دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد دانه و بررسی برخی از ویژگی‌های زراعی ژنوتیپ‌های نخود زراعی (*Cicer arietinum L.*)، در شرایط دیم

سولماز امیری[۱]، علی آرمینیان[۲] و حمید حسینیان‌خوشرو[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام
۲- عضو هیأت علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام، (نویسنده مسوول: a.arminian@ilam.ac.ir)
۳- عضو هیأت علمی، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۱
صفحه: ۲۱۹ تا ۲۳۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: با توجه به افزایش بی‌رویه جمعیت و شرایط نامساعد محیطی و بخصوص تنش‌های متنوع و معضل کم‌آبی، ارزیابی ژنوتیپ‌های گیاهی در محیط‌های متنوع، امری اجتناب‌ناپذیر است. اثر متقابل یا برهمکنش ژنوتیپ و محیط می‌تواند به‌عنوان ابزاری در دست اصلاح‌گران گیاهی قرار گیرد تا به‌کمک آن بهترین ژنوتیپ‌ها/ارقام را در محیط‌های رشد گیاهان (در یک یا چندسال) برگزینند. لذا این تحقیق جهت ارزیابی جمعیتی از ژنوتیپ‌های نخود زراعی در طی چند سال متوالی در غرب کشور جهت اطلاع از پایداری و سازگاری عملکرد دانه آنها صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه در ۱۰۸ ژنوتیپ نخود زراعی در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸، ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. با اجرای دقیق عملیات کاشت، داشت و برداشت، در طی دوران رشد و پس از برداشت، صفات عملکرد دانه، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه (اصلی و فرعی) یادداشت برداری گردید.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه در بوته،اختلاف معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۰ دارای بالاترین مقدار عملکرد (۵۴/۰۳۸ گرم) بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بوده و لذا امکان تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها وجود داشته و بدین منظور از مدل GGE بای‌پلات به‌همراه برخی از نتایج روش AMMI و نیز مدل مختلط (AMMI در ترکیب با BLUP) استفاده شد. بر اساس مدل GGE دو مؤلفه اول، ۷۶/۳ درصد از تنوع کل عملکرد دانه را توجیه نموده و در این رابطه، ژنوتیپ‌های ۱، ۲۶، ۶۰ و ۱۰۱ به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل انتخاب و همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۳۲، ۶۹، ۷۶، ۸۹، ۹۰، ۹۴، ۹۸ و ۱۰۸ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب و محیط چهارم (سال سوم-کرمانشاه) نیز به‌عنوان محیط ایده‌آل درنظر گرفته شدند.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق با توجه به برتری برخی از ارقام نخود زراعی در دو ناحیه معتدل و سرد از نظر پایداری و بالا بودن عملکرد دانه، این ارقام می‌توانند به‌عنوان گزینه‌های مناسب جهت معرفی رقم انتخاب شده و یا به‌عنوان والدین تلاقی‌ها در برنامه‌های آتی به‌نژادی این گیاه مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، پایداری، حبوبات، سازگاری، میانگین اسمی، GGE بای‌پلات

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) در بین حبوبات، دومین گیاه مهم بوده و به‌دلیل میزان بالای پروتئین موجود در دانه، برای انسان و دام، منبع غذایی مهمی به شمار می‌رود (۱۲،۲۹). همچنین به‌دلیل اهمیت حبوبات به‌عنوان منبع پروتئینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تلاش‌های زیادی به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی بر اساس کاهش عملکرد تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با آبیاری صورت می‌گیرد. باتوجه به مقاومت نخود به خشکی، گزارش شده که در کشت معمول پاییزه نسبت به بهاره، عملکرد نخود دچار نوسانات کمتری می‌شود. همچنین گزارش شده است که در گیاه نخود همانند اکثر حبوبات و غلات، گزینش رقم‌های مطلوب و بررسی همبستگی و روابط صفات مختلف گیاه با عملکرد بوته و نیز تعیین روابط علت و معلولی آنها، به بهنژادگر کمک می کند تا بهترین و مطلوبترین نسبت بین اجزاء را که منتهی به عملکرد بیشتری می‌گردد، انتخاب نمایند (۳). پایداری یا سازگاری ارقام گیاهی تحت شرایط مختلف محیطی، یکی از اهداف مهم در به‌نژادی گیاهی است. بکارگیری سازگاری طولانی مدت ارقام و توده‌های بومی در این شرایط یک وسیله‌ی خلاقانه و مدرن می‌باشد که فرصتی چالش‌برانگیز برای استفاده از آن در کشاورزی پایدار مدرن است و بی‌شک، یک سرمایه‌گذاری بی‌نظیر با بازده سریع است (۷). وجود اثر متقابل ژنوتیپ با محیط موجب پیچیده شدن ارزیابی ژنوتیپ و پیش‌بینی عملکرد شده و برآورد این اثر برای اصلاح‌گران گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تجزیه پایداری ارقام، مهمترین روشی است که توسط آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی نموده و آنها را مورد استفاده قرار داد. لذا مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، بارزترین روش برای شناسایی ارقام سازگار است. در برنامه‌های اصلاحی، برای معرفی ژنوتیپ‌های برتر، عملکرد به‌تنهایی معیار مطلوبی جهت گزینش نیست، بلکه میزان سازگاری و پایداری ارقام نیز اهمیت ویژه دارد. بصورت معمول، آزمایشات مقایسه عملکرد در مناطق و سال‌های مختلف صورت می‌گیرد (۹). هر عاملی که جزئی از شرایط محیطی گیاه باشد، توانایی ایجاد تغییر در عملکرد را داشته و با برهمکنش ژنوتیپ و محیط در ارتباط خواهد بود (۱). برای ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ و محیط از تجزیه واریانس مرکب و تخمین اجزای واریانس نیز استفاده می‌شود (۲۱). روش‌های پایداری را می‌توان از نقطه‌نظر آماری، به دو گروه: روش‌های پارامتری (تک‌متغیره) و ناپارامتری (چندمتغیره) تقسیم‌بندی نمود. از میان روش‌های چندمتغیره می‌توان به روش امی (AMMI) که بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است اشاره

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

نمود. در مدل AMMI (اثر اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر) با استفاده از تجزیه واریانس معمولی، آثار اصلی ژنوتیپ و محیط برآورد می‌شود. سپس با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط که به اثرات متقابل ضرب‌پذیر معروف است، تجزیه و تحلیل می‌گردد (۱۰). در مواردی که هر دو اثر اصلی ژنوتیپ و محیط و برهمکنش این دو، اهمیت داشته باشد، از مدل امی استفاده می‌شود (۲۰). بای‌پلات، از خروجی‌های تجزیه AMMI است که اطلاعاتی درباره اثرات اصلی و متقابل و همچنین درباره شباهت محیط‌ها برای پاسخ سازگاری ژنوتیپ ارائه می‌دهد. این اطلاعات، امکان بررسی ظاهری ارتباطات بین محیط‌ها، ژنوتیپ‌های مورد آزمون و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را فراهم می‌کند. در این گونه پلات‌ها، زاویه بین دو بردار محیطی، میزان همبستگی دو محیط را نشان می‌دهد. هرچه زاویه بین دو محیط کمتر باشد، دو محیط همبستگی بیشتر داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها دارند. زاویه ۹۰ درجه بین دو بردار محیطی عدم همبستگی دو محیط و زاویه بیشتر از آن نقش متضاد دو محیط در تعیین ژنوتیپ سازگار را نشان می‌دهد (۳۰).

تکنیک GGE بای‌پلات یک نسخه ویژه از بای‌پلات است که بصورت همزمان، اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را بررسی می‌کند. در مورد برتری تکنیک‌های امی و GGE بای‌پلات بر همدیگر، بحثهای مفصلی بین ارائه‌کنندگان و توسعه‌دهندگان این دو روش، یعنی گاچ (Hugh. G. Gauch از دانشگاه کورنل آمریکا) و یان (Wikei Yan از کشور کانادا)، وجود داشته که می‌توان به مقالات مربوطه مراجعه نمود که بحث مفصل آن در این مقوله نمی‌گنجد. این تکنیک (GGE بای‌پلات)، یک بای‌پلات است که اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ با محیط (GE) را در مورد مجموعه‌ای از داده‌های ژنوتیپ در محیط، به نمایش می‌گذارد. تجزیه و تحلیل GGE بای‌پلات سیستمی مشتمل بر مجموعه‌ای از نمودارهای بای‌پلات است که برای رسیدن به اهداف تحقیقاتی مختلف درطی تجزیه و تحلیل داده‌های دوطرفه ژنوتیپ در محیط، طراحی شده‌اند. مهمترین آنها عبارتند از: تجزیه و تحلیل محیط‌های بزرگ بر اساس همبستگی ژنتیکی بین مکان و الگوی کدام-برنده-کجا (Which-won-where)، ارزیابی مکان مورد آزمون بر اساس توانایی تمایز و نماینده بودن، و نیز ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین توسعه و پایداری‌شان در سراسر یک محیط بزرگ (http://ggebiplot.com). علاوه‌براین، تکنیک GGE بای‌پلات در ژنتیک کمی و اصلاح نباتات، کاربرد داشته و بجز تفکیک اثر متقابل GE، در تجزیه داده‌های ژنوتیپ در صفت، ژنوتیپ در نشانگر و داده‌های تلاقی‌های دای‌آلل، کاربرد دارد (۳۰).پزشکپور و همکاران (۲۴) در مطالعه‌ای، پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش نخود را در کشت پاییزه با استفاده از روش GGEبای‌پلات انجام دادند که هدف از انجام آن، شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول و پایدار نخود در شرایط متفاوت محیطی بود. براساس نمودار GGE بای‌پلات، ژنوتیپ‌های G2، G6 و G12 از عملکرد دانه و پایداری بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. ژنوتیپ G2 عملکرد دانه بالاتری داشته و نیز پایداری عملکرد نسبتاً بالاتری نشان داد و به‌عنوان ژنوتیپ برتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها معرفی گردید. همچنین، کریمی‌زاده و همکاران (۱۷) در مطالعه‌ای، به بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه و تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط در نخود دیم به روش AMMI پرداختند که در آن، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳ و ۱۷ با اختصاص کمترین مقادیر رتبه و بالاترین میانگین عملکرد دانه، در گروه ژنوتیپ‌های پایدار و امید بخش معرفی و ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۷، ۹ نیز به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب برای والدین پروژه‌های تلاقی انتخاب شدند. همچنین در تحقیقی، محمودی احمد آبادی (۱۹) به ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در نخودهای زراعی با استفاده از روش‌های AMMI و GGE بای‌پلات پرداختند که براساس نتایج بدست آمده از پارامترهای ASV (ارزش پایداریAMMI) و GSI (شاخص انتخاب ژنوتیپ)، ژنوتیپ‌های G13 (Hashem) و G20 (FLI-00-6C) به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا انتخاب شدند و اثرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل این دو هر یک به‌ترتیب ۸۳/۵۴٪، ۴/۵۵٪ و ۱۱/۹۱ از کل تغییرات (E+G+E×G) را توجیه نمودند و در تجزیه و تحلیل نمودارهای GGE بای‌پلات سه محیط بزرگ و سه ژنوتیپ پایدار معرفی شدند و ژنوتیپ G20 (FLIP-006C) به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا و محیط E6 نیز به‌عنوان محیط ایده‌آل معرفی شد. همچنین شبیری و همکاران (۲۸) نیز در یک تحقیق که روی گیاه عدس انجام گرفت، از تکنیک GGE بای‌پلات استفاده نموده و علاوه بر ذکر مزایای این تکنیک، تعداد ۲۰ ژنوتیپ عدس را از نظر تجزیه پایداری در ۲ سال ارزیابی نموده و پایدارترین و پرعملکردترین آنها را معرفی نمودند.

هدف از این تحقیق، ارزیابی ژنوتیپ‌های نخود زراعی و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به‌کمک روش گرافیکی GGE بای‌پلات و تجزیه AMMI و ترکیب AMMI با مدل مختلط و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر و پایدار در محیط‌های برتر بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۷، ۹۹-۱۳۹۸ در دو منطقه از شهرستان‌های مراغه و کرمانشاه (جدول ۱) با استفاده از ۱۰۸ ژنوتیپ و به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار نخود زراعی (جدول ۲) به اجرا درآمد. آزمایشات در مزرعه و در هر منطقه و سال، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار اجرا شد. هر واحد آزمایش شامل چهار خط چهارمتری به فواصل ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بذور روی خط ۱۰ سانتی‌متر بود. 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

جدول ۱- اطلاعات آب و هوایی و مشخصات جغرافیایی محیط‌های اجرای آزمایش (۱۳۹۷-۱۴۰۰)
Table 1. Climatic information and geographical characteristics of test environments (2017-2020)

مکان Location	طول و عرض و جغرافیایی Longitude & Latitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	سال Year	کد Code	دما(°C) حداقل Min	دما(°C) حداکثر Max.	بارندگی Precipitation (mm)
مراغه Maragheh	37° 26' N 46° 45' E	1720	97-1396	Ma1	-18.5	37.0	423.2
			98-1397	Ma2	-14.5	37.4	494.6
			99-1398	Ma3	-25.0	32.6	326.8
کرمانشاه Kermanshah	37° 43' N 48° 08' E	1520	97-1396	Ku1	-15.6	33.6	333.9
			98-1397	Ku2	-12.6	30.0	495.0
			99-1398	Ku3	-14.1	32.5	395.6

جدول ۲- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد استفاده نخود در این تحقیق
Table 2. Specifications of chickpea genotypes used in this study

شماره ژنوتیپ Genotype code	ID	شماره ژنوتیپ Genotype code	ID	شماره ژنوتیپ Genotype code	ID	شماره ژنوتیپ Genotype code	ID	ژنوتیپ شماره Genotype code	ID
1	ICCV 14302	23	ICCV 15317	45	BKH2	67	BKH24	89	ICCV 14104
2	ICCV 14303	24	ICCV 15318	46	BKH3	68	BKH25	90	ICCV 14105
3	ICCV 14304	25	ICCV 16301	47	BKH4	69	BKH26	91	ICCV 14106
4	ICCV 14305	26	ICCV 16302	48	BKH5	70	BKH27	92	ICCV 14107
5	ICCV 14306	27	ICCV 16303	49	BKH6	71	BKH28	93	ICCV 14108
6	ICCV 14307	28	ICCV 16304	50	BKH7	72	BKH29	94	ICCV 14109
7	ICCV 14309	29	ICCV 16305	51	BKH8	73	BKH30	95	ICCV 14110
8	ICCV 14310	30	ICCV 16306	52	BKH9	74	BKH31	96	ICCV 14111
9	ICCV 14312	31	ICCV 16307	53	BKH10	75	BKH32	97	ICCV 14112
10	ICCV 14313	32	ICCV 16308	54	BKH11	76	BKH33	98	ICCV 14113
11	ICCV 14314	33	ICCV 16309	55	BKH12	77	BKH34	99	ICCV 14114
12	ICCV 14315	34	ICCV 16310	56	BKH13	78	BKH35	100	ICCV 14115
13	ICCV 14316	35	ICCV 16311	57	BKH14	79	BKH36	101	ICCV 14116
14	ICCV 14317	36	ICCV 16312	58	BKH15	80	BKH37	102	ICCV 14117
15	ICCV 15301	37	ICCV 16313	59	BKH16	81	BKH38	103	ICCV 14118
16	ICCV 15303	38	ICCV 16314	60	BKH17	82	BKH39	104	ICCV 15101
17	ICCV 15304	39	ICCV 16315	61	BKH18	83	BKH40	105	ICCV 15102
18	ICCV 15307	40	ICCV 16316	62	BKH19	84	BKH41	106	ICCV 15103
19	ICCV 15309	41	ICCV 16317	63	BKH20	85	BKH42	107	ICCV 15104
20	ICCV 15310	42	ICCV 16318	64	BKH21	86	ICCV 14101	108	ICCV 15105
21	ICCV 15313	43	ICCV 07101	65	BKH22	87	ICCV 14102	-	-
22	ICCV 15315	44	BKH1	66	BKH23	88	ICCV 14103	-	-

ارزیابی صفات در آزمایش

به‌منظور ارزیابی صفات مورفولوژیک، پس از رسیدگی کامل در هر کرت آزمایشی، از هر خط تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی برداشت و ارتفاع بوته بر حسب سانتی‌متر، تعداد شاخه‌های اولیه، تعداد غلاف در بوته، وزن صددانه (گرم)، عملکرد دانه و بیوماس (گرم در مترمربع) اندازه‌گیری و ثبت شدند. در جدول ۳ صفات مورد ارزیابی به‌همراه علائم اختصاری آنها مشاهده می‌شود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

جدول ۳- صفات مورد ارزیابی در ۱۰۸ ژنوتیپ نخود به‌همراه علائم اختصاری آنها
Table 3. Evaluated traits in 108 chickpea genotypes with their abbreviations

صفات مورد مطالعه	علامت اختصاری
روز تا ۵۰٪ گلدهی (Days to 50% flowering)	DF50
ارتفاع بوته (Plant height)	PH
تعداد غلاف در بوته (Pod number in plant)	Pod in Plant
تعداد شاخه‌ها (Branch number)	branches number
وزن صددانه (Hundred grain weight)	100 SW
بیوماس (Biomass)	Biomass
عملکرد دانه (Grain yield)	Yield
وزن خشک بوته (Plant dry weight)	DM

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور بررسی تجزیه پایداری در این طرح، داده‌های عملکرد ژنوتیپ‌ها در ۳ سال زراعی و دو منطقه و ۴ محیط مورد استفاده قرار گرفت[۱]. قبل از تجزیه‌های آماری، نرمال‌بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی به‌کمک آزمون‌های بارتلت ولون انجام گردیده، و در ادامه جهت تجزیه پایداری عملکرد دانه در محیط‌های مختلف و ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تعیین ابرمحیط‌ها یا محیط‌های بزرگ (Mega environmnets)، از تکنیک GGE بای‌پلات استفاده گردید که بر پایه مقادیر ویژه تفکیک‌پذیر برای دو مؤلفه اول به‌صورت رابطه زیر می‌باشد: (رابطه ۱)

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sum_{n=1}^{N} \lambda_n Y_{in} \delta_{jn} + \theta_{ij} + e_{ijk}$$

در این رابطه، Y_{ij} مشخص‌کننده عملکرد iمین ژنوتیپ در j مین محیط، μ: میانگین کل، α_i $(i = 1, 2, ..., s)$ انحراف میانگین ژنوتیپ (میانگین ژنوتیپ منهای میانگین کل)، β_j $(j = 1, 2, ..., t)$ انحراف میانگین محیط، λ_n مقدار منفرد برای n محور تجزیه به مؤلفه اصلی، Y_{in} و δ_{jn} شاخص اسکورهای PCA یا بردارهای منفرد به‌ترتیب برای ژنوتیپ و محیط در محور nام PCA، N تعداد محورهای PCA در مدل، θ_{ij} ماتریس باقی‌مانده و e_{ijk} خطای باقی‌مانده مربوط به kمین تکرار $(k = 1, 2, ..., r)$ می‌باشند (۲۵).

علاوه بر مدل‌های رایج AMMI و GGE بای‌پلات، استفاده همزمان از روشهای AMMI و BLUP نیز ارزشمند بوده و رواج پیدا کرده که با استفاده از تجزیه مقادیر منفرد یا SVD شاخصی تحت عنوان WAASB به دست می‌آید که صفتی مثل عملکرد و پایداری را همزمان درنظر می‌گیرد و عبارت از میانگین موزون قدرمطلق شاخص‌های منتج از تجزیه مقادیر منفرد ماتریس BLUP مربوط به اثرات متقابل GE حاصل از یک مدل با اثرات مختلط خطی می‌باشد. همچنین معیار دیگری تحت عنوان WAASBY نیز در این رابطه مطرح است که تفاوت آن با معیار WAASB این است که شاخص دوم روی شاخص اول و متغیر پاسخ (در اینجا عملکرد دانه) اعمال شده و درحقیقت تحت عنوان میانگین موزون WAASB و متغیر پاسخ نام دارد (۲۲،۲۳):

$$WAASB_i = \sum_{k=1}^{p} \left| IPCA_{ik} \times EP_k \right| \Big/ \sum_{k=1}^{p} EP_k$$

$$WAASBY_i = \frac{(rG_i \times \theta_Y) + (rW_i \times \theta_S)}{\theta_Y + \theta_S}$$

در این معادلات، $IPCA_{ik}$ عبارت از شاخص ژنوتیپ iم (یا محیط) در k مین IPCA بوده و همچنین EP_k عبارت از مقدار واریانس توجیه شده توسط kمین IPCA است. بطوری که ژنوتیپی که از کمترین WAASB برخوردار باشد، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ محسوب شده و کمترین انحراف را از نظر نمود در بین محیط‌های مختلف از خود نشان می‌دهد (۲۲). عبارات rG_i و rW_i عبارت از مقادیر مربوط به GY و WAASB هستند که مجدداً مقیاس‌بندی شده‌اند. همچنین عبارات θ_Y و θ_S به‌ترتیب عبارت از وزن‌های مربوط به متغیر پاسخ و پایداری است.

نتایج و بحث

بررسی تجزیه واریانس و آماره‌های توصیفی صفات عملکرد دانه

عملکرد دانه به‌عنوان مهمترین صفت اقتصادی نخود محسوب شده و در این تحقیق و در همه محیط‌ها و همه ارقام، از میانگین ۴۱/۱ گرم در واحد سطح برخوردار بوده و نیز بیشترین میزان آن مربوط به سال اول در مراغه (محیط اول) با متوسط عملکرد ۴۷/۶۱ گرم و کمترین میزان آن مربوط به سال اول در کرمانشاه (محیط دوم) با متوسط عملکرد ۳۷/۳۵ گرم در واحد سطح بود. همچنین در مقایسه سال‌ها، در سال سوم، با میزان عملکرد ۴۴/۷ گرم بر واحد سطح، بیشترین عملکرد دانه نخود مشاهده گردید. نتایج تجزیه واریانس صفت عملکرد دانه در واحد سطح (جدول ۴) نشان داده شده که طبق آن تفاوت معنی‌دار درسطح یک درصد در بین محیط‌ها و نیز اثر متقابل محیط در ژنوتیپ مشاهده شد. در مورد این صفت، عوامل ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل این دو به‌ترتیب،

۱- لازم به توضیح اینکه داده‌های سال‌های دوم تا سوم برای منطقه اول (مراغه) در این مقاله مورد استفاده قرار نگرفته است و لذا تعداد محیط‌های بررسی شده در این مقاله، ۴ می‌باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

۱۲/۶، ۹/۶ و ۳۸/۹ درصد از تغییرات موجود را توجیه نمودند (جدول ۴). در این مورد، در تحقیقی که بیرانوند (۳) در بررسی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری ژنوتیپ‌های پیشرفته نخود زراعی درشرایط مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۶ در مزرعه انجام دادند، تفاوتهای معنی‌داری را بین تمامی ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد بررسی گزارش دادند به‌طوری‌که ژنوتیپ F06_59c بیشترین (۲۸/۰۹ گرم) و ژنوتیپ F05_44c نیز کمترین عملکرد (۲۰/۸۳ گرم) عملکرد را بخود اختصاص دادند. همچنین دیگر محققین (۲۷) وجود معنی‌داری را برای اثر ژنوتیپ در صفت عملکرد دانه در تجزیه پایداری نخود زراعی در ۴ سال زراعی، گزارش نمودند. لری‌نژاد (۱۸) نیز در بررسی تنوع ژنتیکی در ۸۱ ژنوتیپ نخود، به وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر عملکرد دانه دست یافتند. در این رابطه باید خاطرنشان نمود که موثرترین روش برای انتخاب صحیح ژنوتیپ‌ها برای صفتی مثل عملکرد انتخاب همزمان بر مبنای شاخص انتخاب برای چند صفت مهم گیاه می‌باشد. عملکرد، صفتی کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل شده و به‌دلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، دارای وراثت‌پذیری پایین می‌باشد. بنابراین انتخاب براساس و در جهت بهبود عملکرد، بازدهی پایینی دارد. انتخاب غیرمستقیم یعنی گزینش برای صفات دیگر، در راستای بهبود عملکرد، که به‌طور معمول مدنظر قرار می‌گیرد.

جدول ۴- میانگین مربعات در تجزیه واریانس صفات زراعی مورد ارزیابی
Table 4. Mean squares in the analysis of variance of evaluated agronomic traits

تعداد شاخه Branch number	تعداد غلاف در بوته Pod number in plant	روز تا رسیدگی Days to ripening	روزتا50٪ گلدهی Days to 50% flowering	ارتفاع بوته Plant height	وزن صددانه Hundred grain weight	بیوماس Biomass	عملکرد دانه Grain yield	درجه آزادی Degrees of freedom	منابع تغییرات S.O.V
1.67^{*}	5.04^{ns}	245.97^{**}	357.80^{**}	2.723^{ns}	37.97^{ns}	44778^{ns}	0.006^{ns}	1	بلوک
0.4152^{**}	11.42^{**}	13^{ns}	8.418	23.610^{**}	32.31^{**}	6067^{ns}	1.957^{*}	107	ژنوتیپ (G)
0.5340^{ns}	36.61^{**}	36.91^{*}	102.526^{**}	31.822^{ns}	8862.83^{**}	110776^{ns}	53.35^{**}	3	محیط (E)
0.2645	7.011^{**}	10.08^{ns}	8.155^{ns}	16.961^{ns}	17.98^{ns}	6587^{*}	2.016^{**}	321	G * E
0.2629	5.264	11.60	7.933	14.934	17.36	5264	1.502	428	خطا
30.67	23.60	3.92	5.32	18.18	22.43	54.84	39.02	–	C.V.

$^{ns}(P>0.05)$، $^{*}(P\leq0.05)$، $^{**}(P\leq0.01)$.

ارتفاع بوته

در مورد این صفت، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) حاکی از، تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های نخود بوده و اثرات بلوک، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، معنی‌دار نبود. در این رابطه، .در بین ۱۰۸ ژنوتیپ برای سه سال بالاترین میانگین ارتفاع به سال دوم کرمانشاه و کمترین میانگین در سال اول مراغه به‌ترتیب با ارتفاع ۲۳/۱۰ و ۲۲/۱۹ سانتی‌متر مشاهده شد. در این مورد نیز محققین (۲۷) وجود معنی‌داری را برای اثرات ژنوتیپ و اثر متقابل GE در تجزیه پایداری نخود زراعی در ۴ سال زراعی، گزارش نمودند.

وزن صد دانه

در مورد این صفت، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) حاکی از تفاوت معنی‌دار بین محیطها و نیز اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بود. در این رابطه، دادفر (۴) نیز در بررسی ۲۰ ژنوتیپ نخود از نظر تجزیه پایداری در دو شرایط آبی و دیم و طی ۴ سال زراعی، برای این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نمود. لری‌نژاد (۱۸) نیز در بررسی تنوع ژنتیکی در ۸۱ ژنوتیپ نخود، به وجود به وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام دست یافتند. بیشترین مقدار وزن صددانه ژنوتیپ‌ها مربوط به بذور سال دوم در کرمانشاه و کمترین آن در سال اول مراغه دیده می‌شود به‌ترتیب ۳۵/۲۸۳ گرم و ۲۲/۱۵ گرم می‌باشد. وزن صددانه به اندازه دانه بستگی دارد هر اندازه که بزرگتر بوده وزن بیشتری دارد و اندازه بذر از جمله صفت‌های مهم در نخود می‌باشد که در بازارپسندی آن موثر بوده و توسط تعداد زیادی ژن با اثرات افزایشی کنترل می‌شود و از آنجا که ارزش اقتصادی یک گیاه به ارزش صفات مختلف آن بستگی دارد، اصلاحگران باید انتخاب همزمان چندصفت را برای بهبود ارزش اقتصادی گیاه مدنظر داشته باشند. کریم زاده و همکاران (۱۶) معتقدند گیاه نخود در اوایل گلدهی و تشکیل غلاف نسبت به تنش رطوبت بسیار حساس است و هر گونه تنش رطوبتی در این مرحله سبب عقیم شدن گل‌ها و عدم تکامل بذرها می‌شود، که نهایتا" باعث کاهش وزن صددانه و عملکرد می‌گردد که با نتایج یوسل و همکاران (۳۳) شباهت دارد.

تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و بلوغ

در مورد این صفت، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) حاکی از، تفاوت معنی‌دار بین سطوح بلوک و نیز محیطها بود. در این رابطه، بیشترین تعداد روز از زمان کاشت تا روزی که ۵۰٪ بوته‌های وسط هر کرت حداقل یک گل باز شده داشته باشند در سال سوم کرمانشاه با میانگین ۵۶ روز و کمترین دوره در سال دوم کرمانشاه با ۵۴ روز مشاهده شد. در این مورد برخی محققان (۲۷) در بررسی تجزیه پایداری ۲۵ رقم نخود زراعی در ۴ سال زراعی، وجود اثرات معنی‌دار را در مورد اثر متقابل GE در روز تا ۵۰٪ گلدهی و نیز معنی‌داری را برای اثرات اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل GE گزارش نمودند. لری‌نژاد (۱۸) نیز در بررسی تنوع ژنتیکی در ۸۱ ژنوتیپ نخود، به وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر صفت تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی دست یافتند.

تعداد روز تا رسیدگی

در مورد این صفت، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) حاکی از تفاوت معنی‌دار بین سطوح بلوک و نیز محیطها بود. در این رابطه، لری‌نژاد (۱۸) نیز در بررسی تنوع ژنتیکی در تعداد ۸۱ ژنوتیپ نخود، به وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر صفت تعداد روز تا بلوغ دست یافتند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه

در مورد این صفت‌ها، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) حاکی از تفاوت معنی‌دار بین سطوح ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آنها بود. در این رابطه، دادفر (۴) در بررسی تجزیه پایداری ۲۰ ژنوتیپ نخود در طی ۴ سال زراعی در ۲ محیط، گزارش نمود که بین ژنوتیپ‌ها و نیز برای اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین لری‌نژاد (۱۸) نیز در بررسی تنوع ژنتیکی در ۸۱ ژنوتیپ نخود، به وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر صفت تعداد غلاف در بوته دست یافتند. در جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های نخود برای صفت عملکرد دانه، دیده می‌شود. همانطور که در جدول شماره ۵ مقایسه میانگین عملکرد مشاهده می‌شود، بالاترین مقدار عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۰ (ICCV 14313) و کمترین میزان عملکرد مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۰۷ (ICCV 15104) بود. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در قسمت‌های بعدی مقاله، به میان خواهد آمد.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه در واحد سطح برای ۱۰۸ ژنوتیپ نخود زراعی

Table 5. Comparison of average grain yield per unit area for 108 chickpea genotypes

ژنوتیپ genotype	میانگین mean	حروف letters	ژنوتیپ genotype	میانگین mean	حروف letters	ژنوتیپ genotype	میانگین mean	حروف letters	ژنوتیپ genotype	میانگین mean	حروف letters
10	54.38	a	99	47.300	def	67	44.463	ghijk	3	41.625	mnopqr
26	53.25	a	91	47.275	def	32	44.438	ghijk	76	41.438	nopqrs
49	52.950	a	44	46.825	defg	28	44.50	hijkl	104	41.350	opqrst
54	52.838	a	20	46.713	defg	7	43.988	hijklm	11	41.338	opqrst
74	51.875	ab	108	46.13	efgh	27	43.763	hijklmn	30	41.325	opqrst
1	51.813	ab	21	45.950	efgh	57	43.175	ijklmno	70	41.15	opqrstu
29	50.313	bc	41	45.850	efgh	94	43.163	ijklmno	90	40.925	opqrstu
23	50.288	bc	59	45.750	efgh	24	43.113	ijklmno	63	40.700	pqrstuv
101	50.238	bc	18	45.475	fghi	35	42.963	jklmnop	98	40.363	qrstuv
65	50.50	bc	79	45.325	fghij	15	42.925	jklmnop	39	40.300	qrstuv
60	49.988	bc	37	45.225	fghij	9	42.450	klmnopq	25	40.275	qrstuv
5	48.825	cd	4	45.135	fghij	50	42.400	klmnopq	17	40.213	qrstuvw
43	48.100	cde	69	44.975	fghij	48	42.288	klmnopq	66	40.138	qrstuvwx
93	48.13	cde	22	44.925	fghij	88	41.800	lmnopqr	61	40.75	qrstuvwx
86	47.965	cde	8	44.513	ghijk	68	41.738	lmnopqr	12	39.838	rstuvwxy

میانگین‌های با حروف مشابه (بزرگ یا کوچک) از نظر آماری، غیرمعنی‌دارند ($p > 0.05$).

ادامه جدول ۵-

Continued Table 5.

ژنوتیپ genotype	میانگین mean	حروف letters	ژنوتیپ genotype	میانگین mean	حروف letters	ژنوتیپ genotype	میانگین mean	حروف letters
92	39.788	Rstuvwxy	33	38.400	vwxyzABC	55	34.63	HIJKL
47	39.600	Rstuvwxy	75	37.825	wxyzABCD	77	34.13	HIJKL
100	39.588	Rstuvwxy	87	37.750	xyzABCD	95	33.900	HIJKL
103	39.575	Rstuvwxy	83	37.488	yzABCD	13	33.500	IJKL
46	39.525	Rstuvwxy	36	37.463	yzABCD	14	33.88	JKLM
53	39.513	Rstuvwxy	85	37.13	zABCDE	58	32.875	JKLMN
97	39.500	Rstuvwxy	52	36.963	zABCDEF	71	32.438	KLMN
78	39.488	Rstuvwxy	73	36.963	zABCDEF	38	32.38	LMN
6	39.450	Rstuvwxy	51	36.600	ABCDEFG	16	32.13	MN
96	39.175	Stuvwxyz	45	36.53	BCDEFG	106	30.850	MNO
89	39.13	Tuvwxyz	82	36.525	BCDEFG	56	30.675	NO
64	39.0	tuvwxyzA	80	36.138	CDEFGH	40	30.663	NO
102	38.988	tuvwxyzA	31	35.925	DEFGH	84	28.575	OP
105	38.975	tuvwxyzA	19	35.800	DEFGHI	42	27.13	P
62	38.838	uvwxyzAB	2	34.988	EFGHIJ			
81	38.500	vwxyzABC	34	34.575	FGHIJK			
72	38.425	vwxyzABC	107	34.250	GHIJKL			

میانگین‌های با حروف مشابه (بزرگ یا کوچک) از نظر آماری، غیرمعنی‌دارند ($P > 0.05$).

تجزیه AMMI و GGE بای‌پلات

به‌دلیل متفاوت بودن شرایط چهار محیط (سه سال و ۲ مکان توضیح اینکه در سال اول، آزمایش در دو مکان و در سالهای بعد در یک مکان انجام گرفت که در مجموع، ۴ محیط و سه سال صورت گرفت) و برای بررسی ارقام و بدست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد واکنش آنها در این محیط‌ها، روش‌های AMMI و گرافیکی GGE بای‌پلات مورد استفاده قرار گرفتند ولی بیشتر بر نتایج روش GGE بای‌پلات تأکید گردید. هرچند عمدتاً برای تعیین سازگاری خصوصی یعنی انتساب ژنوتیپ‌ها به محیط‌های خاص و بررسی پایداری آنها از نمودار بای‌پلات استفاده می‌شود. در نمودار بای پلات، محور افقی نشان‌دهنده اثرات اصلی جمع‌پذیر (میانگین عملکرد) و محور عمودی نشان‌دهنده اثرات متقابل ضرب‌پذیر (ضرایب عامل‌ها) می‌باشد (۸). پیچیده بودن ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط گاها" باعث می‌شود که مجموع دو مؤلفه اول نتواند اکثر تغییرات موجود را تبیین نماید ولی به معنای نامعتبر بودن بای‌پلات نمی‌باشد (۳۱). تجزیه GGE بای‌پلات برای عملکرد دانه در ۴ محیط در این آزمایش و برای ۱۰۸ ژنوتیپ انجام شد. دو مؤلفه‌ی اول حاصل از اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، در مجموع ۷۶/۲۷ درصد (سه مؤلفه در مجموع ۹۰/۱۸ درصد بطوریکه PC1=55%؛ PC2=21.27% و PC3=13.91%) از واریانس کل موجود را توجیه نمودند که بیانگر اعتبار نسبتاً بالای نمودار بای‌پلات حاصل در تبیین تغییرات G+GE است. البته در تجزیه AMMI در این تحقیق نتیجه تجزیه واریانس مدل افزایشی یا جمع‌پذیر در جدول تجزیه واریانس به روش AMMI نشان

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

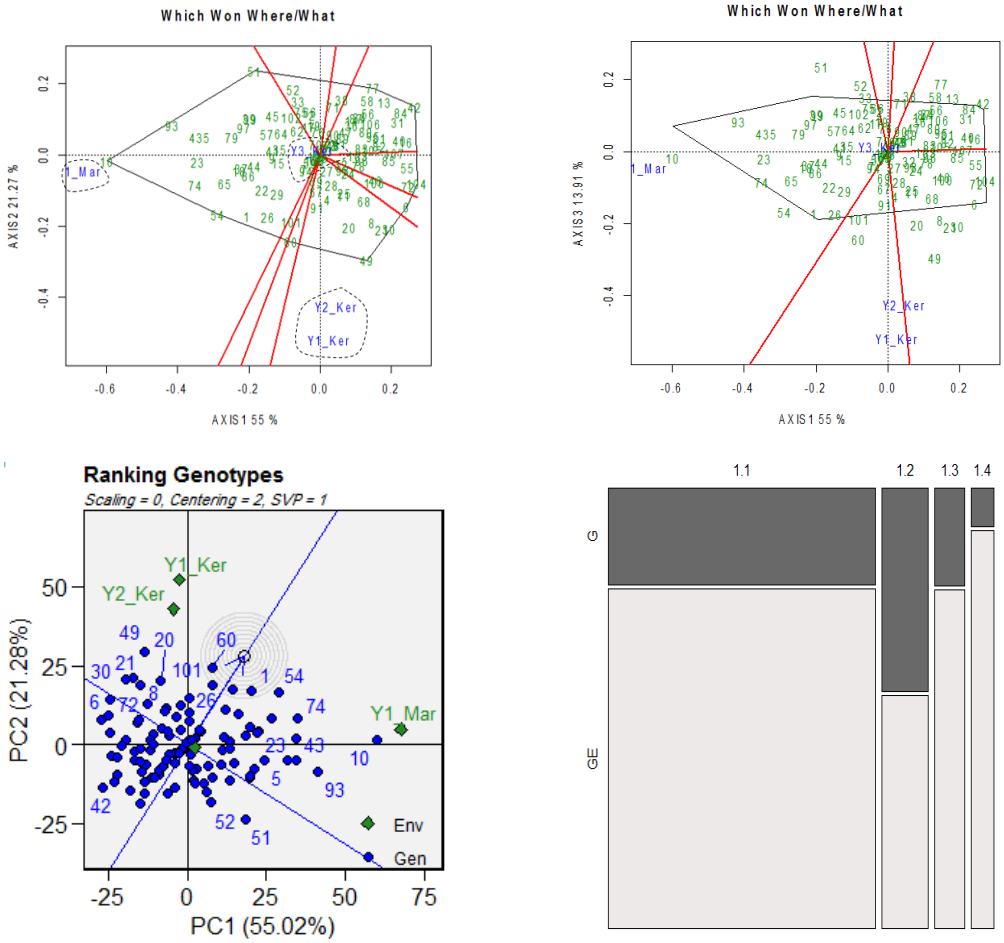
داد که اثرات اصلی محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند و اثر اصلی ژنوتیپ در سطح ۵٪ معنی دار بوده و دو مؤلفه اول نیز درصد قابل توجهی از تغییرات موجود را توجیه نمود (برخی از نتایج تجزیه AMMI نشان داده نشده‌اند). همچنین از آنجاییکه بررسی روابط نسبی بین ژنوتیپ‌ها، بین محیط‌ها و بین ژنوتیپ‌ها و محیط حائز اهمیت است لذا برای توضیح بیشتر از نمودار بای‌پلات بر مبنای سنجش متقارن برای الگوی (which-won-where) داده‌های حاصل از ژنوتیپ‌ها و چندین محیط استفاده شد که نموداری چند ضلعی بوده و برای شناسایی محیط‌های بزرگ و ژنوتیپ‌های برتر نیز بکار می‌رود. در این نمودار ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدا دارند، به یکدیگر متصل شده و یک چندضلعی ایجاد می‌کنند، سپس از مبدا مختصات خطوطی عمود به اضلاع این چند ضلعی رسم شده و محیط‌های بزرگ مشخص می‌شوند (۳۱). در این تحقیق بکارگیری روش امی با معیارهای اعتبارسنجی گالوب Gollob و Cornelius (برای اطلاعات بیشتر به منبع شماره ۲ مراجعه شود) نشان‌دنده‌ی معنی‌دار بودن و مؤثر بودن ۲ مؤلفه (IPCA) جهت نمایش ژنوتیپ‌ها در فضای ۲بعدی به دست آمده بود که در ادامه، بای‌پلات‌های مربوطه آورده می‌شوند.

هنگامی‌که نمودار بای‌پلات حداقل۶۰ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نماید، می‌توان از آن برای تعیین محیط‌های بزرگ استفاده (Mega-environments) کرد (۳۲). لذا جهت مشخص نمودن محیط‌های بزرگ و شناسایی بهترین رقم در هر محیط، شکل ۱ رسم شده که در حقیقت یک چندضلعی بوده که از اتصال دورترین ارقام (از مبدأ) به هم ایجاد شده و اطلاعات ارزشمندی را در اختیار ما قرار می‌دهد. به‌کمک این باپلات و چندضلعی درون آن‌می‌توان محیط‌های بزرگ و ارقام برتر را از نقطه‌نظر عملکرد در هر محیط (سال یا مکان) شناسایی نمود. همانطور که در شکل ۱ دیده می‌شود، خط ۱ عمود بر ژنوتیپ‌های ۴۹ و ۶۰، خط ۲ عمود بر ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۶، خط ۳ عمود بر ژنوتیپ‌های ۷۲ و ۱۰۴، خط ۴ عمود بر ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۴۲، خطوط ۵ تا ۷ عمود بر ژنوتیپ‌های ۴۵۱ و ۷۷، خطوط ۸ و ۹ عمود بر ژنوتیپ‌های ۶۰ و ۱۰۱ رسم شده است. این بای‌پلات خاصیت گروه‌بندی محیط‌ها را نیز دارد. در واقع، این ۹ خط نمودار بای‌پلات را به ۹ بخش و ۳ محیط بزرگ (مگا) تقسیم کرده است. در این بای‌پلات سال اول مراغه به‌عنوان اولین ابرمحیط شناسایی شد که شامل ژنوتیپ‌های برتر ۱۰، ۹۳ و ۵۴، دومین محیط بزرگ شامل محیط‌های سال‌های اول و دوم کرمانشاه با ژنوتیپ برتر ۴۹، سومین محیط بزرگ شامل سال سوم کرمانشاه با ژنوتیپ برتر ۴۲ شناسایی شدند. قابل ذکر است که منظور از واریته‌های برتر (واریته‌های رأس) آنهایی است که دورتر از مبدا قرار گرفته و دارای بیشترین عکس‌العمل هستند. همچنین ژنوتیپ‌های واقع‌شده در هر بخش، شباهت‌های عمده‌ای با هم دارند. ژنوتیپ‌هایی که در مبدأ قرار گرفته‌اند در تمامی محیط‌ها دارای رتبه یکسانی بوده و بنابراین پاسخی به محیط‌های متفاوت ندارند. به‌عنوان مثال ژنوتیپ‌های ۱، ۲۳، ۶۵ و ۷۴ با ژنوتیپ برتر ۱۰ یا 10 شباهت داشته و سازگاری خوبی با محیط بزرگ دارند. ازطرف دیگر، هیچ محیطی درون قسمت‌هایی که به‌عنوان مثال، ارقام ۴۹، ۶۰ و ۱۰۴ در رأس آن قرار گرفته‌اند، وجود ندارد که مبین این است که این ارقام یا ارقام نزدیک به آن‌ها، در هیچ ابرمحیط و یا در هیچ سالی، برتری نداشتند. علاوه‌براین، چهارمین محیط (سال سوم در کرمانشاه)، در مرکز بای‌پلات واقع شده که به‌عنوان محیط ایده‌آل محسوب شده و ارقام نخود نسبت به این محیط، هیچ واکنشی نشان ندادند. برخی از ارقام که در نزدیکی مرکز این شکل، قرار دارند، از عملکرد متوسط و سازگاری عمومی به محیط‌های آزمایش برخوردار بوده بعبارتی در سالهای مختلف از رتبه یکسانی برخوردار بودند. لازم به ذکر است که نتایج بای‌پلات (شکل ۱) در تجزیه GGE با بای‌پلات AMMI (برخی از نتایج AMMI نشان داده نشده‌اند) مقایسه شد و همدیگر را تأیید نموده درحالیکه نمودارهایGGE بای‌پلات از وضوح و تفکیک‌پذیری و تبیین بیشتری برخوردار بودند.

در این رابطه، صباغ‌نیا و همکاران (۲۶) با استفاده از روش GGE بای‌پلات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد عدس در ایران را مورد بررسی قرار داده که سه محیط بزرگ را شناسایی نمودند. دالو و همکاران (۵) نیز به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های سویا دارای عملکرد دانه بالا و پایدار در مناطق مختلف برزیل طی ۳ سال زراعی ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ از روش GGE بای‌پلات استفاده کردند. این محققان با استفاده از این روش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا و سازگاری گسترده برای مناطق مختلف را شناسایی کردند در ثانی عنوان کردند تجزیه در طول همه سال‌های کشت نسبت به تجزیه سال به سال برای شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل بهتر است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]



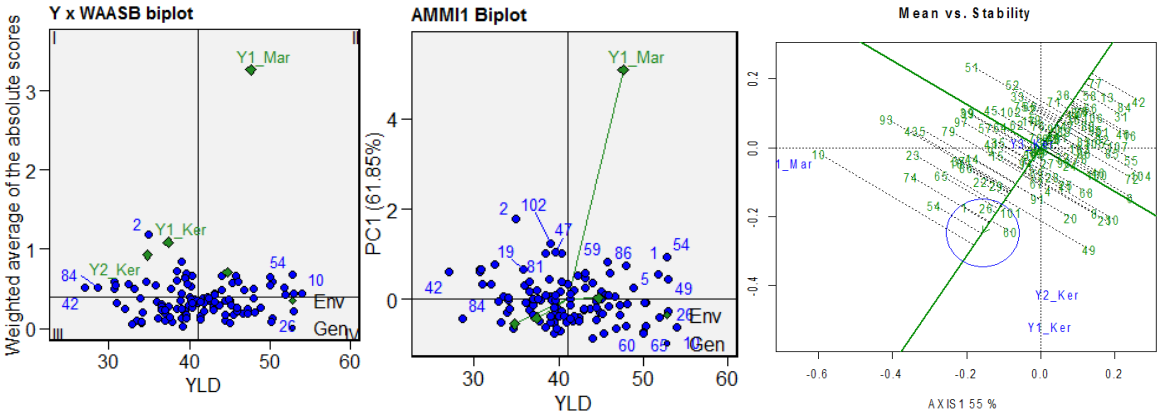
شکل ۱- بالا: نمودار چندضلعی GGE بای‌پلات جهت شناسایی محیط‌های بزرگ و بهترین رقم در هر محیط برای ۳ مؤلفه اصلی اول تا سوم پایین-راست: موزاییک پلات برای نمایش سهم ژنوتیپ و اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط. پایین-چپ: نمودار مؤلفه‌های اصلی اول و دوم جهت رتبه‌بندی ارقام به‌همراه شناسایی رقم ایده‌آل

Figure 1. Above: GGE bi-plot polygon diagram to identify large environments and the best variety in each environment for the first three components of the first to third. Bottom-right: A mosaic plot to show the genotype contribution and the interaction between genotype and environment. Bottom-left: Diagrams of the first and second main components for ranking cultivars along with identifying the ideal cultivar.

در ادامه، نمودار دو بعدی (شکل ۲) جهت بررسی پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها استفاده گردید. در این نمودار، محور افقی دارای علامت پیکان بوده و از دایره کوچکی که نشان‌دهنده‌ی متوسط محیط است و نیز مبدأ مختصات عبور می‌کند بطوریکه تصویر ارقام بر این محور، نشانگر میزان تقریبی عملکرد آنهاست. ژنوتیپ‌های موجود در سمت راست این خط از عملکرد بالاتر و ژنوتیپ‌های واقع در سمت چپ این خط دارای عملکرد پائین‌تر از متوسط کل می‌باشند (۱۴). این محور را همچنین، محور متوسط محیط یا طول AEC می‌نامند بطوری‌که واریته‌ها در طول آن رتبه‌بندی شده و علامت پیکان نشاندهنده وضعیت میانگین بیشتر است. طبق این روند (شکل ۲)، ژنوتیپ‌های یا ارقامی به‌ترتیب با شماره‌های ۱۰، ۵۴، ۷۴، ۸۰، ۲۶، ۶۵، ۲۳، ۲۲، ۴۹، ۵۴ و ۲۹ از بیشترین عملکرد و ژنوتیپ‌های یا ارقامی به شماره‌های به‌ترتیب ۴۲، ۸۴، ۱۳، ۳۱، ۳۸ از کمترین عملکرد برخوردار بودند که با نتایج مقایسات میانگین عملکرد، مطابقت داشته و همچنین نمودارهای مربوطه در دو روش بای‌پلات GGE و AMMI و WAASB (میانگین موزون قدرمطلق شاخص‌ها) نیز همدیگر را تأیید نمودند (شکل ۲).

همچنین محور عمودی نشان‌دهنده پایداری بوده و هر ژنوتیپی که طول تصویر آن با این محور، کمتر باشد، پایدارتر است (۳۱). به‌عبارتی خط AEC دارای دو پیکان از مبدا بای‌پلات عبور کرده و عمود بر طول AEC می‌باشد که نمایانگر اثر متقابل ژنوتیپ× محیط بوده که در واقع شاخص پایداری یا ناپایداری ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد (۸). به‌گونه‌ای که ژنوتیپ‌هایی همانند ۲۶، ۱۰۱، ۳۸، ۷۷ و ۵۸ جزو پایدارترین‌ها بودند. با توجه به اینکه در آزمایشات تجزیه پایداری، عملکرد و پایداری توأم در نظر گرفته می‌شود لذا ژنوتیپ‌های ۹۴، ۹۶، ۱۰۱، ۶۷ و ۱۰۳ دارای پایداری خوب و عملکرد بالایی هستند.

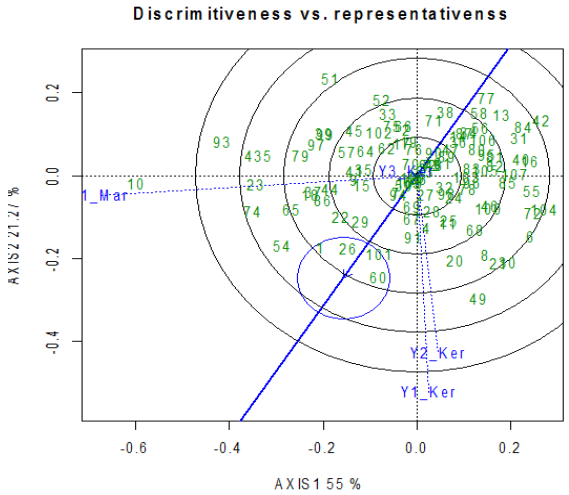
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]



شکل ۲- ارزیابی همزمان میانگین و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در محیط‌های مختلف با استفاده از نمودارهای بای‌پلات GGE (راست) و AMMI (چپ) و نیز بای‌پلات WAASB. عبارت YLD: عملکرد دانه نخود

Figure 2. Simultaneous evaluation of mean and stability performance of chickpea genotypes in different environments using GGE (right) and AMMI (left) bipod diagrams and WAASB bipod. YLD refers to chickpea grain yield

ترسیم نمودار ژنوتیپ ایده‌آل جهت مشخص نمودن گرافیکی فاصله‌ی بین ژنوتیپ‌های موردنظر در آزمایش، با ژنوتیپ ایده‌آل فرضی می‌باشد. ژنوتیپ ایده‌آل، از بیشترین پایداری و عملکرد (محصول) برخوردار بوده و براساس بیشترین مقدار طول، بر روی بردار مربوط به میانگین‌های ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و واجد نقش کم در اثر متقابل GE در محیط، تعریف شده و به‌صورت یک دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها، نمایش داده می‌شود. میزان مطلوب بودن ژنوتیپ‌ها به اندازه فاصله‌شان از ژنوتیپ ایده‌آل بستگی دارد. زیراکه ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرجع ارزیابی نمودن بقیه ژنوتیپها قلمداد می‌شود در نمودار ژنوتیپ ایده‌آل، پایداری و عملکرد با همدیگر ادغام شده و براساس تعیین فاصله ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ ایده‌آل فرضی است. این ژنوتیپ ایده‌آل فرضی براساس پایدارترین و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ تعریف می‌شود و هر ژنوتیپی که کمترین فاصله را از این ژنوتیپ فرضی داشته باشند به‌عنوان ژنوتیپ برتر شناخته می‌شود (۳۰). مرکز دوایر متحدالمرکز، موقعیت ژنوتیپ ایده‌آل را نشان می‌دهد. این دوایر، با دارا بودن ژنوتیپ ایده‌آل، در مرکز خود، به تجسم فاصله بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش و ژنوتیپ ایده‌آل، کمک می‌نماید (۱۳). در این تحقیق (شکل‌های ۱ تا ۴)، ژنوتیپ شماره ۶۰ ایده‌آل بوده و در مرحله بعد، ارقام ۱، ۲۶ و ۱۰۱ قرار دارند. در این مورد، همانطور که قبلاً به میان آمد، محمودی‌احمدآبادی (۱۹) اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در نخودهای زراعی را با استفاده از روش‌های AMMI و GGE بای‌پلات مطالعه نموده و گزارش دادند که اثرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل این دو هر یک به‌ترتیب ۸۳/۵۴، ۴/۵۵ و ۱۱/۹۱ درصد از کل تغییرات (E+G+E×G) را توجیه نمودند و در تحلیل GGE بای‌پلات نیز سه محیط بزرگ و سه ژنوتیپ پایدار معرفی شده بطوریکه ژنوتیپ G20 (FLIP-006C) به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا و محیط E6 نیز به‌عنوان محیط ایده‌آل معرفی شد.



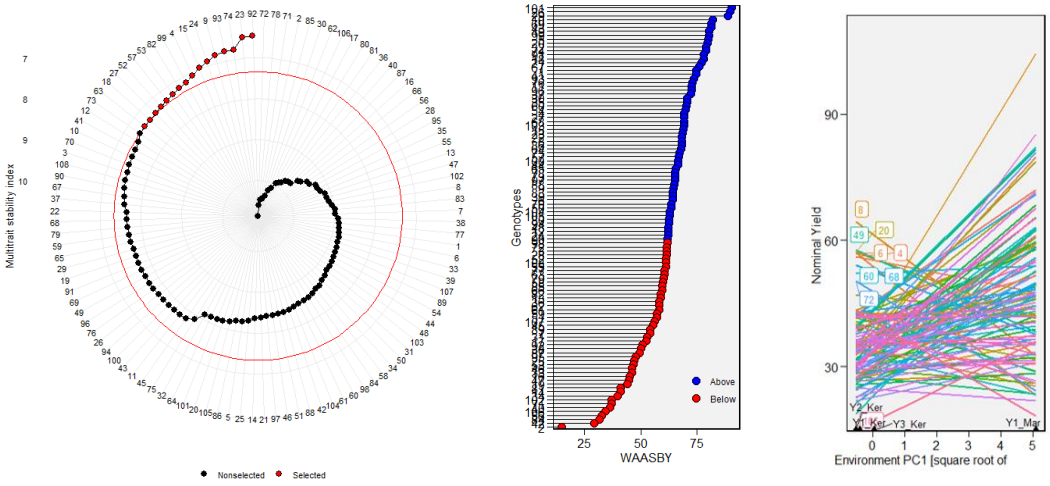
شکل ۳- تعیین ژنوتیپ و محیط ایده‌آل بر اساس روش GGE بای‌پلات

Figure 3. Determination of genotype and ideal environment based on GGE bioplot method

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

محیط ایده‌آل، مبین مناسبترین الگوی پاسخ ژنوتیپی بوده یا بعبارتی حداکثر تمایز بین تیمارها (ژنوتیپ‌ها یا ارقام) را به نمایش می‌گذارد. نمودار محیط ایده‌آل، بای‌پلاتی را برای مقایسه محیط‌ها براساس پایداری و عملکرد ترسیم می‌کند. در چنین نموداری، دایره کوچک به وسیله یک فلش مشخص شده که نشان‌دهنده محیط ایده‌آل بوده و هر محیطی که در نزدیکترین فاصله‌ی این محیط فرضی قرار داشته باشد، به‌عنوان محیط مطلوب به حساب می‌آید در این رابطه و در این تحقیق، بنا به شکل ۳، محیط Y3 Ker (سال سوم کرمانشاه) محیط برتر و سپس محیط‌های Y2 Ker و Y1 Ker (بترتیب سال دوم و سال اول کرمانشاه) به‌عنوان مطلوبترین محیط‌ها شناخته شدند. در این شکل (۳) محیط‌های اول (در سال اول) و دوم (سال دوم در کرمانشاه)، از قدرت تمایز بیشتری برخوردار بودند (با توجه به طول بردارهای آنها). در این رابطه جبرسون و همکاران (۱۵) در مطالعه‌ای به‌منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌های عدس در نواحی شمالی منطقه هیل در هند از دو روش GGE بای‌پلات و AMMI استفاده نموده و بنا به نتایج روش GGE بای‌پلات و با در نظر گرفتن همزمان میانگین عملکرد و پایداری، سه ژنوتیپ نسبتا" پایدار را در تمامی محیط‌ها شناسایی نموده و عنوان نمودند که محیط E1 بیشترین تغییرات را در عملکرد دانه داشته است. لذا این محققین، روش GGE بای‌پلات را به‌عنوان روشی کارآمد جهت تمایز ژنوتیپ‌ها از لحاظ ماهیت پایداری و عدم پایداری در محیط‌ها معرفی کردند.

همانطور که به میان آمد، دو مؤلفه‌ی اول حاصل از اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در روش GGE بای‌پلات، در مجموع ۷۶/۲۷ درصد از واریانس کل موجود را توجیه نمود و لذا روش‌های GGE بای‌پلات و AMMI برای تجزیه و تحلیل اطلاعات این تحقیق، اطلاعات ارزشمندی را در اختیار قرار دادند (برخی از نتایج تجزیه AMMI در این تحقیق نشان داده نشده‌اند). بر این اساس برازش میانگین اسمی عملکرد دانه در مقابل اولین مؤلفه اصلی محیطی صورت گرفت که در شکل ۴ مشاهده می‌شود. در تلفیق روش AMMI با BLUP نیز نتایج ارزشمندی به دست آمد که ۲ تا از آنها در شکل ۴ مشاهده می‌شوند و بعبارتی تأییدکننده نتایج فوق است (شکل‌های ۱ تا ۳). حسن این روش این است که شاخصی مثل WAASBY بصورت همزمان عملکرد و پایداری را درنظر گرفته و ارقام را براساس آن می‌توان برگزید.



شکل۴- راست: دیاگرام برازش میانگین اسمی عملکرد دانه در مقابل اولین مؤلفه اصلی محیطی. وسط: برازش مقادیر WAASBY برحسب ارقام که در آن ژنوتیپ‌های ۱، ۲۶ و ۱۰۱ در بالای همه از بیشترین شاخص همزمان پایداری و عملکرد (WAASBY) برخوردارند. چپ:
رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و گزینش آنها برای شاخص پایداری چندصفتی (MTSI برای همه صفات جدول ۳) با درنظر گرفتن شدت انتخاب برابر با ۱۵ و وزنهای ۶۵ و ۳۵ بترتیب برای "عملکرد و صفات وابسته" و شاخص WAASB که در آن دوایر قرمز بمعنای موارد انتخاب شده است و براساس آن ۱۶ ژنوتیپ: ۹۲(۶/۴۶)، ۲۳(۶/۴۹)، ۷۴(۶/۷۶)، ۹۳(۶/۷۶)، ۹(۶/۸۰)، ۲۴(۶/۸۹)، ۱۵(۶/۹۶)، ۴(۷/۰۵۸)، ۹۹(۷/۱۷)، ۸۲(۷/۲۰)، ۵۳(۷/۲۵)، ۵۷(۷/۲۷)، ۵۲(۷/۲۹)، ۲۷(۷/۳۱)، ۱۸(۷/۳۴) و ۶۳(۷/۳۴) انتخاب گردیدند که بترتیب کمترین شاخص پایداری چندصفتی را داشته و میانگین عملکرد ۱۱ تا از آنها (به استثنای ژنوتیپ‌های ۹۲، ۸۲، ۵۲، ۵۳ و ۶۳ که آنهم اختلاف زیادی با کل نداشتند) نیز از میانگین عملکرد کل، بیشتر بود.

Figure 4. Right): Diagram of the nominal mean grain yield versus the first major environmental component. Middle: Fitting WAASBY values according to cultivars in which genotypes 1, 26 and 101 above all have the highest simultaneous stability and yield index (WAASBY). Left): Ranking ing selection intensity equal to 15 and weights of of genotypes and their selection for multi-trait stability index (MTSI for all traits in Table 3) consider 65 and 35 for "performance and dependent traits", respectively and WAASB index where red circles means selected cases and based on that 16 genotypes: 92(6.46), 23(6.49), 74(6.76), 93(6.76), 9(6.80), 24(89) 6), 15(6.96), 4(7.058), 99(7.17), 82(20.7), 53(25.7), 57(27.7), 52(29.7)), 27(7.31), 18(7.34) and 63(7.34) were selected, which respectively have the lowest multi-trait stability index and the average performance of 11 of them (except for genotypes 92, 82, 52 , 53 and 63, which were not significantly different from the total) was also higher than the average performance of the total.

همانطور که یان و همکاران (۳۱) اذعان نموده‌اند، (شکل ۴ راست)، محور افقی، نشان‌دهنده‌ی شاخص‌های محیطی (مثلث‌های کوچک بر محور افقی یا Abscissa) برای اولین مؤلفه اصلی اثرمتقابل (IPC1) بوده و محور عمودی (Ordinate) نیز نشان‌دهنده‌ی عملکرد اسمی براساس میانگین عملکرد ژنوتیپ و IPC1 می‌باشد. هر ژنوتیپ با یک خط راست با معادله $\hat{y}_{ij} = \mu + \alpha_i + IPCA1_i \times IPCA1_j$ مشخص شده که با میانگین عملکرد ژنوتیپ و α_i اثر یا انحراف ژنوتیپ i و شاخص IPC (رگرسیون بر شاخص IPC1 محیطی) تعریف می‌گردد که در آن، $\hat{y}_{ij}$ عملکرد اسمی ژنوتیپ i در محیط j و μ_i نیز میانگین کل ژنوتیپ i و IPC1i نیز شاخص IPC1 ژنوتیپ i و IPC1j نیز شاخص IPC1 محیط j می‌باشد. در این نمودار، میانگین اسمی عملکرد به‌عنوان تابعی از شاخص محیطی IPC1 بوده و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

عبارت از مجموع میانگین کل، اثر ژنوتیپ موردنظر، و ضرب شاخص‌های IPCA1نوتیپ موردنظر در محیط موردنظر بوده و ژنوتیپ برنده (برتر) در یک محیط خاص از بیشترین عملکرد اسمی در ان محیط برخوردار است (۱۱). در این نمودار، تغییرات میانگین یا به‌عبارتی رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها مشاهده می‌شود و اثر محیط از مدل حذف شده و همچنین میتوان یک دید کلی از پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها به دست آورد. در چنین نمودارهایی، ژنوتیپ‌هایی که از خطوط با شیب بیشتری برخوردار باشند، ناپایدارتر می‌باشند. همچنین با حذف اثر محیطی، خط ترسیم شده برای برخی از ژنوتیپ‌ها کاهشی خواهد بود که بدلیل تأثیر اثرات ژنوتیپی است که از علامت منفی برخوردار می‌باشد. برخی از محققین (۶) معتقدند که دسته‌بندی محیط‌های بزرگ بر این اساس، قائدتاً می‌بایستی همانند بای‌پلات GGE باشد و البته در برخی جهات این امر می‌تواند درست باشد وGGE بای‌پلات در برخی از موارد، می‌تواند مفیدتر باشد. البته اگر روش امی با مدل مختلط (BLUP) تلفیق گردد، نتایج مفیدی به دست می‌دهد که می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد. در این رابطه، در تحقیقی، کریمی‌زاده و همکاران (۱۶) به بررسی پایداری و عملکرد ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم طی ۴ سال پرداختند و بهترین ژنوتیپ‌ها را با روش GGE بای‌پلات پیشنهاد نمودند. در آن تحقیق، برازش میانگین‌های اسمی عملکرد ژنوتیپ‌ها در برابر مؤلفه اصلی اول محیطی پرداخته شده و شاخص‌های WAASB و WAASBY نیز برآورد و برازش گردید. برای اینکه وضعیت ژنوتیپ‌ها در هر محیط، بررسی گردد، اقدام به رتبه‌بندی آنها بر اساس میانگین‌های اسمی در هر محیط گردید که در جدل زیر (۶) مشاهده می‌گردد که با نتایج قبلی و بخصوص شکل‌های ۲ و ۳ مربوط به راهکار GGE بای‌پلات مطابقت دارد:

جدول ۶- رتبه‌بندی ارقام در این تحقیق در هر محیط

Table 6. Ranking of genotypes in this research in each environment

Genots	Envi.1	Envi.2	Envi.3	Envi.4	Genots	Envi.1	Envi.2	Envi.3	Envi.4	Genots
1	94	99	99	45	55	4	80	80	12	55
2	57	14	9	17	56	20	19	12	10	56
3	68	44	50	86	57	93	31	28	73	57
4	52	100	100	43	58	24	6	9	60	58
5	102	29	28	92	59	70	61	71	103	59
6	9	98	98	28	60	78	107	107	23	60
7	64	68	71	60	61	40	42	47	84	61
8	23	105	104	42	62	69	31	25	39	62
9	84	59	47	24	63	75	65	59	32	63
10	108	61	26	33	64	79	35	23	19	64
11	43	92	92	15	65	99	81	78	51	65
12	62	57	52	29	66	58	7	17	98	66
13	11	4	15	91	67	67	88	87	40	67
14	33	23	19	22	68	29	97	97	30	68
15	82	71	64	27	69	61	82	83	69	69
16	3	61	54	5	70	56	48	57	85	70
17	61	24	32	82	71	44	9	4	15	71
18	100	68	58	17	72	7	92	93	42	72
19	73	27	17	13	73	51	46	40	17	73
20	47	106	105	46	74	104	86	82	61	74
21	14	102	103	71	75	63	10	12	56	75
22	87	94	90	5	76	59	25	35	93	76
23	105	53	44	75	77	13	2	7	103	77
24	53	83	85	88	78	31	71	74	48	78
25	43	93	91	7	79	96	31	28	80	79
26	88	103	106	97	80	22	35	38	65	80
27	56	73	81	78	81	15	37	47	96	81
28	48	86	86	81	82	20	51	54	52	82
29	81	87	88	90	83	25	52	54	44	83
30	20	105	102	9	84	9	19	15	11	84
31	5	19	35	101	85	12	68	77	58	85
32	39	64	80	105	86	98	79	76	62	86
33	65	5	5	77	87	29	16	33	100	87
34	35	16	21	50	88	77	59	61	56	88
35	80	48	43	54	89	37	38	42	83	89
36	32	23	31	76	90	46	33	41	95	90
37	103	78	62	20	91	67	95	96	69	91
38	51	11	7	25	92	49	50	50	50	92
39	89	29	21	31	93	107	21	12	69	93
40	6	77	66	1	94	75	73	69	48	94
41	85	44	47	89	95	16	41	36	26	95
42	1	12	9	8	96	27	64	65	67	96
43	106	39	31	65	97	92	35	17	3	97
44	98	73	67	63	98	41	77	76	34	98
45	83	13	4	5	99	91	8	25	108	99
46	17	84	84	37	100	38	89	89	35	100
47	34	26	39	94	101	86	101	101	66	101
48	45	41	52	100	102	76	19	21	58	102
49	26	108	108	106	103	31	54	63	74	103
50	71	66	74	80	104	2	90	95	104	104
51	95	1	1	53	105	36	49	61	87	105
52	90	3	2	73	106	18	44	38	2	106
53	54	56	57	38	107	11	75	69	22	107
54	101	96	94	36	108	72	56	71	107	108

محیط۱: سال ۱-مراغه؛ محیط ۲: سال ۱-کرمانشاه؛ محیط ۳: سال ۲-کرمانشاه؛ محیط ۴: سال ۳-کرمانشاه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

همانطورکه در جدول فوق دیده می‌شود، ژنوتیپ‌های شماره ۴۲ و ۱۰ به‌ترتیب، از کمترین و بیشترین میزان عملکرد دانه برخوردار بودند که در شکل‌های ۲ و ۳ نیز دیده می‌شود. یکی دیگر از نتایجی که در این تحقیق به دست آمد، و در گزارش قبلی (۲) هم به میان آمده، استفاده از راهکار امی در شناسایی ۶ تا از برترین ژنوتیپ‌ها در هر محیط با استفاده از شاخص پایداری و مقدار عملکرد بود که در جدول زیر (۷) مشاهده می‌شود:

جدول ۷- انتخاب ۶ تا بهترین ارقام در هر محیط

Table 7. Select the 6 best varieties in each environment

محیط environment	میانگین عملکرد Yield mean	IPCA1	S1	S2	S3	S4	S5	S6
محیط ۳(سال ۲-کرمانشاه) Env 3(y 2-Kermanshah)	2.32	1.28	49	60	26	20	8	21
محیط ۲(سال ۱-کرمانشاه) Env 2(y 1-Kermanshah)	2.49	1.18	49	60	20	8	30	26
محیط ۴(سال ۳-کرمانشاه) Env 4(y 3-Kermanshah)	2.90	0.99	99	108	49	32	104	59
محیط۱(سال ۱-مراغه) Env 1(y 1-Maragheh)	3.44	-3.45	10	93	43	23	74	37

اعداد لاتین متن جدول، ارقام نخود آزمایش هستند.

The Latin numerals in the text of the table are the pea cultivars tested.

همانطور که در جدول فوق دیده می‌شود، محیط شماره ۱ از بیشترین مقدار عملکرد دانه برخوردار بوده و این در حالی است که این محیط از کمترین مقدار شاخص IPCA1 برخوردار بوده و رقم شماره ۱۰ که از بیشترین مقدار عملکرد در بین ۱۰۸ رقم برخوردار بود، در این محیط، جزو ۶ رقم برگزیده بود. نتایج به دست آمده در این جدول (۷) به‌صورت قابل ملاحظه‌ای تأییدکننده‌ی بای‌پلات/شکل‌های ۲ و ۳ می‌باشد. لذا همانگونه که در شکل ۳ نیز مشاهده می‌شد، محیط شماره ۱ به‌عنوان ناپایدارترین (با بیشترین مقدار مطلق شاخص IPCA1) و محیط شماره ۴ نیز پایدارترین محیط (با کمترین مقدار IPCA1) می‌باشد. لذا با توجه به راهکارهای به میان آمده در این تحقیق، یعنی هم راهکار قدرتمند AMMI و هم GGEبای‌پلات، پایدارترین محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها در این تحقیق شناسایی شدند که می‌توان ژنوتیپ‌های برتر را در برنامه‌های آتی اصلاح‌نباتات بکار برده و یا بعد از درنظر گرفتن دیگر خصوصیات همانند مقاومت به آفات و امراض و ...، به‌عنوان ارقام برتر معرفی نمود. هرچند که این ارقام، قائدتاً نباید مشکل چندانی داشته باشند. همچنین هدف از بکاربردن روش AMMI و GGEبای‌پلات در کنارهم در این تحقیق، این بود که به محققانی که صرفاً از روش GGEبای‌پلات استفاده می‌کنند خاطرنشان گردد که درست است که این روش از جذابیت خاصی برخوردار است ولی نمی‌تواند همیشه جایگزین روش قدرتمند AMMI گردد و مهم این است که چگونه و تا چه حد، روش AMMI را بکار برد. لذا باتوجه به برنامه‌های موجود و بخصوص برنامه مبسوطی که نویسنده اول این مقاله ارائه کرده‌اند، می‌توان روش امی را به خوبی مورد استفاده قرار داد و در کنار روش GGEبای‌پلات، نتایج خوبی را ارئه نمود.

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به اینکه گیاه نخود، بنابه گزارشات[۱]، از مهمترین منابع پروتئینی در سبد غذایی خانوارهای ایرانی بوده و از محصولات دیم است که که نیاز آبی آن به شکل کامل از نزولات جی، تأمین شده و مختص به مناطق نیمه‌خشک است لذا با توجه به کاهش عملکرد آن از ۶۱۰ به ۵۰۰ کیلوگرم علیرغم افزایش سه برابری سطح زیرکشت آن در سه دهه اخیر، که عمدتاً به‌دلیل اختصاص اراضی دیم و کم‌بازده به کشت و کار این گیاه در کشور است، لذا در ماطق مختلف کشور و بخصوص استان‌های غربی کشور که سهم عمده‌ای درتولید این محصوص ارزشمد دارند، لزوم توجه به اصلاح یا غربالگری ارقام موجود و انتخاب پرعملکردترین و مستعدترین و پایدارترین ارقام و لاین‌های نخود برای تولید محصول این گیاه ضرورت دارد. در این بین غربالگری ارقام موجود و بررسی پایداری عملکرد و اجزای عملکرد آنها در سالها و مکان‌های مختلف ضرورت دارد. این تحقیق با این هدف‌طرح‌ریزی شده و بر اساس آن در ۳ سال و ۴ محیط ژوتیپ‌های مختلف نخود با روش‌های GGEبای‌پلات، AMMI و تلفیق AMMI با مدل مختلط یا BLUP (بهترین پیش‌بینی نااریب خطی) بررسی و ارزیابی گردیدند که از بین ارقام موجود و با روش‌های صورت‌گرفته، پرعملکردترین و پایدارترین ارقام انتخاب گردید. با توجه به اینکه تعداد نسبتاً زیادی از ژنوتیپ‌های فعال نخود که در موسسه دیم کشور (مراغه)، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند (نکته مثبت قابل توجه در این تحقیق)، لذا نتایج این تحقیق میتواند مورد توجه محققین و دست‌اندرکاران کاشت گیاه نخود بخصوص در غرب کشور قرار گیرد. همچنین بایستی به این نکته اذعان نمود (اکثر محققین که تجزیه پایداری ارقام را انجام می‌دهند، به آن توجه ندارند) که همیشه مدل GGEباپلات نسبت به AMMI برتر نیست و افرادی مثل Gauch (محقق برجسته در موضوع AMMI) در پاسخ به ارائه کنندگان روش GGEباپیلات، به‌طور مفصل به دفاع از روش AMMI در مقابل GGE بای‌پلات پرداخته‌اند. درکل، بسته به شرایط آزمایش، میتوان هم از روش AMMI و هم GGEبای‌پلات، اتفاده نمود که البته روش دوم از نظر گرافیک و تصویری، جذاب‌تر می‌نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان لازم میدانند از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در مراغه وابسته به سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، جهت در اختیار گذاشتن مواد ژنتیکی و انجام تحقیق در سال اول در آن منطقه، قدردانی نمایند.

۱- سرویس پژوهش http://www.iribnews.ir

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

منابع

1. Abdemishani, S., A. ShahNejate-Boushehri. 1996. Complementary Plant Breeding (v.1), Common Plant Breeding. Tehran University Press.
2. Arminian, A. and S. Houshmand. 2012. Additive main and multiplicative interaction effect in stability analysis of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. Journal of Crop Breeding, 4: 1-13 (In Persian).
3. Beiranvand, S. 2018. Evaluation heritability and genetic diversity of modern genotypes chickpea for fall planting Department of Agronomy. Lorestan University, p.63.
4. Dadfar, S. 2009. Evaluating the stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using parametric and nonparametric methods, Plant Production Department. Razi University, p. 159.
5. Dallo, S.C., A.D. Zdziarski, L.G. Woyann, A.S. Milioli, R. Zanella, J. Conte and G. Benin. 2019. Across year and year-by-year GGE biplot analysis to evaluate soybean performance and stability in multienvironment trials. Euphytica, 215(6): 113-25.
6. Ebdon, J.S. and J.H.G. Gauch. 2002. Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Analysis of national turfgrass performance Trials: II. Cultivar recommendations. Crop Science, 42: 497-506.
7. Ellstrand, N.C. 2014. Is gene flow the most important evolutionary force in plants. American Journal of Botany, 101: 737-53.
8. Farshadfar, E. 2010. Advanced discussions in Biometrical Genetics. Azad University of Kermanshah Press.
9. Farshadfar, E. and J. Sutka. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. Acta Agronomica Hungarica, 54: 459-67.
10. Gauch, J.H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Trials, AMMI Analysis of Factorial Designs. . Elsevier Publications, Amsterdam, Netherlands.
11. Gauch, J.H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Science: 37: 311–26. doi:10.2135/cropsci1997.0011183X003700020002x.
12. Gunes, A., A. Inal, M.S. Adak, E.G. Bagci, N. Cicek and F. Eraslan. 2008. Effect of drought stress implemented at pre-or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian Journal of Plant Physiology, 55: 59-67.
13. Hassani, M., H. Hamzeh and H. Mansouri. 2021. Evaluation of adaptability and stability of root yield and white sugar (*Beta vulgaris* L.) in sugar beet genotypes using multivariate AMMI biplot method. Journal of Crop Breeding, 13: 222-35 (In Persian).
14. Javidfar, F., B. Alizadeh, H. Amiri-Oghan and N. Sabaghnia. 2011. Study on the effect of genotype and environment interaction effect in rapeseed genotypes using GGE biplot method. Journal of Crop Scisnces of Iran, 41: 771-79(In Persian).
15. Jeberson, M.S., K.S. Shashidhar, S.H. Wani, A.K. Singh and S.A. Dar. 2019. Identification of stable lentil (*Lensculinaris Medik*) genotypes through GGE biplotand AMMI analysis for North Hill Zone of India. Legume Research, 42: 467-72.
16. Karimizadeh, R., H. Ghojogh, T. Hosseinpour, M. Armion, K. Shahbazi and P. Sharifi. 2021. Evaluating of the efficiency of AMMI and BLUP models and their integration for identifying high-yielding durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) genotypes adapted to warm rainfed regions of Iran. Iranina Journal of Crop Scisnces, 23: 30-48 (In Persian).
17. Karimizadeh, R., P. Pezeshkpour, M. Barzali and M. Armion. 2016. Evaluation of compatibility and grain yield of dryland chickpea genotypes by AMMI method, Sixth national conference on Iranian beans.
18. Lorinejad, M., M.R.A. Mohayeji, A. Kazemipoor and D. Sadeghzadeh-Ahari, 2018. Assessment of genetic diversity among some Kabuli type chickpea genotypes using ISSR markers. Agricultural Biotechnology Journal, 10: 109-28 (In Persian).
19. Mahmoodi-Ahmadabadi, A. 2013. Evaluating GE interaction effect in crop chickpeas using AMMI and GGE biplot, Razi Agricultural and Natural Resources Faculty. Razi University.
20. Mandel, J. 1971. A new analysis of variance model for non-additive data. Technometrics, 13.
21. Miller, P.A., C.J. Williams, H.F. Robinson and R. Comstock. 1958. Estimates of genotypic and environmental covariance in upland cotton and their implication in selection. Agricultural Journal, 50: 126-37.
22. Olivoto, T., A.D.C. Lúcio, J.A.G. da Silva, V.S. Marchioro, V.Q. de Souza and E. Jost. 2019a. Mean performance and stability in multi-environment trials I: combining features of AMMI and BLUP techniques. Agronomy Journal, 111: 2949-60.
23. Olivoto, T., A.D.C. Lúcio, J.A.G. da Silva, B.G. Sari and M.I. Diel. 2019b. Mean performance and stability in multi-environment trials II: selection based on multiple traits. Agronomy Journal, 111: 2961-69.
24. Pezeshkpour, P., R. Karimizadeh, A. Mirzaei and M. Barzali. 2019. Yield Stability of Chickpea Promising Genotypes in Autumn planting of Using GGE biplot Method Journal of Agronomy and Plant Breeding, 15 (In Persian).
25. Purchase, J.L., H.L. Raiger and V.T. Prabhakaran. 2001. A study on the performance of a few non-parametric stability measures using pearl millet data. Indian Journal of Genetic, 61: 7-11.
26. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. Sabaghpour. 2008. Graphical analysis of genotype by environment interaction for lentil yield in Iran. Agronomy Journal, 100: 760-64 (In Persian).
27. Shivani, D. and C.G. Sreelakshmi. 2015. Stability analysis in Chickpea, *Cicer arietinum* L. Journal of Global Biosicnsces, 4: 2822-27.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

28. Shobeiri, S.S., D. Sadeghzadeh Ahari, P. Pezeshkpour and M. Azimi. 2022. Stability analysis of grain yield of *Lens Culinaris* L lentil genotypes in dryland conditions by GGE biplot method Journal of Crop Breeding, 13: 1-10 (In Persian).
29. Talebi, R., F. Fayaz, M. Mardi, S.M. Pirsyedian and A.M. Naji. 2008. Genetic relationships among chickpea (*Cicer arietinum*) elite lines based on RAPD and agronomic traits. International Journal of Agriculture and Biology, 10: 301-05.
30. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
31. 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: 643-55.
32. Yang, R.C., J. Crossa, P.L. Cornelius and J. Bugueno. 2009. Biplot analysis of genotype× environment interaction: Proceed with caution. Crop Science, 49: 1564-76.
33. Yucel, D.O., A.E. Anlarsal and C. Yücel. 2006 Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 183-88.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]

Evaluation of Compatibility and Stability of Grain Yield and Evaluation of Some Agronomic Characteristics of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes in Rainfed Conditions

Solmaz Amiri[1], Ali Arminian[2] and Hamid Hosseinian Khoshro[3]

1- Ph.D. Student, Agronomy and Plant Breeding Departement, Ilam University, Ilam, Iran
2- Faculty member, Agronomy and Plant Breeding Departement, Ilam University, Ilam, Iran,
(Corresponding author: a.arminian@ilam.ac.ir)
3- Faculty member, Dryland Agricultural Research Instititute, Agricultural Research,
Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.
Received: 8 May, 2022 Accepted: 2 November, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Due to the increase in population and unfavorable environmental conditions, especially various stresses and the problem of water scarcity, evaluation of plant genotypes in various environments is inevitable. The interaction effect of the genotype and environment can be used as a mean by plant breeders to select the best genotypes/cultivars in plant growth environments (in one or more years).

Material and Methods: In order to evaluate the stability of grain yield, this experiment was performed on 108 chickpea genotypes in the cropping years 2018-2019, 2019-2020 and 2020-2021 in the form of a randomized complete block design. By carefully planting, holding and harvesting operations, during the growing season and postharvest, seed yield, 100-seed weight, plant height, number of days to 50% flowering, number of days to maturity, number of pods per plant, number of main branches was recorded.

Results: The results of combined analysis of variance showed that there was a significant difference between the genotypes in terms of plant height, grain yield, number of pods per plant, number of main branches. Comparison of mean grain yield showed that genotype number 10 had the highest yield (54.038 gram).significancy of GE interaction effect showed the response of genotypes within various environments so then it is possible to perform the stability analysis of genotypes and for this reason, the GGE biplot was used in parallel with some findings of AMMI model and mixed AMMI model (AMMI in conjunction with BLUP) which GGE biplot resulted that first 2 components accounted for 76.3 percent of total variation of grain yield and in this context varieties 1, 26, 60 and 101 acconted as ideal ones and so genotypes 32, 69, 76, 89, 90, 94, 98 and 108 mentioned as suitable genotypes compared to other genotypes and that 4th enfironment (year 3-Kermanshah) mentioned as ideal environment.

Conclusion: Considering the superiority of some chickpea cultivars in this study in terms of both grain yield and yield stability, in 2 temperate and cold regions in terms of stability and high grain yield, these cultivars can be candidates to introduce the cultivar or be used as parents of crosses in future breeding programs of this plant.

Keywords: Compatibility, Food legumes, Interaction, GGE byplate, Nominal mean, Stability

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.219]