثر متقابل مثبت، و اگر از نظر این مؤلفه دارای علامت یکسان نباشند، اثر متقابل منفی دارند.

بر این اساس ژنوتیپ‌ها یا محیط‌هایی که مقدار IPCA بالاتری دارند (مثبت یا منفی)، اثر متقابل بالایی دارند درحالی‌که مقدار کم IPCA اثر متقابل کمتر و پایداری بیشتری را نشان می‌دهند (۱۸). ژنوتیپ‌های G13، G12 و G6 برای عملکرد دانه با سازگاری بالا در مکان‌های E4، E7،E6، E5،E8 وE1 از اثر متقابل کمی برخوردار بود و پایداری بیشتری نشان داد (شکل ۲). از آنجاکه مؤلفه اصلی دوم نیز برای عملکرد دانه ۱۸/۶ درصد از اثر متقابل را توجیه کرد. برای رسیدن به نتایج مطمئن، از دومین مؤلفه اصلی نیز استفاده شد و بای‌پلات مقادیر مؤلفه‌های اول و دوم ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها ترسیم گردید (شکل ۱).

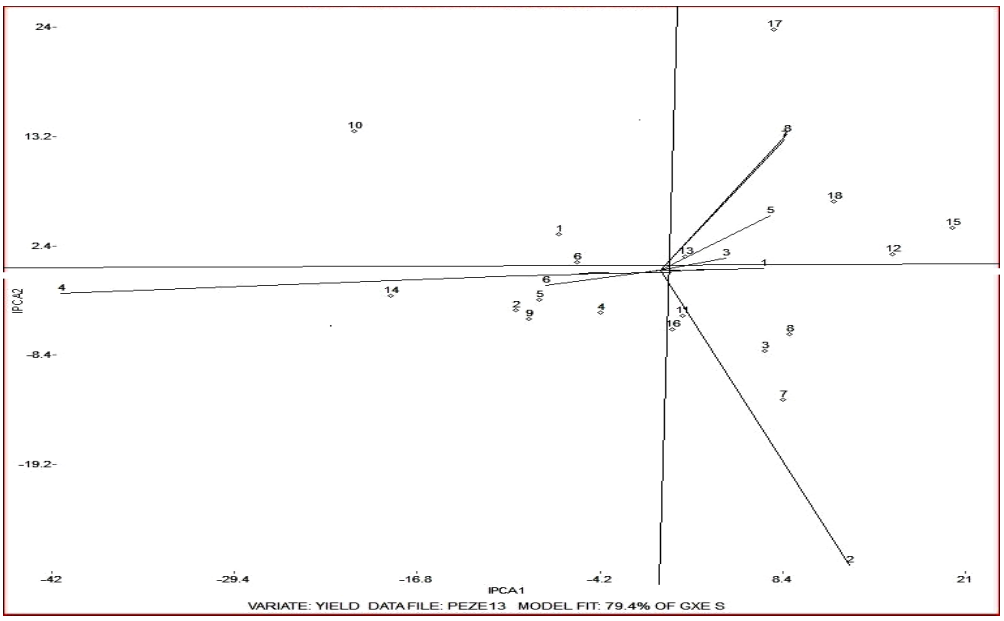
آن‌هایی که از لحاظ مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل نزدیک به مبدأ مختصات (نزدیک به صفر) باشند دارای کمترین اثر متقابل می‌باشند. این نمودار (مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل) در مجموع ۷۹/۴ درصد از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌کند. در این نمودار (شکل ۱) ژنوتیپ‌هایی که در مجاورت یک مکان قرار داشته باشند با آن محیط سازگاری خصوصی دارند و ژنوتیپ‌هایی که نزدیک محورهای مؤلفه ها قرار گرفته باشند دارای سازگاری عمومی هستند.

آکورا و همکاران (۲) استفاده از دو مؤلفه اول معنی‌دار در مدل AMMI را بهترین حالت برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قلمداد کردند. در بای‌پلات، ژنوتیپ‌ها بر اساس شماره و محیط‌ها به شکل بردار نشان داده شده‌اند. زاویه بین دو بردار مکانی، میزان همبستگی دو محیط را نشان می‌دهد. هرچه زاویه بین دو مکان کمتر باشد، دو محیط همبستگی بیشتر داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها دارند. زاویه ۹۰ درجه بین دو بردار مکانی عدم همبستگی دو محیط و زاویه بیشتر از آن نقش متضاد دو محیط در تعیین ژنوتیپ سازگار را نشان می‌دهد (۳۶،۳۸). همچنین برای انتخاب مکان‌های مناسب که ژنوتیپ‌ها را بهتر از یکدیگر تفکیک کنند، محیط‌ها باید مقادیر IPCA1 بالا و IPCA2 کم داشته باشند (۴۰). بر این اساس محیط‌های E1، E3، E4 و E6 بیشترین نقش را در تفکیک ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا از یکدیگر داشتند (جدول ۶). همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است محیط‌های E4 و E6 نقش مشابهی در تفکیک ژنوتیپ‌های G6 و G4 داشته‌اند. زاویه باز این محیط‌ها با محیط E2 که ژنوتیپ شماره G7 را تفکیک کرد، نشان‌دهنده واکنش متفاوت محیط E2 در اثر متقابل ژنوتیپ× مکان است. برترین ژنوتیپ‌ها برای محیط‌های E5، E2 و E4 به‌ترتیب شامل ژنوتیپ‌های شماره G13، G11 و G14 بودند. محیط‌های با تنوع بالا (قابلیت تمایز بیشتر) شامل E2 و E4 و مکان دارای کمترین تنوع (کمترین قدرت تمایز) E3 بودند. در هر محیط آزمایشی بر اساس بالاترین مقادیر میانگین ژنوتیپ‌های برتر معرفی شد. بر این مبنا ژنوتیپ‌های G12 و G16 ازنظر عملکرد دانه، بیشترین مقدار را به‌عنوان برترین ژنوتیپ نخود در تمام محیط‌ها داشت.

در مجموع نتایج نشان‌داد که مدل AMMI با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای گیاه نخود قادر به تفکیک محیط‌ها به گروه‌های متفاوت بود. به‌طوری‌که هر گروه قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های برتر خود بود. شرایط محیطی نقش‌های مختلفی در تخصیص ژنوتیپ مناسب آن محیط ایفا می‌کند و انتخاب مناسب بر مبنای ژنوتیپ پایدار در محیط‌های مختلف با عملکرد بالا نقش مهمی در پیشبرد اهداف اصلاحی نخود در آینده دارند. در این مطالعه نتایج ارزش پایداری امی (ASV)، GSI و نمودار بای‌پلات با یکدیگر مطابقت داشتند.

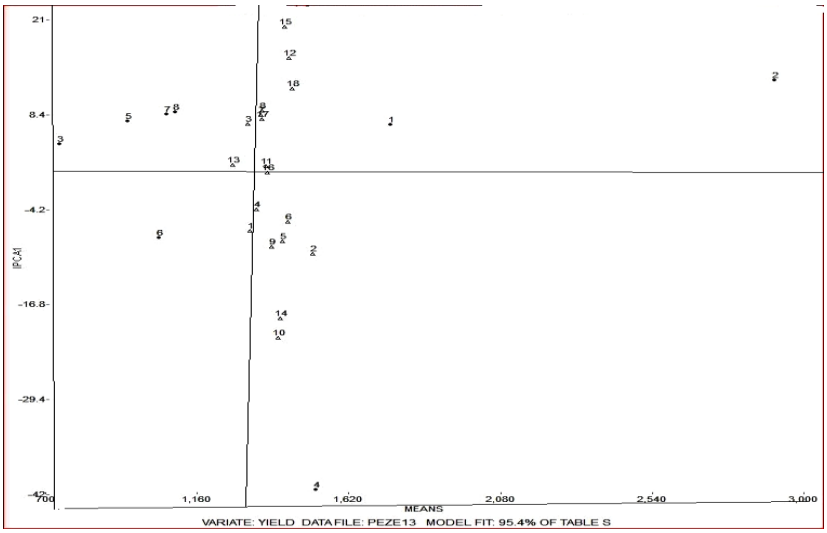
ژنوتیپ های G6، G13، G12 و G11 بیش‌ترین پایداری را داشتند ولی ژنوتیپ‌های G6 و G12 میانگین عملکرد بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند و از نظر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل کمترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند. ژنوتیپ G13، G12 و G6 هم در تجزیه AMMI و هم در مقایسه با ژنوتیپ ایده‌ال به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شد. این ژنوتیپ‌ها دارای میانگین عملکرد مناسبی است. با توجه به این‌که در شرایط محیطی متغیر پایداری نسبت به پتانسیل عملکرد از اهمیت بیشتری برخوردار است، کشت ژنوتیپ‌های G13، G12 و G6 که دارای پایداری بالا و عملکرد متوسط است قابل توصیه است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]



شکل ۱- بای پلات دو مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل ژنوتیپ× محیط در مدل $AMMI_2$ برای عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ نخود در ۸ محیط

Figure 1. Biplot of IPCA1 and IPCA2 scores for 18 chickpea genotypes evaluated in eight environments



شکل ۲- بای پلات مدل $AMMI_1$ اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ نخود در ۸ مکان

Figure 2. AMMI 1 biplot of interaction of genotype×invironment for seed yield of 18 chickpea genotypes in 8 location

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

منابع

1. Ahmadi, K., H. Gholizadeh, H. Ebadzadeh, R. Hoseinpour, F. Hatami, B. Mohiti, B. Fazli and M. Rafiei. 2014. Agricultural year book (2012-2013), Vol.1. Ministry of Jihad-e-Agriculture, http://www.maj.ir/portal ShowFile.aspx (In Persian).
2. Akcura, M., Y. Kaya and S. Taner. 2005. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the central Anatolian region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20: 369-375.
3. Asfaw, A., T. Assefa, B. Amsalu, K. Negash, F. Alemayehu, F. Gurum, Y. Rezene, C. Finenissa, M. Alnafi and C. Daba. 2008. Adaption and yield stability of small red bean elite lines in Ethiopia. International Journal of Plant Breeding and Genetics, 2(2): 51-63.
4. Azam, M.G., M.S. Iqba, M.A. Hossain and M.F. Hossain. 2020. Stability Investigation and Genotype Ã Environment Association in Chickpea Genotypes Utilizing AMMI And GGE Biplot Model." Genetics and Molecular Research, 19(3): 1-15.
5. Becker, H. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding Plant Breeding, 101: 1-23.
6. Baquedano, F.J., F. Valladares and F.J. Castillo. 2008. Phenotypic plasticity blurs ecotypic divergence in the response of Quercus coccifera and Pinus halepensis to water stress European Journal of Forest Research, 6: 495-506.
7. Baxevanos, D., C. Goulas, J. Rossi and E. Braojos. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE biplots. Agronomy Journal, 100: 1230-1236.
8. Caliskan, M.E., E. Erturk, T. Sogut, E. Boydak and H. Arioglu. 2007. Genotype × environment interaction and stability analysis of sweet potato (Ipomoea balatas) genotypes. Journal New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 35: 87-99.
9. Cattivelli, L., F.W. Rizza, E. Badeck, A.M. Mazzucotelli, E. Mastrangelo, C. Francia Mare, A. Cooper and I. H. Delacy. 1994. Relationships among analytic methods used to study genotypic variation and genotype- by- environment interaction in plant breeding multi- environment trials. Theoretical and Applied Genetics, 88(5): 561-572.
10. Costa, J.G.C., C.A. Rava, F.J.P. Zimmermann and L.C. Melo. 2008. Yield stability and adaptability of common bean line developed by Embrapa. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2(38): 141-145.
11. Eberhart, S.T. and W. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
12. Falconer, D.S. and T.F.C. Mackey. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. (4th Ed.). Addison-Wesley Longman, Harlow, UK.
13. Farshadfar, E. 2008. Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(14): 1791-1796.
14. Ferreira, D.F., C.G.B. Demetrio, B.F.J. Manly, A.D.A. Machado and R. Vencovsky. 2006. Statistical model in agriculture: Biometrical methods for evaluating phenotypic stability in plant breeding Cerne, Lavras, 12: 373-388.
15. 15.Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis for Regional Yield Traits: AMMI Analysis of Factorial Designs.
16. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analyses of yield trials. In Kang, M. S. and H. G. Gauch (Eds.), Genotype by Environment Interaction. CRC. Boca Raton, Florida, 85-122.
17. Gauch, H.G. 2007. MATAMODEL Version 3.0: Open Source Software for AMMI and Related Analyses. Crop and Soil Science. Cornell University, Ithaca, NY 14853.
18. Grausgruber, H., M. Oberforster, M. Werteker, P. Ruckenbauer and J. Vollmann. 2000. Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats. Field Crops Research, 66: 257-267.
19. Ghodarti-Niari, F. and R. Abdolshahi. 2014. Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (Triticum
20. aestivum L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). Iran. J. Crop. Sci, 16(4): 322-333 (In Persian).
21. Hu, X.Y., S.W. Yan and K.L. Shen. 2013. Heterogeneity of error variance and its influence on genotype comparison in multi-location trials. Field Crops Research, 149: 322-328.
22. Hussein, M.A., A. Bjornstad and A.H. Aastveit. 2000. SASG x ESTAB: A SAS program for computing genotype x environment stability statistics. Agronomy Journal, 92: 454-459.
23. Katsura, K., Y. Tsujimoto, M. Oda, K.I. Matsushima, B. Inusah, W. Dogbe and J.I. Sakagami. 2016. Genotype-by-environments interaction analysis of rice (Oryza spp.) yield in a flood plain ecosystem in West Africa. European Journal of Agronomy, 73: 152-159.
24. Kolmogorov, A.N. 1933. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari, 4: 83-91.
25. Kumar Bose, L., N. Namdeorao Jambhulkar, K. Pande and O. Nath Singh. 2014. Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. Chilean. Journal of Agricultural Reseach, 74(1): 3- 9.
26. Liang, S., G. Ren, J. Liu, X. Zhao, M. Zhou, D. McNeil and G. Ye. 2015. Genotype - by- environment interaction is important for grain yield in irrigated Lowland rice. Field Crops Research, 180: 90-99.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

27. Majnoun Hosseini, N. 2006. Production of Pulse Crops. Jihad-e Daneshghahi Press, University of Tehran Branch, 284 pp (In Persian).
28. Messina, C.D., D. Podlich, Z. Dong, M. Samples and M. Cooper. 2011. Yield trait performance landscapes: from theory to application in breeding maize for drought tolerance. Journal of Experimental Botany, 62: 855-868.
29. Mofidian, S.M.A. and A. Mogadam. 2013. Analysis of ecotype × location interaction in cold-region alfalfa ecotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 15(2): 181-195 (In Persian).
30. Navabi, A., R.C. Yang, J. Helm and D.M. Spaner. 2006. Can spring wheat growing mega-environments in the northern great-plains be dissected for representative locations or niche-adapted genotypes. Crop Science, 46: 1107-1116.
31. Pereira, H.S., L.G. Bueno, M.J.D. Peloso, A. de, Abreu, F.B. Moreiva, J.A.A. Martins, A. Wendland, L.C. de, T. Faria, L.P.O. Souza and L.C. Melo. 2014. Agronomic performance and stability of Andean common bean lines with white grains in Brazil. Crop Breeding, 73: 130-137.
32. Singh, R.P. and R.M. Trethowan. 2007. Breeding spring bread wheat for irrigated and rain-fed production systems of the developing world. In: Kang, M.S., P.M. Priyadarshan (eds.), Breeding Major Food Staples. Blackwell Publishing, Oxford, 109-139.
33. Sadiyah, H. and A. F. Hadi. 2016. AMMI model for yield estimation in multi-environment trials: A comparison to BLUP Agriculture and Agricultural Science Procedia, 9: 163-169.
34. Smirnov, N. 1948. Table for estimating the goodness of fit of empirical distributions. Ann. Math. Stat, 19: 279-281.
35. Thennarasu, K. 1995. On Certain Nonparametric Procedures for Studying Genotype Environment Interactions and Yield Stability. PhD. PJ School IARI, New Delhi, India.
36. Tumuhimbise, R., R. Melis, P. Shanahan and R. Kawuki. 2014. Genotype× environment interaction effects on early fresh storage root yield and related traits in cassava. The Crop Journal, 2: 329-337.
37. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario Crop Science, 42: 11-20.
38. Yan, C.W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
39. Yaghotipoor, A., E. Farshadfar and M. Gheytoli. 2009. Study of yield stability in pea using AMMI model in Kermanshah. Plant Production, 32(1): 25-37 (In Persian).
40. Zali, H., S.H. Sabaghpour, E. Farshadfar, P. Pezeshkpour, M. Safikhani, R. Sarparast, and A. Hashembeigi. 2007. Stability analysis of yield in chickpea genotypes by additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). Journal. Crop Production. Process, 11(42): 173-180 (In Persian).
41. Zali, H., S.H. Sabbaghpour, A.A. Farshadfar and P. Pezeshkpour. 2009. Stability analysis of chickpea genotypes using ASV parameter compare to other stability methods. Iranian Journal Field Crop Scince, 40(2): 21-29 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]

Analysis of Yield Stability of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes using AMMI Method

Pezeshkpour, Payam[1], Rahmatollah Karimizadeh[2], Amir Mirzaei[3] and Mohhamad Barzali[4]

1- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran
(Corresponding author: papezeshkpour@yahoo.com)
2- Research Assistant, Gachsaran Agriculture Research Station, AREEO, Gachsaran, Iran
3- Research Assistant, Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran
4- Research Assistant, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, AREEO, Gonbad, Iran
Received: October 7, 2020 Accepted: April 16, 2021

Abstract

To study genotype, environment and genotype × environment interaction effects for seed yield on chickpea, eighteen chickpea genotypes were evaluated in four locations (Khoramabad, Ilam, Gachsaran, and Gonbad) for two cropping seasons (2014-2016). The experiment were conducted using a randomized complete block design with three replications. Combined analysis of variance for seed yield showed that the main effects of location, year,location ×year , genotype, genotype × year, genotype × location, genotype× year× location interaction effect, were highly significant. Location and year main effect were the main source of variation that accounted for 86.1% of the total yield variation. Analysis of variance of additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) showed that the first two IPCAs were significant and explained 79.3% of the total yield variation. The results of AMMI (ASV) stability values indicated that for seed yield, genotypes 16, 4, 6 and 1 had the lowest value and therefore the highest general stable for all test environments and genotype G10 with a value of 12.89 of the highest were highly adapted to environment (E4). Based on the values of the first two principal components, AMMI stability value (ASV) and genotype stability index (GSI), genotypes G12,G13 and G6 were identified as the most stable medium yielding genotype respectively (1438.9,1266.3 and 1434.2 kg / ha) and the closest genotype to ideal genotype.

Keywords: Chickpea, Genotype× environment, Genotype stability index (GSI)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-04-19]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.6.4]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.60]