"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و سوم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3

ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش نخود سفید (*Cicer arietinum* L.)

Analysis of genotype × environment interaction for seed yield of promising Kabuli type chickpea (*Cicer arietinum* L.) promising lines

یداله فرایدی[۱]، همایون کانونی[۲]، علی‌احسان نصرتی[۳]، مریم حاجی‌حسنی[۴]، حمیدرضا پورعلی‌بابا[۵]، شهزاد همائی‌نژاد[۶] و وحید شیرعلی‌زاده[۷]

چکیده

فرایدی، ی.، ه.کانونی، ع.ا. نصرتی، م. حاجی‌حسنی، ح.ر. پورعلی‌بابا، ش. همائی‌نژاد و و. شیرعلی‌زاده. ۱۴۰۰. ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش نخود سفید (*Cicer arietinum* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۲):۲۶۴ -۲۵۳.**

یکی از پیچیده‌ترین موضوعات در اصلاح نباتات، برهمکنش ژنوتیپ در محیط است. با هدف ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش نخود سفید، آزمایشی روی ۱۶ لاین و دو رقم نخود در چهار ایستگاه تحقیقاتی مراغه، کردستان، ارومیه و همدان طی دو سال (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به‌صورت دیم بهاره اجرا شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، برای ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط و تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) انجام شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که از کل تغییرات، ۳۵/۶ درصد توسط مکان و ۳۶/۱ درصد توسط برهمکنش سال در مکان قابل توجیه بود. عامل سال فقط ۱۳/۰۶ درصد از مجموع مربعات کل را تبیین کرد. بر اساس نتایج تجزیه AMMI، عملکرد دانه نخود توسط ژنوتیپ (۷/۱۰ درصد)، محیط (۸۴/۸ درصد) و برهمکنش این دو (۸/۰۴ درصد)، تحت تأثیر قرار گرفت. معنی‌دار بودن برهمکنش ژنوتیپ در محیط نشان داد که هم عملکرد و هم رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ در محیط بود. مجموع مربعات ژنوتیپ در محیط وجود برهمکنش متقاطع بین ژنوتیپ و محیط را نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه AMMI مجموع مربعات ژنوتیپ در محیط به دو مؤلفه اصلی تقسیم شد. این دو مؤلفه اصلی (IPC2 و IPC1) معنی‌دار و بطور تجمعی ۸۲/۹ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند و بنابراین برای تبیین الگوهای پیچیده برهمکنش ژنوتیپ و محیط کفایت می‌کنند. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ارزش پایداری امی (ASV) انجام و ژنوتیپ ۳ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شد. بر اساس نتایج مدل AMMI1، ژنوتیپ ۵ به عنوان پایدارترین و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ شناخته شد. بر اساس نتایج بای‌پلات AMMI2، ژنوتیپ ۱۱ به عنوان ژنوتیپ با پایداری و سازگاری عمومی بالا شناخته شد. از بین محیط‌های آزمایشی، بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در محیط‌های E5 و E4 (کردستان سال دوم و ارومیه سال اول) به‌دست آمد. بر اساس نتایج این تحقیق، ژنوتیپ‌های ۵ و ۳ به‌ترتیب با عملکرد ۹۴۱/۴ و ۹۱۱/۱ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان لاین‌های پرمحصول و پایدار در کلیه محیط‌های آزمایشی شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: آزمایش‌های ناحیه‌ای، پایداری عملکرد، تجزیه AMMI، ژنوتیپ، محیط و نخود

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۷۰۹۳۸-۰۲۹-۱۵-۱۵-۰ مصوب موسسه تحقیقات دیم کشور می‌باشد

۱- مربی بخش تحقیقات حبوبات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
۲- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: hknouni@gmail.com)
۳- مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۴- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۵- استادیار بخش تحقیقات حبوبات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
۶- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۷- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

مقدمه

نخـود زراعـی (*Cicer arietinum* L.) یکـی از مهم‌ترین گیاهان حبوباتی سرما دوست است و سالانه حدود ۱۳ میلیون هکتار از اراضی جهان به کشت این گیاه اختصاص می‌یابد (FAOSTAT, 2019). اگرچه تاریخچه به‌نژادی نخود چندان طولانی نیست، ولی در همین مدت پیشرفت‌های چشمگیری در زمینهٔ ژنتیک تحمل به تنش‌های محیطی، مقاومت به بیماری‌های برق‌زدگی و فوزاریوم و زودرسی حاصل شده است (Yadav *et al*., 2007). در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ حدود ۳۱۰ هزار تن نخود از سطح ۵۳۵ هزار هکتار در داخل کشور تولید شد (Ahmadi *et al*., 2018).

هر چند برنامه‌های به‌نژادی گیاهان زراعی غالباً دارای زمینه‌های مشترک زیادی هستند، ولی هدف افزایش پتانسیل ژنتیکی عملکرد، در اغلب موارد می‌تواند از طریق اصلاح برای عملکرد بالا و یا حذف مخاطراتی که باعث کاهش عملکرد می‌شوند، بدست آید. از طرف دیگر، کشاورزان نیاز به ارقامی از گیاهان زراعی دارند که دارای عملکرد بالایی بوده و این ویژگی را در دراز مدت حفظ کنند. برای دستیابی به چنین ارقامی لازم است ژنوتیپ‌های امید بخش در شرایط مختلف اقلیمی، سال‌ها و مکان‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرند. هدف نهایی به‌نژادگران در یک برنامه اصلاحی تولید ارقامی است که به دامنه وسیعی از محیط‌های مختلف سازگار باشند. ژنوتیپ‌های گیاهی مورد بررسی در مکان‌ها یا سال‌های مختلف معمولاً نوسانات معنی‌داری دارند که ناشی از واکنش آنها به عوامل محیطی مانند حاصلخیزی خاک یا تنش‌های زنده یا غیرزنده محیطی است (Kang, 1994). این نوسانات غالباً برهمکنش ژنوتیپ در محیط (GEI) نامیده می‌شود. مطالعهٔ برهمکنش ژنوتیپ در محیط می‌تواند به درک مفهوم پایداری کمک کند (Tiwari *et al*., 2018). درک ساختار و ماهیت برهمکنش ژنوتیپ در محیط در برنامه‌های به‌نژادی اهمیت زیادی دارد، زیرا وجود برهمکنش معنی‌دار می‌تواند تلاش برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر را در برنامه‌های تولید ارقام اصلاح شده به طور جدی مختل نماید. از طرف دیگر، این برهمکنش بسته به نیاز، شناسایی ژنوتیپ برتر برای کلیه محیط‌های هدف و یا یک رقم خاص برای یک محیط اختصاصی را امکان‌پذیر می‌سازد (Bose *et al*., 2014). آزمایشات چند محیطی (Multi-Environmental Trials; MET) یا آزمایشات ناحیه‌ای معمولاً برای ارزیابی عملکرد و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر بر اساس عملکرد و پایداری برای مناطق اختصاصی یا عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zobel *et al*., 1988).

در سال‌های اخیر تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) به‌طور گسترده‌ای برای تعیین اثرات ژنوتیپی برهمکنش ژنوتیپ در محیط مورد استفاده قرار گرفته است (Crossa, 1990). تجزیه AMMI روش مفیدی برای بررسی الگوهای برهمکنش ژنوتیپ در محیط است که در آن با روش گرافیکی ساده‌ای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها را در یک بای‌پلات چند متغیره نمایش داده می‌شود (Zeleke and Berhanu, 2016). به‌علاوه روش AMMI بخش بزرگی از مجموع مربعات برهمکنش ژنوتیپ در محیط را در بر گرفته و اثرات اصلی و برهمکنش را کاملا از یکدیگر متمایز کرده و تفسیر ارزشمندی از داده‌ها ارائه می‌کند (Balapoure *et al*., 2016). در تجزیه AMMI دو نوع بای‌پلات AMMI1 و AMMI2 ایجاد می‌شوند. بای‌پلات AMMI1 اثرات اصلی (میانگین ژنوتیپ و میانگین محیط) را در برابر نمره‌های (اسکور) IPC1 ارائه می‌کند، درحالی‌که بای‌پلات AMMI2 نمره‌های IPC1 را در برابر IPC2 نمایش می‌دهد (Gauch, 1992). در این روش، تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با یکدیگر ادغام می‌شوند، به‌طوری‌که در آن اثر اصلی ژنوتیپ‌ها از طریق تجزیه واریانس و اجزای ژنوتیپی و محیطی برهمکنش به

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) محاسبه می‌شود (Crossa, 1990).

در ایران، نخود در اقلیم‌های مختلف و در شرایط خاکی، دمایی و بارندگی متفاوت کشت می‌شود. همانند سایر گیاهان زراعی، وجود برهمکنش ژنوتیپ در محیط معنی‌دار برای عملکرد، ناشی از عدم ثبات عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است (Kanouni *et al.*, 2007). روش‌های مختلفی برای ارزیابی ژنوتیپ‌های نخود و برهمکنش آنها با محیط ارائه شده‌اند. مطالعات زیادی در خصوص پایداری نخود انجام شده است، ولی هنوز نیاز به اطلاعات مهمی است که باید در مورد ژنوتیپ های نخود در دسترس قرار گیرند (Balapoure *et al.*, 2016). زالی و همکاران (Zali *et al.*, 2012) برهمکنش ژنوتیپ در محیط را در ۱۷ ژنوتیپ نخود در پنج مکان به مدت دو سال مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج این تحقیق، مدل AMMI ژنوتیپ پرمحصول FLIP 97-114C به عنوان ژنوتیپ پایدار برتر برای منطقه مورد نظر شناخته شد. رشیدی و همکاران (Rashidi *et al.*, 2013) با ارزیابی ۲۰ لاین نخود در شرایط دیم و آبی در مدت چهار سال در دانشگاه رازی کرمانشاه ، سه لاین ۱، ۹ و ۱۰ را با سازگاری خصوصی برای شرایط آبی و لاین ۲۰ را با سازگاری عمومی برای هر دو شرایط دیم و آبی شناسایی کردند. در پژوهش دیگری بر اساس نمودار بای پلات مدل AMMI2، ژنوتیپ‌های ۷ (FILIP 92-47C)، ۸ (FLIP 92-9C)، ۱۶ (FLIP 92 -158C) و ۲۱ (ILC 482) نخود به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا شناخته شدند (Yaghoutipour *et al.*, 2009). در برخی از گیاهان زراعی دیگر مانند گندم (Verma *et al.*, 2015)، برنج (Bose *et al.*, 2014)، آفتابگردان (Khomari *et al.*, 2017) و سویا (Krisnawati and Adie, 2017) پژوهش‌های مشابهی انجام شده است.

نتیجه تحقیقات به‌نژادی نخود دیم در سال‌های اخیر در ایران، منجر به معرفی ارقام جدید نخود آرمان برای کشت پاییزه در مناطق نیمه سرد و معتدل، رقم آزاد مناسب برای کشت پاییزه در مناطق معتدل و نیمه‌گرمسیری، رقم ثمین برای کشت بهاره در مناطق سردسیر و ارقام سارال، سعید، آنا، آتا و نصرت برای کشت پاییزه در مناطق سردسیری کشور شده است (Kanouni, 2020).

این پژوهش با هدف ارزیابی پایداری در لاین‌های امید بخش نخود و دستیابی به ژنوتیپ‌های نخود پرمحصول و پایدار در محیط‌های مورد آزمایش انجام شده است.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از مجموعه آزمایش‌های مقایسه عملکرد نخود اجرا شده طی دو سال (۱۳۹۷-۹۹) در چهار ایستگاه تحقیقاتی سطح کشور به‌دست آمد. در هر محیط (ترکیب سال در مکان) ۱۶ ژنوتیپ نخود همراه با دو رقم شاهد ثمین و جم مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). کشت ژنوتیپ‌های نخود به صورت دیم بهاره در چهار ایستگاه مراغه، کردستان، همدان و ارومیه انجام شد. شرایط اقلیمی مکان‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

طرح آزمایشی مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. پس از عملیات آماده سازی یکسان زمین برای چهار مکان انجام شد. کاشت بذرهای هر ژنوتیپ در چهار خط چهار متری به فواصل ۳۰ سانتیمتر در نیمه اول فروردین هر سال با دست انجام شد. میزان بذر مصرفی ۳۵ دانه در مترمربع بود. عناصر کودی مورد نیاز ی بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه بخش تحقیقات خاک و آب هر مکان تعیین و مصرف شدند. در طول فصل زراعی مراقبت‌های زراعی لازم صورت گرفته و از مراحل مختلف رشد یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. صفات و شاخص‌های مورد نظر شامل تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

گلدهی، تعداد روز از کاشت تا ۹۰ درصد رسیدگی کامل، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و وزن صد دانه بودند. پس از تجزیه واریانس ساده آزمایشات، یکنواختی واریانس خطاها مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثر مکان و سال انجام و آزمون واریانس‌ها از طریق امید ریاضی میانگین مربعات صورت گرفت.

جدول ۱- اسامی و منشاء ژنوتیپ‌های نخود مورد ارزیابی

Table 1. Name and origin of chickpea genotypes

کد Code	ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes	منشاء Origin	کد Code	ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes	منشاء Origin
G1	TDS-Maragheh90-92	Iran	G10	ICCV 10307	ICRISAT
G2	TDS-Maragheh90-164	Iran	G11	ICCV 10313	ICRISAT
G3	TDS-Maragheh90-281	Iran	G12	ICCV 10315	ICRISAT
G4	TDS-Maragheh90-333	Iran	G13	FLIP 86-5C	ICARDA
G5	TDS-Maragheh90-400	Iran	G14	FLIP 09-235C	ICARDA
G6	TDS-Maragheh90-427	Iran	G15	FLIP 03-50C	ICARDA
G7	TDS-Maragheh90-453	Iran	G16	FLIP 88-85C	ICARDA
G8	FLIP 86-6C	ICARDA	G17	Sameen	Iran
G9	ICCV 10306	ICRISAT	G18	Jam	Iran

جدول۲- اطلاعات جغرافیایی و اقلیمی محل‌های اجرای آزمایش (۹۹- ۱۳۹۷)

Table 2. Geographical and climatic information of experimental locations (2018-2020)

مکان Location	Year	سال	کد Code	مختصات جغرافیایی Geographical coordinates	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	دما Temperature (°C) حداقل Min	دما Temperature (°C) حداکثر Max	نزولات Precipitation (mm)
مراغه Maragheh	2018-2019	۱۳۹۷ -۹۸	E_1	37° 24' N 47° 15' E	1720	-14.5	37.4	496.6
	2019-2020	۱۳۹۸ -۹۹	E_2			-25	32.6	326.8
کردستان Kurdistan	2018-2019	۱۳۹۷ -۹۸	E_3	35° 40' N 47° 07' E	2120	-12.6	30	495
	2019-2020	۱۳۹۸ -۹۹	E_4			-18.1	32.5	395.6
ارومیه Urmia	2018-2019	۱۳۹۷ -۹۸	E_5	37° 32' N 45° 05' E	1880	-10.6	33	577.5
	2019-2020	۱۳۹۸ -۹۹	E_6			-15.4	32	351.7
همدان Hamedan	2018-2019	۱۳۹۷ -۹۸	E_7	37° 79' N 48° 51' E	1610	-15.4	34.3	506.1
	2019-2020	۱۳۹۸ -۹۹	E_8			-15.9	34.6	389.2

تجزیه مرکب داده‌ها، تجزیه پایداری به روش AMMI و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار PBTools نسخه ۱/۳ انجام شد. ارزش پایداری امی (AMMI stability value; ASV) با استفاده از برنامه Excel برای هر ژنوتیپ محاسبه شد (رابطه ۱) (Purchase *et al.*, 2000):

$$ASV=\sqrt{\left[\frac{SSIPC1}{SSIPC2}(IPC1score)\right]^2+IPC2score^2} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و برخی از صفات مرتبط با آن برای ۱۶ لاین نخود و دو رقم شاهد ثمین و جم در هشت محیط انجام شد. نتایج نشان داد که اثرات محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط برای همه صفات بسیار معنی‌دار بود. بیشترین ضریب تغییرات در بین صفات، مربوط به عملکرد دانه بود، ولی مقدار آن در حد قابل قبول بود که نشان دهنده دقت اجرای آزمایش و کنترل عوامل محیطی است (Khattak *et al.*, 2007). از کل تغییرات، ۳۵/۶ درصد توسط مکان و ۳۶/۱ درصد توسط برهمکنش سال در مکان توجیه شد، در حالی‌که عامل سال فقط

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

۱۳/۰۶ درصد از مجموع مربعات کل را تبیین کرد. قریب به سه برابر بزرگ‌تر بودن اثر مکان نشان داد که مکان نسبت به سال اثر بیشتری بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود داشته است.

تجزیه واریانس امی برای عملکرد دانه نشان داد که ۸۴/۸ درصد از مجموع مربعات کل ناشی از اثرات محیط بود. سهم اثرات ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط از مجموع مربعات کل به ترتیب ۷/۱ و ۸/۰۴ درصد بود. بزرگی سهم محیط نشان دهنده متفاوت بودن محیط‌های آزمایشی است و نشان می‌دهد که محیط اثر زیادی بر تغییرات عملکرد داشته است. این نتیجه در پژوهش‌های مشابه نیز گزارش شده است (Prakash, 2006; Khattak *et al*., 2007 Rashidi *et al*., 2013).

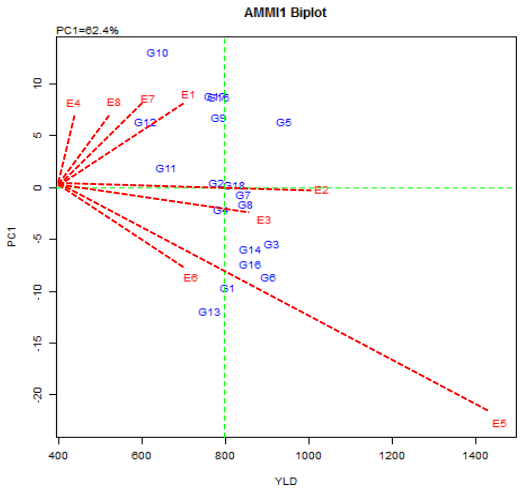
بر اساس مدل امی، برهمکنش ژنوتیپ در محیط به دو مؤلفهٔ اصلی اول (IPC1) و دوم (IPC2) معنی‌دار تقسیم شد که به‌ترتیب ۶۲/۴۱ و ۲۰/۴۹ درصد از تغییرات را تبیین کردند. اثر باقیمانده در این تجزیه معنی‌دار نبود، هرچند حدود ۱۷ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص داد. IPC1 و IPC2 بطور تجمعی حدود ۸۳ درصد از کل مجموع مربعات برهمکنش ژنوتیپ در محیط را در بر داشتند، بنابراین برهمکنش ۱۸ ژنوتیپ نخود زراعی در هشت محیط به خوبی توسط دو مؤلفهٔ اصلی اول ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها برآورد شد. این نتایج موافق با یافته‌های آزمایش‌های قبلی است (Adjei *et al*., 2010; Danyali *et al*., 2012; Khomari *et al*., 2017). علاوه براین، الگوی کلی برهمکنش ژنوتیپ‌ها با محیط‌ها به‌وسیلهٔ دو بای‌پلات AMMI1 و AMMI2 قابل تفسیر است.

بای‌پلات‌های امی سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های آزمایشی را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهند (Verma *et al*., 2015). در بای‌پلات AMMI1، ژنوتیپ‌های دارای نمره IPC1 نزدیک به صفر، نشان دهنده سازگاری عمومی و نمره‌های بالاتر، در ترکیب با محیط‌های دارای نمره IPC1 با علامت مشابه، سازگاری خصوصی را نشان می‌دهند (Erdemci, 2018). بای‌پلات AMMI1 میانگین عملکرد دانه و سازگاری ژنوتیپ‌های نخود در کلیه محیط‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۱). در این بای‌پلات، محور افقی اثرات اصلی (میانگین عملکرد) و محور عمودی برهمکنش (IPC1) را نمایش می‌دهند. در این شکل، خط عمودی وسط بای‌پلات، میانگین کل ژنوتیپ‌ها در کلیه محیط‌ها را نشان می‌دهد (۷۹۸/۵ کیلوگرم در هکتار). ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست این خط واقع شده‌اند، ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بیشتر از میانگین و ژنوتیپ‌های واقع در سمت چپ، دارای عملکرد کمتر از میانگین هستند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های G5، G3، G6، G14 و G16 دارای بالاترین عملکرد دانه در این آزمایش شناخته شدند. در مقابل، ژنوتیپ‌هایی مانند G11، G12، G10، G13 و G17 عموماً عملکرد دانه پایینی دارند. ژنوتیپ‌های واجد نمره IPC1 نزدیک به صفر مانند G18، G2، G7 و G8 دارای سازگاری عمومی بوده و نمره‌های بالای IPC1 دلالت بر سازگاری خصوصی دارند (Gauch, 1992; Zali *et al*., 2012). به‌علاوه بزرگی نسبی و جهت ژنوتیپ‌ها در امتداد محورهای عمودی و افقی در بای‌پلات برای تشریح الگوی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها و همچنین برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار به‌کار می‌روند (Purchase *et al*., 2000). از این‌رو، ژنوتیپ‌هایی مانند G10 و G13 ناپایدار محسوب می‌شوند.

ژنوتیپ‌هایی که میانگین بالاتر از میانگین کل داشته و نمره IPC حدود صفر دارند، به عنوان ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی به کلیه محیط‌ها در نظر گرفته می‌شوند (Bose *et al*., 2014). در این تحقیق، ژنوتیپ‌های G18، G2، G7 و G8 میانگین بالاتر از میانگین کل داشته و نمره IPC صفر یا حدود صفر داشتند. رقم جم (G18) با توجه به این‌که سال‌های متمادی در مناطق نخودکاری کشور کشت می‌شود، به عنوان سازگارترین ژنوتیپ به کلیه شرایط محیطی شناخته شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

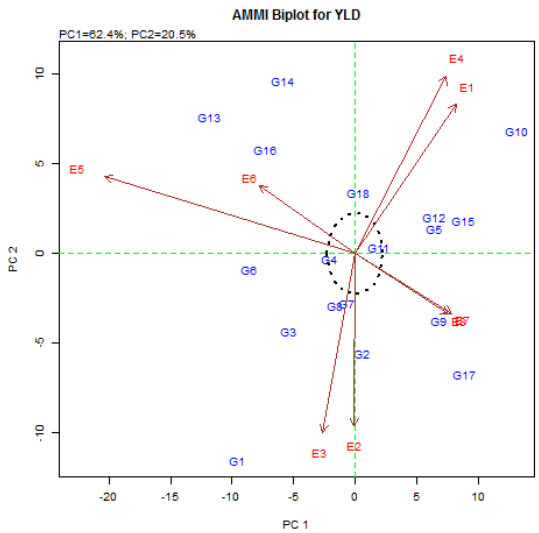
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]



شکل ۱- بای‌پلات اولین مؤلفه اصلی AMMI1 در برابر میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 1. Biplot of first principle component of AMMI against mean seed yield of chickpea genotypes

با استفاده از بای‌پلات AMMI1 می‌توان بزرگ محیط‌ها (Mega-environment) را (در صورت وجود) نیز تعیین نمود (Yaghoutipour *et al.*, 2009). در آزمایش حاضر، می‌توان محیط‌های E4، E8، E7 و E1 را به عنوان یک بزرگ محیط و بقیه محیط هارا بزرگ محیط دوم در نظر گرفت. محیط E5 به عنوان تنها محیط پرت (Outlier) در هیچ‌کدام از دو گروه قرار نگرفت. تیواری و همکاران (Tiwari *et al.*, 2018) از مدل AMMI و بای-پلات GGE برای ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط در ژنوتیپ‌های نخود استفاده کرده و سه بزرگ محیط را شناسایی کردند. در بای‌پلات AMMI2 که با استفاده از نمره‌های ژنوتیپی و فنوتیپی دو مؤلفه اصلی اول (IPC1) و دوم (IPC2) رسم می‌شود، بزرگی برهمکنش هر ژنوتیپ و محیط تشریح می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- بای پلات AMMI2 پراکنش ژنوتیپ‌های نخود و محیط‌ها در برهمکنش دو مؤلفه اصلی اول و دوم

Fig. 2. AMMI2 biplot for distribution of chickpea genotypes and environments in the interaction of first and second principle components

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

بطورکلی، ژنوتیپ‌های واقع در مرکز بای‌پلات در مقایسه با ژنوتیپ‌های دورتر، از پایداری بیشتری برخوردار بوده و برهمکنش کمتری دارند (Gauch, 1992). بر اساس توزیع نقاط ژنوتیپ‌ها در بای‌پلات AMMI2، مشخص می‌شود که ژنوتیپ‌هایی مانند G4 و G11 که در نزدیکی مرکز مختصات قرار گرفته‌اند، برهمکنش کمتری با محیط‌ها دارند (پایداری بالایی دارند)، ولی ژنوتیپ‌های دورتر از مرکز بای‌پلات (مانند G1، G10، G13 و G17) در برابر برهمکنش‌های محیطی واکنش بیشتری نشان می‌دهند (پایداری کمتر و برهمکنش بزرگ‌تری دارند). برهمکنش ژنوتیپ‌ها با شرایط محیطی اختصاصی می‌تواند بوسیله تصویر هر ژنوتیپ روی مکان‌های محیطی منعکس شود (Purchase *et al*., 2000). به‌عنوان مثال ژنوتیپ‌های G16، G13 و G14 دارای برهمکنش مثبت با محیط E6 بوده و بطور اختصاصی با این محیط سازگار هستند، در حالی‌که ژنوتیپ‌های G5، G12 و G15 با محیط‌های E4 و E1 از یک طرف و E7 و E8 از طرف دیگر، سازگاری خصوصی دارند (شکل ۲). محیط‌های E2 (مراغه در سال دوم) و E3 (کردستان در سال اول) برای اغلب ژنوتیپ‌ها شرایط مطلوبی داشتند، زیرا نمره PCA آن‌ها تقریباً برابر صفر بوده و ژنوتیپ‌های مورد نظر در این دو محیط عملکرد دانه نسبتاً پایداری داشتند. تیواری و همکاران (Tiwari *et al*., 2018) از مدل AMMI و بای‌پلات GGE برای بررسی برهمکنش ژنوتیپ در محیط برای ژنوتیپ‌های نخود استفاده کردند. اردمچی (Erdemci, 2012) با استفاده از روش AMMI پایداری پانزده ژنوتیپ پیشرفته نخود را در دو مکان و در مدت دو سال مورد ارزیابی قرار داده و ژنوتیپ‌های FLIP 03-128C، FLIP 03-28C و X03TH130 را به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی نمود.

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از ارزش پایداری امی (ASV) انجام شد (جدول۳). بر این اساس ژنوتیپ‌های G7، G18 و G8 به‌ترتیب دارای کمترین مقدار ارزش پایداری امی بوده و بیشترین پایداری را از خود نشان دادند. بطوری‌که ملاحظه می‌شود نخود رقم جم با سابقه کشت طولانی در نواحی غرب کشور، از پایداری و سازگاری بالایی برخوردار بود.

به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، اغلب ژنوتیپ‌های انتخاب شده توسط ارزش پایداری امی جزء لاین‌های با عملکرد پایین بودند. چنین نتیجه‌ای در سایر آزمایش‌ها نیز به دست آمده است (Purchase *et al*., 2000; Zeleke and Berhanu, 2016). هر چند در این تحقیق ژنوتیپ‌های پرمحصولی مانند G3 و G5 در رتبه‌های قابل قبولی قرار گرفتند.

با استفاده از روش امی می‌توان در هر محیط، ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد و پایداری را انتخاب نمود (جدول ۳). نتایج نشان داد که ژنوتیپ G5 در محیط‌های E1، E4، E7 و E8 به‌عنوان گزینش اول، در محیط E2 به‌عنوان گزینش سوم و در محیط E3 به‌عنوان گزینش چهارم انتخاب شد. ژنوتیپ G3 در انتخاب اول در محیط‌های E2 و E3، در انتخاب دوم در محیط‌های E7 و E8 و در انتخاب چهارم در محیط E6 به عنوان ژنوتیپ برتر شناسایی شد. ژنوتیپ G6 در گزینش اول در محیط‌های E5 و E6، در گزینش سوم در محیط E3 و در گزینش چهارم در محیط E2 به عنوان ژنوتیپ مطلوب شناخته شد. بعد از این سه ژنوتیپ، ژنوتیپ‌های G16 و G17 به‌ترتیب با سه و دو بار انتخاب به‌عنوان ژنوتیپ برتر، قابلیت قرار گرفتن در ردیف ژنوتیپ‌های پایدار را نشان دادند (جدول ۳).

نتایج مربوط به میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های نخودهمراه با دو رقم شاهد ثمین و جم ارزیابی شده در چهار ایستگاه طی دو سال زراعی در جدول ۴ ارائه شده است. میانگین تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی ژنوتیپ‌های نخود به ترتیب ۶۱ و ۹۷ روز بود. بر این اساس، لاین‌های G5، G6، G10، G12 و G15

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

جدول ۳- عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، ارزش پایداری امی و رتبه ژنوتیپ‌های نخود در محیط‌های آزمایشی بر مبنای روش AMMI

Table 3. Seed yield (kg.ha^{-1}), ASV and rank of chickpea genotypes at experimental environments based on AMMI method

ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes	Environments محیط												رتبه
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	LSMean	IPC1	IPC2	ASV	Rank
G1	608.7	1065.3	991.6	392.6	1500.4	743.7	602.6	530.9	804.5	-9.61637	-11.5377	31.49	16
G2	633.5	1007.3	899.4	403.4	1390.0	690.3	616.3	550.8	777.6	0.51528	-5.56536	5.78	4
G3	782.6	1167.2	988.7	504.0	1593.6	852.1	741.4	658.9	911.1	-5.36985	-4.30369	16.92	7
G4	717.9	1026.7	893.1	429.0	1432.0	714.8	583.3	512.4	788.7	-2.07012	-0.3244	6.31	6
G5	904.4	1169.5	1031.4	640.3	1519.5	800.9	775.5	690.0	941.4	6.39352	1.3498	19.52	8
G6	783.8	1116.4	992.4	496.8	1630.6	857.1	725.6	627.7	903.4	-8.59767	-0.88157	26.21	13
G7	789.1	1058.7	967.3	442.8	1475.1	754.5	677.3	575.8	842.6	-0.67979	-2.75594	3.45	1
G8	746.2	1098.4	929.8	472.1	1494.2	770.2	680.0	600.7	848.9	-1.61304	-2.89261	5.70	3
G9	687.3	1031.3	861.1	455.5	1340.9	670.4	645.4	581.7	784.2	6.79929	-3.76517	21.05	11
G10	612.5	784.4	679.0	368.8	1147.3	536.5	533.6	442.0	638.0	13.14098	6.81339	40.61	18
G11	612.5	872.4	788.0	321.7	1247.7	588.2	447.3	400.6	660.1	1.97128	0.31941	6.01	5
G12	543.8	820.7	665.5	292.7	1161.5	541.2	443.5	395.6	608.1	6.37653	2.02729	19.53	9
G13	659.8	963.1	839.7	425.7	1516.1	757.1	505.3	436.6	762.9	-11.8654	7.62139	36.94	17
G14	783.5	1028.2	899.7	537.3	1579.6	814.0	667.9	565.2	859.4	-5.91232	9.63145	20.42	10
G15	777.3	1019.2	847.7	465.0	1334.2	657.2	636.1	542.8	784.9	8.76133	1.8639	26.76	14
G16	770.0	1041.2	919.8	501.9	1591.4	805.5	659.8	584.8	859.3	-7.32404	5.77654	23.05	12
G17	696.7	1042.3	879.0	433.7	1300.6	645.9	658.8	549.7	775.8	8.83274	-6.75002	27.74	15
G18	720.6	1052.9	904.9	546.3	1442.8	752.6	608.2	554.5	822.9	0.25762	3.37326	3.46	2
Mean	710.6	1030.6	891.8	435.7	1456.7	715.8	614.6	532.8	798.5	-	-	-	-
Sel. 1	**G5**	G3	G3	**G5**	G6	G6	**G5**	**G5**	-	-	-	-	-
Sel. 2	G14	G1	G1	G14	G13	G14	G3	G3	-	-	-	-	-
Sel. 3	G15	**G5**	G6	G15	G16	G16	G17	G17	-	-	-	-	-
Sel. 4	G18	G6	**G5**	G16	G14	G3	G9	G9	-	-	-	-	-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

که تعداد روز تا رسیدگی آن‌ها کمتر از میانگین بود، به‌عنوان ژنوتیپ‌های زودرس و لاین‌های G9، G16 و G18 به‌عنوان متوسط‌رس شناخته شدند. ژنوتیپ‌های دارای متوسط وزن ۱۰۰ دانه بیش از ۳۶/۵ گرم (ژنوتیپ‌های G1، G4، G10 و G11 به‌عنوان دانه درشت شناخته شدند. متوسط ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های نخود ۲۲ سانتی‌متر بود. این موضوع نشان داد که در شرایط کشت بهاره، ژنوتیپ‌های نخود امکان بروز پتانسیل ارتفاع بوته را ندارند. ژنوتیپ‌های پایدار نخود در این تحقیق (G5، G3 و G8) به عنوان لاین‌های زود تا متوسط‌رس با وزن ۱۰۰ دانه و ارتفاع بوته متوسط شناخته شدند.

جدول ۴- میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های نخود در هشت محیط آزمایشی

Tbale 4. Mean of plant traits of chickpea genotypes at eight experimental environments

ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن ۱۰۰ دانه 100 Seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
G1	61.15	98.38	23.87	43.22	804.52
G2	60.66	97.47	23.19	37.97	777.68
G3	60.50	97.38	21.91	37.37	911.13
G4	61.13	98.03	22.25	39.78	788.71
G5	60.67	96.31	21.88	35.08	941.49
G6	61.25	96.94	23.50	37.72	903.48
G7	61.21	98.00	22.38	37.48	842.63
G8	61.19	98.16	25.15	37.63	848.98
G9	59.34	97.47	21.04	31.88	784.25
G10	55.94	95.63	18.72	39.59	638.05
G11	58.97	97.69	20.22	41.45	660.10
G12	57.71	96.53	19.41	39.79	608.12
G13	61.22	98.97	25.00	38.72	762.97
G14	60.34	98.03	23.25	32.48	859.47
G15	59.63	97.06	22.72	36.08	785.00
G16	60.09	97.94	22.50	30.98	859.35
G17	60.03	96.78	21.38	30.38	775.88
G18	60.34	97.66	21.94	29.93	822.91
Mean	60.09	97.47	22.26	36.53	798.60
$LSD_{5\%}$	0.81	0.44	0.58	1.38	75.05

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ژنوتیپ‌های نخود تفاوت عملکرد دانه معنی‌داری با یکدیگر داشتند. این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از اختلافات ذاتی در پتانسیل ژنتیکی آن‌ها، یا به دلیل محیطی که ژنوتیپ‌ها در آن مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و یا حاصل از برهمکنش ژنتیک و محیط باشد. نتایج تجزیه AMMI نقش مهم برهمکنش ژنوتیپ در محیط را در تظاهر فنوتیپی عملکرد دانه آشکار کرد و نشان داد که نمود و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود عموماً در رابطه با برهمکنش آن‌ها با محیط است. معنی‌دار بودن مجموع مربعات ژنوتیپ و محیط، نشان دهنده وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها است. از طرف دیگر، ا برهمکنش ژنوتیپ در محیط معنی‌دار، وجود بزرگ محیط‌های بالقوه و بی‌ثبات را نشان داد. بر اساس مدل AMMI1 ژنوتیپ G5 به عنوان پایدارترین و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ شناخته شد و AMMI2 ژنوتیپ G11 را به عنوان ژنوتیپی با پایداری و سازگاری عمومی شناسایی کرد. ژنوتیپ‌های G1 و G10 سهم قابل توجهی در برهمکنش ژنوتیپ در محیط داشتند و در اغلب محیط‌ها ژنوتیپ‌های ناپایداری بودند، در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

حالی‌که ژنوتیپ‌های G4 وG5 سهم کمتری در برهمکنش ژنوتیپ در محیط داشته و در بسیاری از محیط‌ها پایداری داشتند. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود در محیط‌های آزمایشی ۷۹۹ کیلوگرم در هکتار بود و با توجه به‌این‌که بیشترین عملکرد دانه در محیط‌های E5 و E2 به‌دست آمد، این دو محیط به عنوان محیط‌های مطلوب و محیط‌های مانند E4 و E8 به‌عنوان محیط‌های نامطلوب شناخته شدند. بر اساس نتایج این تحقیق، نمود ژنوتیپ‌های نخود از لحاظ عملکرد دانه تغییرات زیادی داشت و در طول سال‌ها و مکان‌های آزمایش ناپایدار بود و نشان داد که هر تحقیقی مربوط به عملکرد دانه در نخود، باید در چند سال و چند مکان انجام شود. در مجموع، ژنوتیپ‌های G5 و G3 به عنوان برترین ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول نخود شناخته شدند. بدیهی است که قبل از آزادسازی این ژنوتیپ‌ها به عنوان رقم جدید، لازم است آزمایش‌های تکمیلی روی آن‌ها انجام شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کارکنان ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی مراغه، کردستان، آذربایجان‌غربی و همدان که در اجرا و مراقبت‌های زراعی آزمایش‌ها نهایت همکاری را با مجریان داشتند، تقدیر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadi, K., H. Gholizadeh, H. Ebadzadeh, R. Hoseinpour, F. Hatami, Z. Mohiti, B. Fazli and M. Rafiei. 2018. Agricultural Yearbook (2017-2018), Vol. 1. Ministry of Jihad-e-Agriculture, http://www.maj.ir/portal/File/ShowFile.aspx?ID=6f66d3e3-0884-4823-b12d-6319a2edad84. (In Persian).

Adjei, A.I., S.O. Dapaah and I.K. Dontwi, 2010. Predicting the best genotype from analysis of genotype by environment interaction. Europ. J. Sci. Res. 45(1): 128-135.

Balapoure, M.M., L.B. Mhase, K.S. Kute and V.Y. Pawar. 2016. AMMI analysis for stability of chickpea. Legume Res. Int. J. 39(2): 301-304.

Bose, L.K., N.N. Jambhulkar, K. Pande and O.N. Singh. 2014. Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. Chil. J. Agric. Res. 74(1): 23-34.

Crossa J. 1990. Statistical analyses of multi-location trials. Adv. Agron. 44: 55-85.

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. Res. Plant Biol. 2(3): 46-61.

Erdemci, I. 2018. Investigation of genotype environment interaction in chickpea genotypes using AMMI and GGE biplot analysis. Turk. J. Field Crops. 23(1): 20-26.

FAOSTAT. 2019. Crop Production. Retrieved 31 Jan. 2019. www.fao.org/faostat/

Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier Science Pub. Amsterdam, Netherland.

Kang, M.S. 1994. Applied Quantitative Genetics. M.S. Kang Pub., Botan Rouuge, LA. USA.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

Kanouni, H., A. Taleei, M.R. Bihamta, M.R. Shahab, M. Kamel and H. Mostafaei. 2007. Yield stability of lentil genotypes in dryland zones, west of Iran using AMMI analysis. Iran. J. Agric. Sci. 38-1(2): 295-302. (In Persian with English abstract).

Kanouni, H. 2020. An overview to chickpea breeding in Iran. Dryland Agricultural Research Institute, AREEO, Technical publication No. 55945. (In Persian).

Khattak, G.S.S., I. Saeed and I. Zamir. 2007. Breeding high yielding Desi chickpea (*Cicer arietinum* L) genotypes for the agro-climatic conditions of NWFP. Pak. J. Bot. 39(7): 2399-2405.

Khomari, A., Kh. Mostafavi and A. Mohammadi. 2017. Stability study of yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars using AMMI method. J. Crop Breed. 9(23): 117-124.

Krisnawati, A. and M. Adie. 2017. Variability on morphological characters associated with pod shattering resistance in soybean. Biodiversitas, 18(1): 73-77.

PBTools, ver. 1.4. 2014. Biometrics and Breeding Informatics, PBGB Division, International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.

Prakash, V. 2006. Stability analysis for grain yield and contributing traits in chickpea (*Cicer arietinum* L. Indian J. Genet. 66(3): 239-240 .

Purchase, J.L., H. Hatting and C.S. van Deventer. 2000. Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: AMMI analysis of yield performance. South Afric. J. Plant Soil. 17: 95-100.

Rashidi, M., E. Farshadfar and M.M. Jowkar. 2013. AMMI analysis of phenotypic stability in chickpea genotypes over stress and non-stress environments. Int. J. of Agric. Crop Sci., 5(36): 253-260.

Tiwari, V., R.R. Saxena, D.P. Singh and S. Gupta. 2018. Genotype and environment interaction analysis by AMMI model and GGE biplot. J. Pharmacog. Phytochem. 7(4): 887-891.

Verma, A., R. Chatrath and I. Sharma. 2015. AMMI and GGE biplots for G×E analysis of wheat genotypes under rainfed conditions in central zone of India. J. Appl. Natur. Sci. 7(2): 656 -661.

Yadav, S.S., R.J. Redden, W. Chen and B. Sharma. 2007. Chickpea Breeding and Management. Wallingford, Oxon, UK: CAB International.

Yaghoutipour A., E. Farshadfar and M. Gheytouli. 2009. Evaluation of stability of yield in chickpea using AMMI model in Kermanshah. The Plant Prod. (Sci. J. Agric.). 32(1): 25-37.

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. Ann. Biol. Res. 3 (7): 3126-3136.

Zeleke, A.A. and F.A. Berhanu. 2016. AMMI and GGE models analysis of stability and GEI of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines in Ethiopia. J. Bio. Agric. Health. 6(9): 127-135.

Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80: 388-393.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]

Analysis of genotype × environment interaction for seed yield of promising Kabuli type chickpea (*Cicer arietinum* L.) promising lines

Farayedi, Y.[1], H. Kanouni[2], A.E. Nosrati[3], M. HajiHasani[4], H.R. PourAlibaba[5], Sh. HomaeiNejad[6] and V. ShirAlizadeh[7]

ABSTRACT

Farayedi, Y., H. Kanouni, A.E. Nosrati, M. HajiHasani, H.R. PourAlibaba, Sh. HomaeiNejad and V. ShirAlizadeh. 2021. Analysis of genotype × environment interaction for seed yield of promising Kabuli type chickpea (*Cicer arietinum* L.) promising lines. **Iranian Journal of Crop Sciences. 23(3): 253-264. (In Persian).**

One of the most complicated issues in plant breeding programs is genotype by environment interaction. To evaluate seed yield stability of 18 chickpea promising lines, a field experiment was conducted using randomized complete block design with four replications in two cropping seasons (2018-19 and 2019-2020) in four research stations (Maragheh, Kurdistan West Azerbaijan and Hamedan), Iran. Combined analysis of variance (ANOVA) as well as additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) were performed to evaluate the genotype × environment interactions. Combined ANOVA showed that of the total variation, 35.62% were explained by "location" and 36.1% by the interaction effect of "year × location". Whereas, "year" explained only 13.06% of the total sum of squares. Based on AMMI analysis, chickpea seed yield was affected by genotype (7.10%), environment (84.8%) and genotype × environment interaction efect (8.04%). The significance of GEI showed that both the performance and ranking of genotypes fluctuated under the influence of GEI. On the other hand, the sum of squares of GEI showed the existence of cross-interaction between genotype and environment. AMMI analysis divided the GEI sum of squares into two main components. These two main components (IPC1 and IPC2) were significant and collectively accounted for 82.9% of the total variation and are, therefore, sufficient to explain the complex patterns of GE interaction. Genotypes were ranked based on AMMI stability value (ASV), and G3 line was designated as the genotype with highest seed yield stabilty. The AMMI1 model also identified the G5 line with high seed yield stability and performance. On the other hand, the AMMI2 bioplot identified the G11 line as a genotype with high general adaptability and seed yield stability. Among the experimental environments, the highest and lowest seed yields were obtained in E5 and E4 environments (Kurdistan in second year and West Azerbaijan in first year), respectively. According to the results of this study, G5 and G3 lines with seed yield of 941.4 and 911.1 kg.ha^{-1}, respectively, were identified as high yielding with yield stability in all environments.

Key words: AMMI analysis, Chickpea, Environment, Genotype, Multi-environment trials and Yield stability

Received: February, 2021 Accepted: July, 2021

1. Researcher, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
2. Associate Prof., Agricultural and Natural Research and Education Center of Kurdistan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran (Corresponding author) (Email: hkanouni@gmail.com)
3. Researcher, Agricultural and Natural Research and Education Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran
4. Researcher, Agricultural and Natural Research and Education Center of West Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
5. Assistant Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
6. Researcher, Agricultural and Natural Research and Education Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran
7. Researcher, Agricultural and Natural Research and Education Center of West Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.5.3]