دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش کلزای بهاره در مناطق گرم جنوب ایران

حسن امیری اوغان[۱]، حسین زینل زاده تبریزی[۲]، حمیدرضا فنایی[۳]، نرجس خاتون کازرانی[۴]، غلامرضا قدرتی[۵]، امیرخسرو دانایی[۶] و محمدباقر ولی‌پور[۷]

۱- بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(نویسنده مسوول: amirioghan2014@gmail.com)
۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل (مغان)، ایران
۳- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
۴- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، برازجان، ایران
۵- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
۶- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بهبهان، ایران
۷- بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱۵
صفحه: ۴۲ تا ۵۴

چکیده

ارزیابی سازگاری و پایداری تولید ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی حایز اهمیت ویژه‌ای است. به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش کلزای بهاره در مناطق گرم جنوب، ۱۷ لاین امیدبخش بهاره کلزا به‌همراه رقم شاهد (RGS003) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌مدت دو سال طی سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۰ در مناطق دزفول، زابل، برازجان، بهبهان با استفاده از روش تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد دانه در زابل و کمترین آن در برازجان بود. نمای چندضلعی بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپG12 پایدارترین ژنوتیپ برای بهبهان و دزفول و ژنوتیپ G14 پایدارترین ژنوتیپ برای برازجان و زابل بود. براساس مختصات محیط متوسط، ژنوتیپ G12 پرمحصول‌ترین و پایدارترین ژنوتیپ در محیط متوسط مورد آزمایش بود. همچنین بر اساس بای‌پلات مقایسه کلیه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپG12 به‌عنوان ژنوتیپ پایدار و دارای عملکرد بالا در میان تمام ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها مشخص شد. براساس نمایش میانگین عملکرد و شاخص پایداری شوکلا و نیز میانگین عملکرد نسبت به حداکثر و یا شاخص برتری، ژنوتیپ‌های G12، G14 و G18 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در تمامی مناطق اقلیم گرم جنوب برتر و پایدار بوده و قابل توصیه هستند.

واژه‌های کلیدی: GGE بای‌پلات، ژنوتیپ ایده‌آل، سازگاری، شاخص پایداری شوکلا

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی جهان به‌شمار می‌آید و دانه آن حاوی بیش از ۴۰ درصد روغن بوده و کنجاله باقیمانده آن نیز سرشار از پروتئین است و بعد از سویا مهم‌ترین منبع تولیدکننده روغن خوراکی جهان به‌شمار می‌رود (۲۰،۱۱). افزایش تولید محصول در واحد سطح یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌ها در اصلاح این گیاه محسوب می‌شود. رابلن (۱۷) و نالز (۱۲) به نقش موثر ژنتیک و اصلاح نباتات در اصلاح گیاهان روغنی اشاره کرده‌اند.

ارزیابی میزان سازگاری و پایداری تولید ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی حائز اهمیت ویژه‌ای است. به‌خاطر واکنش مختلف ارقام نسبت به تغییرات محیطی، عملکرد آنها از محیطی به محیط دیگر نوسان دارد. به‌طور معمول هر ژنوتیپ در یک محیط خاص حداکثر پتانسیل تولید محصول را دارد، اما با ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف می‌توان ژنوتیپی را شناسایی کرد که در تمام محیط‌ها از عملکرد قابل قبولی برخوردار باشد (۵). ژنوتیپ‌های پایدار دارای عکس‌العمل مشابهی در محیط‌های مختلف هستند (۱۹،۹)، بنابراین شناسایی آنها توسط پارامترهای مختلف پایداری جزو اهداف مهم اصلاحی به‌شمار می‌رود. در کلزا نیز مطالعات پایداری زیادی توسط محققان مختلفی انجام گرفته است که عمدتاً به نوع ژنوتیپ‌های مورد استفاده و نوع اقلیم مطالعه‌شده آنها را می‌توان در دو گروه بهاره و زمستانه تقسیم‌بندی کرد. گروه‌های بهاره مربوط به مطالعات پایداری در دو اقلیم گرم خشک و گرم مرطوب کشور و گروه‌های زمستانه مربوط به مطالعات پایداری در دو اقلیم سرد و معتدل سرد کشور است (۲).

یکی از مطالعات مهم در اصلاح نباتات و بررسی‌های به‌نژادی، شناخت اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها با محیط‌های گوناگون است. روش‌های متعددی به‌منظور تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و برآورد ارقام پایدار در محیط‌های مختلف پیشنهاد شده است که هر کدام از آن‌ها مبتنی بر روش‌های آماری خاصی بوده و دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند. از طرف دیگر، بدیهی است که میزان عملکرد هر ژنوتیپ در محیط‌های آزمایش‌شده از اثر محیط (E)، اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (GE) تشکیل شده است. با وجود اینکه محیط بیش از ۸۰ درصد واریانس کل عملکرد را به خود اختصاص می‌دهد ولی در ارزیابی ژنوتیپ‌ها تنها از اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]

می‌شود (۲۴). در آزمایش‌هایی که برای تعیین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌کار می‌روند اغلب تعیین الگوهای پاسخ ژنوتیپ × محیط بدون کمک گرفتن از نمایش گرافیکی داده‌ها مشکل است (۲۳). تجزیه GGE بای‌پلات یک روش تجزیه‌ای چندمتغیره بر اساس محاسبه G + GE است که انواع داده‌های دوطرفه را به‌صورت گرافیکی نشان داده و اجازه مشاهده روابط درونی بین محیط‌ها و روابط درونی مابین ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌سازد (۲۴). این روش گرافیکی بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی عمل نموده و دارای مزایای زیادی می‌باشد، از جمله: مشاهده پلی‌گون یا چندضلعی که امکان درک و تفسیر بهترین رقم برای هر محیط یعنی الگوی کدام-ژنوتیپ-کجا برتر است (which-won-where) را فراهم می‌آورد، امکان مشاهده همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها و همچنین قابلیت تشخیص و نمایندگی محیط‌ها را میسر می‌سازد، امکان مشاهده بردارهای محیطی و رتبه‌بندی محیط‌ها را فراهم می‌کند، امکان مشاهده روابط درونی مابین محیط‌ها و یا شناسایی محیط‌های تکراری را به ما می‌دهد، امکان رتبه‌بندی ارقام بر اساس عملکرد در یک محیط خاص و مقایسه ارقام با رقم ایده‌آل را فراهم می‌کند (۲۴،۲۳). سودمندی گسترده بای‌پلات GGE که در آن (G) برابر ژنوتیپ و (GEI) برابر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است، تنها در سال‌های اخیر روشن شده است (۲۶،۲۴).

در سال‌های اخیر در کشور ما از این روش به‌طور گسترده‌ای برای تجزیه و تحلیل پایداری در گیاهان مختلف مانند آفتابگردان (۱۶)، گندم دوروم (۱۵،۱۳)، جو (۱،۳)، عدس (۱۰)، ذرت (۲۱) و چغندرقند (۷) استفاده شده است. در کلزا نیز چندین مطالعه تاکنون با استفاده از این روش انجام شده است (۲۶،۱۸،۱۴،۶). هدف از این تحقیق، مطالعه پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش کلزای بهاره در مناطق گرم جنوب کشور جهت شناسایی ژنوتیپ پایدار و سازگار به روش GGE بای‌پلات بود.

مواد و روش‌ها

۱۷ لاین امیدبخش بهاره کلزا به‌همراه رقم شاهد (RGS003) به‌منظور بررسی سازگاری و پایداری آنها در اقلیم گرم جنوب کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌مدت دو سال طی سالهای زراعی ۹۲-۱۳۹۰ در مناطق دزفول، زابل، برازجان و بهبهان کشت شدند (جدول ۱). کاشت به‌صورت یکسان در همه مناطق و هر ژنوتیپ در ۴ خط ۵ متری به فاصله ۳۰ سانتیمتر از هم بود. پس از شخم، دیسک (جهت خردشدن کلوخه‌ها) و ماله (جهت تسطیح)، بر اساس نتایج آزمایشات تجزیه خاک اقدام به کودپاشی (تمام پتاس و فسفر مورد نیاز و یک سوم کود ازته لازم بر مبنای دستورالعمل تولید کلزا در اقالیم مختلف کشور) و پخش یکنواخت علف‌کش ترفلان در سطح مزرعه شد و به‌وسیله دیسک سبک کود و علف‌کش با خاک مخلوط گردیدند. کشت در تاریخ مناسب هر منطقه انجام شد. آبیاری در مناطق دزفول، زابل و بهبهان به‌صورت نشتی و با کمک سیفون و در برازجان به‌صورت قطره‌ای و بر حسب نیازهای گیاه انجام گردید. هنگام شروع ساقه رفتن بوته‌ها و در مرحله بعد هنگام ظهور اولین غنچه‌های گل کود از ته باقیمانده به نسبت مساوی به مزرعه آزمایشی داده شد.

جدول ۱- مختصات و شرایط آب و هوایی مناطق اجرای تحقیق

Table 1. Geographical and climatic characteristics of experimental locations

مکان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میزان بارندگی سالیانه (میلی‌متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
دزفول	۴۸ و ۳۰ شرقی	۳۲ و ۲۰ شمالی	۳۵۰	۸۲
زابل	۶۱ و ۳۲ شرقی	۳۱ و ۰ شمالی	۶۰-۵۰	۴۶۰
بهبهان	۵۰ و ۱۵ شرقی	۳۰ و ۳۰ شمالی	۳۲۰	۳۴۰
برازجان	۵۱ و ۱۰ شرقی	۲۹ و ۲۲ شمالی	۲۵۰	۶۳

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]

جدول ۲- فهرست ژنوتیپ‌های کلزای بهاره استفاده‌شده در این پژوهش

Table 2. List of spring canola genotypes used in this experiment

ردیف	نام ژنوتیپ	کد اختصاص یافته
۱	SAN-1 (Dez 01182)	G1
۲	SAN-2 (Rameh 6)	G2
۳	SAN-3 (Fanaei 6)	G3
۴	SAN-4 (Dez 7169)	G4
۵	SAN-5 (RGS003)	G5*
۶	SAN-6 (Fanaei 9)	G6
۷	SAN-7 (Dez 19169)	G7
۸	SAN-8 (Rameh 3)	G8
۹	SAN-9 (Dez 06182)	G9
۱۰	SAN-10 (Kho-Be-2)	G10
۱۱	SAN-11(Dez 01182)	G11
۱۲	SAN-12 (Zabol 0)	G12
۱۳	SAN-13 (Fanaei 15)	G13
۱۴	SAN-14 (OGH-14)	G14
۱۵	SAN-15 (Dez 02169)	G15
۱۶	SAN-16 (Kho-Va-3)	G16
۱۷	SAN-17 (Zafar)	G17
۱۸	SAN-18 (Dez 03169)	G18

*: رقم شاهد

طی دوران رشد در صورت مشاهده شته از آفت‌کش‌های سیستمیک نظیر دیماکارون (نیم لیتر در هکتار)، متاسیستوکس (یک لیتر در هکتار) و اکاتین (یک لیتر در هکتار) استفاده شد. در زمان رسیدن فیزیولوژیکی، برداشت هر رقم برای محاسبه عملکرد دانه از دو خط میانی با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط انجام شد.

جهت تجزیه آماری نخست شناسایی داده‌های پرت با استفاده از آزمون گراب صورت گرفت. سپس نرمال‌بودن داده‌های عملکرد دانه توسط آزمون شاپیرو–ویلک انجام یافت. جهت آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی از آزمون‌های لون و بارتلت استفاده شد. تجزیه مرکب داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام یافت. جهت انتخاب مدل مناسب تجزیه گرافیکی بای‌پلات که بیشترین واریانس داده‌ها را توجیه نماید (۲۳)، از پارامترهای زیر استفاده شد:

۱- نوع تبدیل داده: بدون تبدیل داده‌ها (No transformation)

۲- نوع مقیاس‌بندی: مدل ۳ بر اساس حداقل تفاوت معنی‌دار تستر یا آزمون‌کننده (LSD 5%)

۳- نوع تصحیح داده‌ها: تصحیح بر اساس تستر (Tester-centered) و بای‌پلات حاوی اطلاعات G+GE

۴- نوع تجزیه به مقادیر منفرد: مقیاس‌بندی بر اساس تستر (Tester-focused) که در آن مقدار منفرد به‌طور کامل به بردارهای ویژه مربوط به تستر تقسیم می‌شود که برای مقایسه دقیق تسترها مورد نیاز است (F=0).

این مدل برای سری داده‌هایی که واحدهای مشابه همانند جدول ژنوتیپ در محیط برای یک صفت، مانند عملکرد دانه در این تحقیق، دارند مناسب است (۲۵). تجزیه پایداری به‌روش گرافیکی با استفاده از نرم‌افزار GGE بای‌پلات نسخه ۶/۳ صورت گرفت.

نتایج و بحث

قبل از تجزیه مرکب داده‌ها، نتایج آزمون لون ($۱/۳۵^{ns}$) و بارتلت ($۱۱/۵۳^{ns}$) برای اطمینان از یکنواختی خطاهای آزمایشی در سال‌ها و مکان‌های مورد آزمایش نشان داد که بین واریانس خطاهای آزمایشی یکنواختی برقرار است و می‌توان تجزیه مرکب را انجام داد. تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در دو سال و چهار مکان نشان داد که بین مکان و ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و بین اثرات متقابل سال × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). معنی‌داربودن اثر متقابل سه‌جانبه ژنوتیپ × سال × مکان نشان داد که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در محیط‌های مختلف آزمایشی دارای اختلاف بوده و می‌توان از تجزیه پایداری برای شناسایی ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های پایدار بهره جست.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]

جدول ۳- تجزیه مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در محیط‌های مختلف

Table 3. Combined analysis of seed yield in canola genotypes across different environments

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
سال	۱	۵۲۱۱۵۹۲^{ns}
مکان	۳	۵۰۶۷۸۳۱۸*
سال × مکان	۳	۲۸۸۹۳۱۱**
خطا	۱۶	۱۶۷۶۲۷
ژنوتیپ	۱۷	۱۲۵۲۱۸۰*
ژنوتیپ × سال	۱۷	۲۱۰۴۷۵^{ns}
ژنوتیپ × مکان	۵۱	۶۰۹۱۹۹*
ژنوتیپ × سال × مکان	۵۱	۳۹۵۰۹۹**
خطا	۲۷۲	۸۳۹۸۴
ضریب تغییرات (٪)	۱۲/۲۹	

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

تجزیه گرافیکی ژنوتیپ‌های کلزا به‌روش GGE بای‌پلات نشان داد که دو مولفه اول در مجموع ۹۴/۵ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه را در محیط‌های مختلف توجیه کردند. از این تغییرات ۷۸/۷ درصد مربوط به مولفه اول و ۱۵/۸ درصد مربوط به مولفه دوم بود. بنا به نظر یان و کانگ اگر روش GGE بای‌پلات بتواند حداقل ۶۰ درصد واریانس کل داده‌ها را توجیه نماید می‌تواند برای ارزیابی محیط‌های کلان مفید و کاربردی باشد (۲۵).

مقادیر درصد واریانس کل، درصد مولفه اول و دوم در آزمایش مصطفوی و همکاران (۱۴) به‌ترتیب ۹۴ درصد، ۸۴ درصد و ۱۰ درصد، در مطالعه زالی و همکاران (۲۶) به‌ترتیب ۸۵/۲ درصد، ۵۸ درصد و ۲۷/۲ درصد و در مطالعه صباغ‌نیا و همکاران (۱۸) به‌ترتیب ۷۵ درصد، ۴۶ درصد و ۲۹ درصد بود. در جدول ۴ مقادیر واریانس توجیه شده توسط ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل بین آنها نشان داده شده است. بر این اساس ۱۰/۴۱ درصد واریانس توجیه‌شده توسط دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه بای‌پلات مربوط به ژنوتیپ، ۷۴/۳۶ مربوط به محیط (سال و مکان) و ۱۵/۱۹ درصد مربوط به اثر متقابل بین آنها بود.

مدل کامل در بررسی تغییرات فنوتیپی شامل محیط (E)، ژنوتیپ (G) و اثر متقابل آنها (GEI) است و محیط (E) را در بر می‌گیرد که معمولا چند بار بزرگتر از G و GEI است ولی با ارزیابی ارقام ارتباطی ندارد. مدل GGE بای‌پلات این امکان را فراهم می‌کند که تجزیه و تحلیل داده‌ها تنها بر بخش مفید داده‌ها یعنی G و GEI متمرکز شود (۲۴).

در مطالعه زالی و همکاران (۲۶) بر روی پایداری ارقام کلزا ۶/۱۹ درصد از واریانس کل مربوط به ژنوتیپ و ۱۳/۸۳ درصد مربوط به اثر متقابل بود که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت. همچنین مقدار واریانس ژنوتیپی در مطالعه صباغ‌نیا و همکاران (۱۸) روی ارقام کلزا ۹/۶ درصد بود که بسیار مشابه این تحقیق بود.

جدول ۴- اهمیت نسبی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل بین آنها بر اساس دو مولفه اصلی حاصل از تجزیه بای‌پلات

Table 4. Relative magnitude of the genotype, environment and their interaction based on two first components of biplot analysis

	مجموع مربعات	درصد نسبت به مجموع مربعات کل
ژنوتیپ	۱۰۶۴۱۷۵۶	۱۰/۴۱
محیط	۷۶۰۲۰۸۲۸	۷۴/۳۶
اثر متقابل ژنوتیپ در محیط	۱۵۵۳۳۶۰۸	۱۵/۱۹
مجموع	۱۰۲۲۲۶۱۹۲	

جدول ۵- آماره‌های محیط‌های آزمون ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس دو مولفه اصلی حاصل از تجزیه بای‌پلات

Table 5. Statistics of test environments of canola genotypes based on two first components of biplot analysis

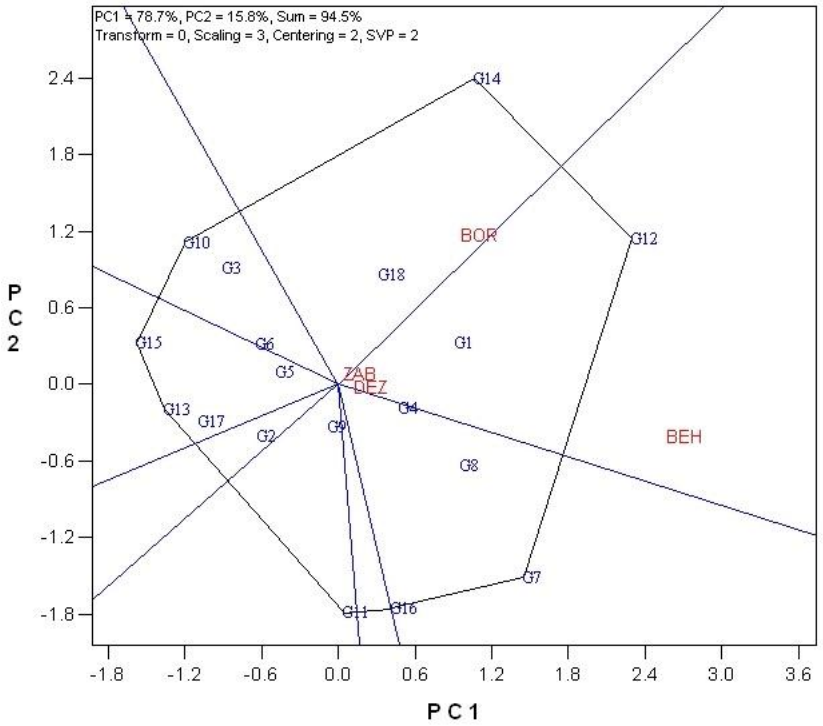
نام محیط آزمون	میانگین	خطای استاندارد	ضریب تغییرات
بهبهان	۲۵۷۴	۵۱۲/۱۴۶	۴/۱۹
برازجان	۱۴۰۰	۳۲۱/۷۸۲	۸/۴۰
دزفول	۲۴۳۸	۲۵۶/۲۸۱	۱۲/۱۷
زابل	۳۰۱۹	۲۸۵/۸۷۶	۹/۰۷

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]

ارزیابی محیط‌های آزمون نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد دانه در زابل و کمترین آن در برازجان بود. همچنین دزفول بیشترین و بهبهان کمترین ضریب تغییرات محیطی را در بین آزمون‌کننده‌ها به خود اختصاص داد. از نظر وراثت‌پذیری محیط‌های آزمون، بهبهان و برازجان بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند که حاکی از قدرت تمایز این مناطق در تفکیک ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری بود (جدول ۵).

شکل ۱ تجزیه گرافیکی بای‌پلات و نمایش الگوی کدام- برتر-کجا (which-won-where) بر اساس میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در محیط‌های آزمون مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس این بای‌پلات، ژنوتیپ G12 پایدارترین ژنوتیپ برای بهبهان و دزفول، ژنوتیپ G14 پایدارترین ژنوتیپ برای برازجان و زابل بود (شکل ۱). این نتیجه را می‌توان از رسم بای‌پلات‌های اختصاصی هر منطقه نیز استنباط کرد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). به‌عبارت‌دیگر، G12 در مناطق بهبهان و دزفول و G14 در مناطق برازجان و زابل دارای سازگاری خصوصی به آن مناطق است. همچنین ژنوتیپ G15 در منتهی‌الیه چپ بای‌پلات دارای کمترین میانگین عملکرد دانه و پایداری در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش بود. در شکل‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ محور قرمزرنگ نشان‌دهنده میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها (G) و محور آبی رنگ عمود بر آن نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) است. بدین‌ترتیب از سمت راست بای‌پلات به سمت چپ از میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها کاسته می‌شود. همچنین هر چه قدر ژنوتیپ‌ها فاصله بیشتری از محور آبی رنگ داشته باشند دارای اثر متقابل بیشتر و ناپایدارتر می‌باشند (۲۵).

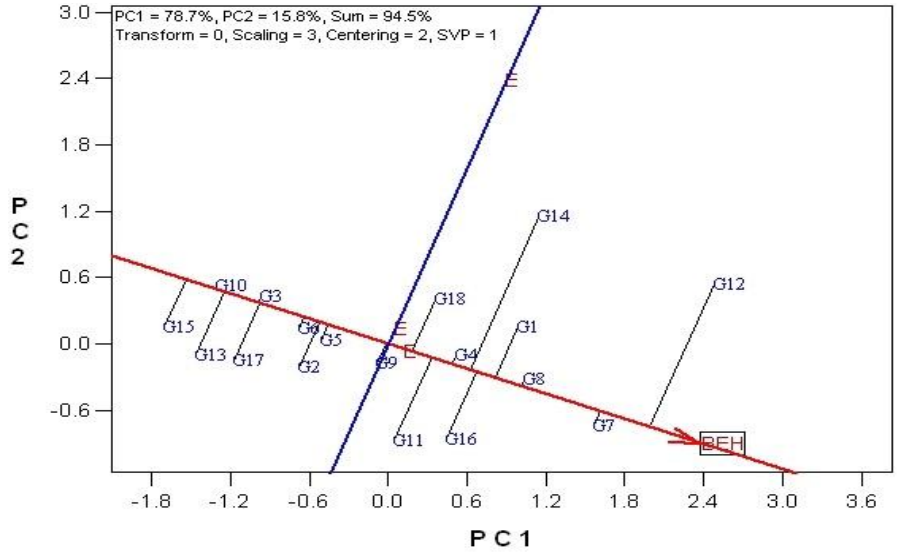


شکل ۱- تجزیه گرافیکی بای‌پلات و نمایش الگوی کدام-برتر-کجا بر اساس میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در محیط‌های آزمون مختلف

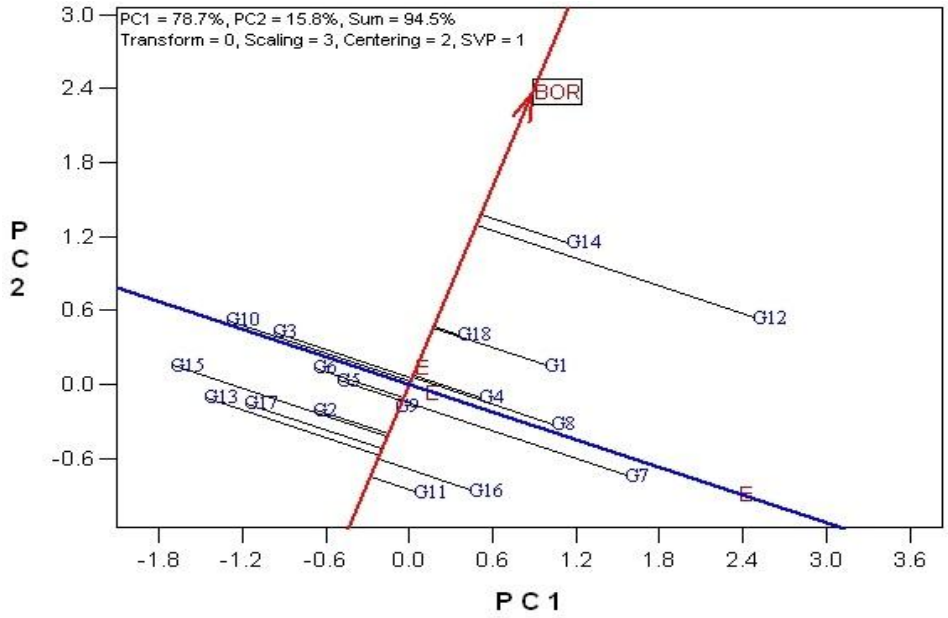
Figure 1. GGE Biplot analysis and display of which-won-where pattern based on seed yield of canola genotypes in different test environments

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]



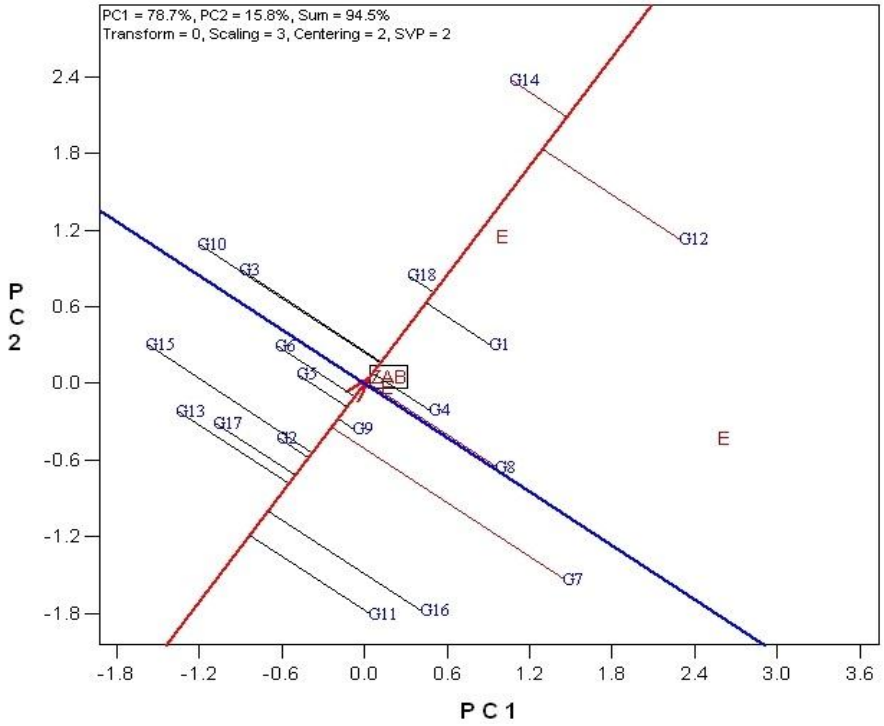
شکل ۲- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین سازگاری خصوصی آنها در مکان آزمون بهبهان
Figure 2. Ranking of all genotypes and determination of specific adaptability in the Behbahan test environment



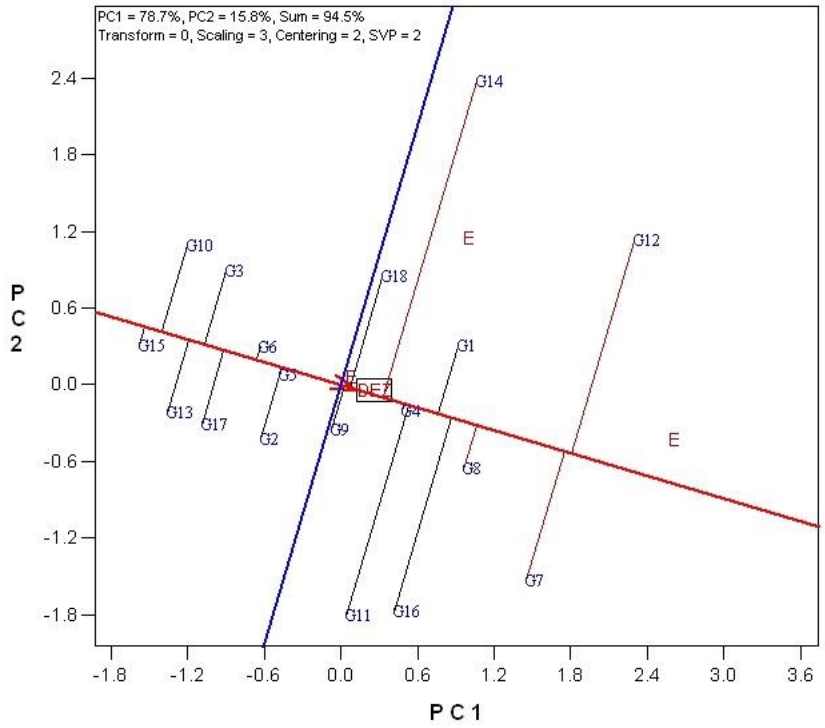
شکل ۳- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین سازگاری خصوصی آنها در مکان آزمون برازجان
Figure 3. Ranking of all genotypes and determination of specific adaptability in the Borazjan test environment

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]



شکل ۴- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین سازگاری خصوصی آنها در مکان آزمون زابل
Figure 4. Ranking of all genotypes and determination of specific adaptability in the Zabol test environment

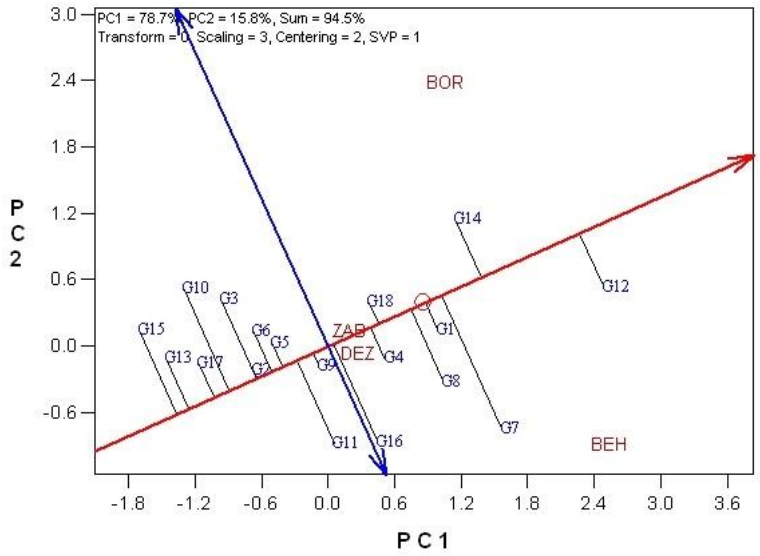


شکل ۵- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین سازگاری خصوصی آنها در مکان آزمون دزفول
Figure 5. Ranking of all genotypes and determination of specific adaptability in the Dezful test environment

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]

شکل ۶ شمای مختصات محیط متوسط را نشان می‌دهد. بر این اساس ژنوتیپ G12 پرمحصول‌ترین و پایدارترین ژنوتیپ در محیط متوسط تمامی مناطق مورد آزمایش بود. یکی از ویژگی‌های تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی، مقیاس‌بندی مبتنی بر ژنوتیپ و استفاده از واحد یکسان برای هر دو محور افقی و عمودی است که بررسی دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد. از این ویژگی برای نشان‌دادن همزمان میانگین ژنوتیپ و پایداری می‌توان بهره جست. درواقع واحد مشترک برای میانگین عملکرد و پایداری اجازه می‌دهد که دو معیار عملکرد و پایداری به‌صورت یک معیار منفرد ترکیب و تجسم شوند (۲۵). نمایش میانگین ژنوتیپ و پایداری ژنوتیپ‌ها از طریق رسم محوری که از مبداء بای‌پلات عبور کرده و از محیط متوسط (دایره قرمز رنگ کوچک روی محور) عبور می‌کند امکان‌پذیر است. تصاویر علائم ژنوتیپ‌ها بر روی این محور، برآوردی از میانگین عملکرد آنهاست (۲۵). ضریب همبستگی محاسبه شده بین این رتبه‌بندی و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها ۰/۹۸ بود که نشان‌دهنده تبیین مناسب میانگین ژنوتیپ‌ها بر روی محور محیط متوسط بود. جهت پیکان قرمز رنگ میانگین بیشتر را نمایش می‌دهد. ازطرف‌دیگر، محور عمودی آبی رنگ عمود بر محور قرمز رنگ، برآوردی از اثر متقابل و پایداری ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌سازد و فاصله بیشتر از مبداء آن (نقطه تقاطع با محور قرمز رنگ) معیاری برای تغییرپذیری و یا بی‌ثباتی ژنوتیپ‌هاست.



شکل ۶- بردار محیط متوسط (AEC) پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا به‌روش تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات در محیط‌های آزمون مختلف

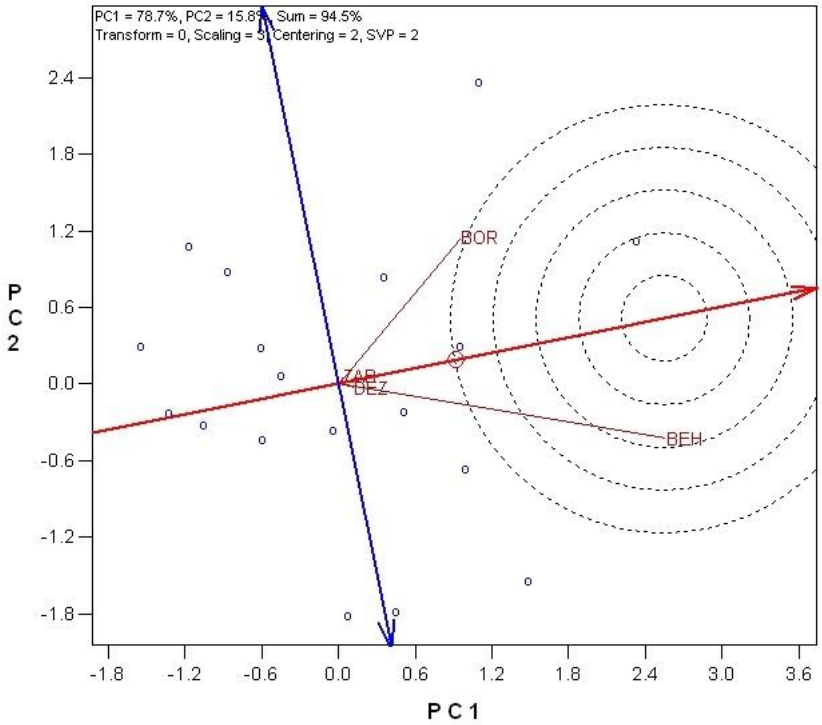
Figure 6. Average environment coordination (AEC) of seed yield stability in canola genotypes using GGE Biplot analysis in different test environments

کانگ (۸) و یان (۲۲) نتیجه گرفتند که معیار پایداری تعیین‌شده بوسیله اثر متقابل ژنوتیپ در محیط تنها زمانی مفید است که همراه با میانگین عملکرد (G) در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال در شکل ۶، G2 نسبت به G12 پایدارتر است چون فاصله کمتری از بردار محیط متوسط دارد اما به هیچ عنوان مطلوب نیست چون دارای عملکرد به‌مراتب کمتری از G12 است. آنها نتیجه گرفتند که پایداری یک مضرب بدون بعد است که رقم دارای عملکرد زیاد را بهتر نمایان می‌سازد ولی رقم با عملکرد پایین را بدتر نمایش می‌دهد. اسکریج (۴) نتیجه گرفت که پایداری از وراثت‌پذیری کمتری نسبت به میانگین عملکرد برخوردار است. بنابراین پایداری به‌همراه میانگین عملکرد مفید بوده و روش GGE بای‌پلات آن را به یک معیار تبدیل می‌کند که با روش گرافیکی قابل ارزیابی است (۲۴).

شکل ۷ بای‌پلات مقایسه محیط‌های مختلف آزمایشی با محیط آزمون ایده‌آل و نمایش بردار روابط متقابل بین آنها بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات را نمایش می‌دهد. از آن‌جایی‌که مقایسه ژنوتیپ‌ها در این بای‌پلات موردنظر نیستند با دایره کوچک نشان داده شده‌اند. بر اساس این بای‌پلات، مناطق بهبهان و برازجان نسبت به دزفول و زابل از نظر تمایز و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از قدرت نمایندگی و تفکیک بالاتری برخوردار بودند. در واقع طول بردار هر محیط آزمون، انحراف استاندارد درون هر محیط را برآورد می‌کند و بنابراین طول بیشتر نشان‌دهنده قدرت تمایز و نماینده بودن آن محیط است (۲۵).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]



شکل ۷- بای پلات مقایسه محیط‌های مختلف آزمایشی با محیط آزمون ایده‌آل و نمایش بردار روابط متقابل بین آنها بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات

Figure 7. Comparing different test environments with ideal environment and vector display of interrelationships between them based on seed yield of canola genotypes using GGE biplot analysis

جدول ۶ ضرایب همبستگی بین مناطق مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود مناطق بهبهان و برازجان همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم دارند و اطلاعات حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در آنها مشابه است.

در واقع اگر این شباهت در طی سالها تکرار شود این محیط‌ها زاید محسوب شده و یک محیط از میان آنها کافی است. بنابراین برای کاهش هزینه‌های اجرای آزمایش می‌توان یکی از این دو محیط آزمون را حذف کرد.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین محیط‌های آزمون

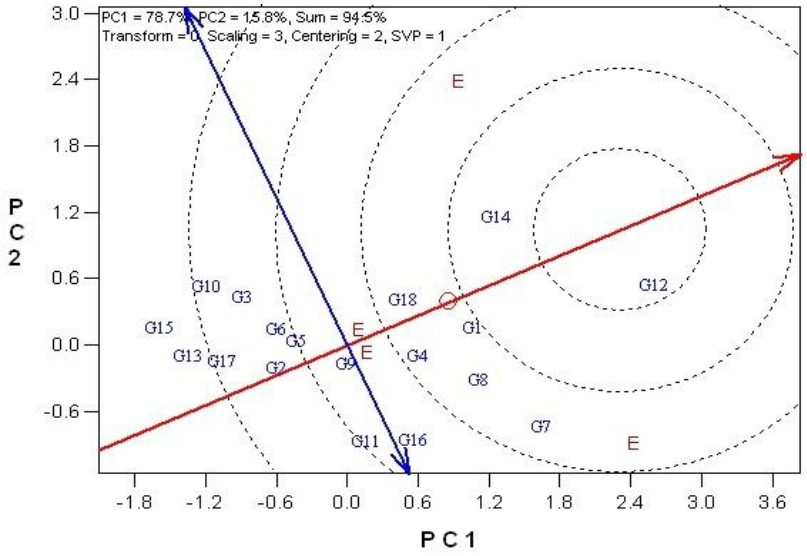
Table 6. Correlation coefficients among different test environments

	بهبهان	برازجان	دزفول	زابل
بهبهان	۱			
برازجان	۰/۵۰۷*	۱		
دزفول	۰/۲۶۸	۰/۱۱۳	۱	
زابل	۰/۰۵۳	۰/۱۱۰	۰/۲۰۳	۱

شکل ۸ بای‌پلات مقایسه کلیه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل را نشان می‌دهد. مرکز دوایر متحدالمرکز، ژنوتیپ فرضی ایده‌آل را نشان می‌دهد که دارای بالاترین عملکرد و پایدار در بین تمام ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها می باشد. البته در عمل چنین ژنوتیپی وجود خارجی ندارد اما رتبه‌بندی بقیه ژنوتیپ‌ها بر اساس این ژنوتیپ ایده‌آل مشخص می‌شود (۲۵). به‌عبارت دیگر ژنوتیپ‌هایی که در نزدیک‌ترین دایره نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل قرار دارند از میزان عملکرد و پایداری بالاتری برخوردار هستند. بر این اساس ژنوتیپ G12 به‌عنوان ژنوتیپ پایدار و دارای عملکرد بالا در میان تمام ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها مشخص شد (شکل ۸). ضریب همبستگی محاسبه شده بین میانگین ژنوتیپ‌ها و فاصله آنها بر روی بای‌پلات ۰/۹۷۷- بود که نشان‌دهنده تبیین مناسب بای‌پلات مقایسه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل است. همچنین نتایج حاصل از این بای‌پلات با نتایج حاصل از بای‌پلات محیط متوسط (شکل ۶) در یک راستا بود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

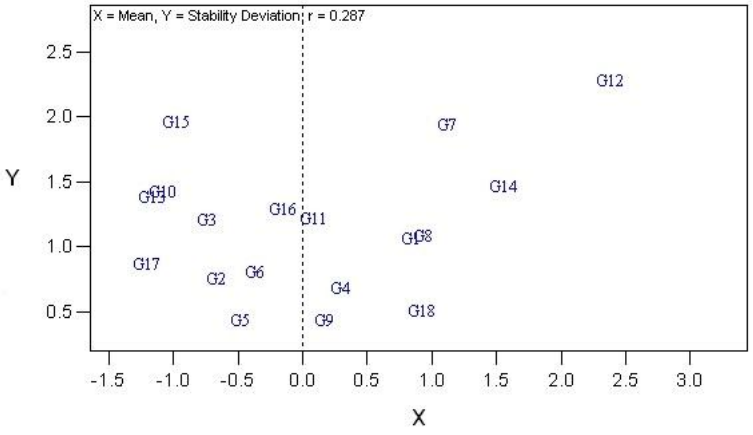
[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]



شکل ۸- رتبه‌بندی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات

Figure 7. Ranking of seed yield in canola genotypes based on ideal genotype using GGE biplot

شکل ۹ نمودار میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا (محور افقی) در مقابل انحراف از پایداری آنها (محور عمودی) را نمایش می‌دهد. بر این اساس ژنوتیپ‌های G12 و G14 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر و پایدار بودند.



شکل ۹- میانگین عملکرد و شاخص پایداری شوکلا در ژنوتیپ‌های کلزا

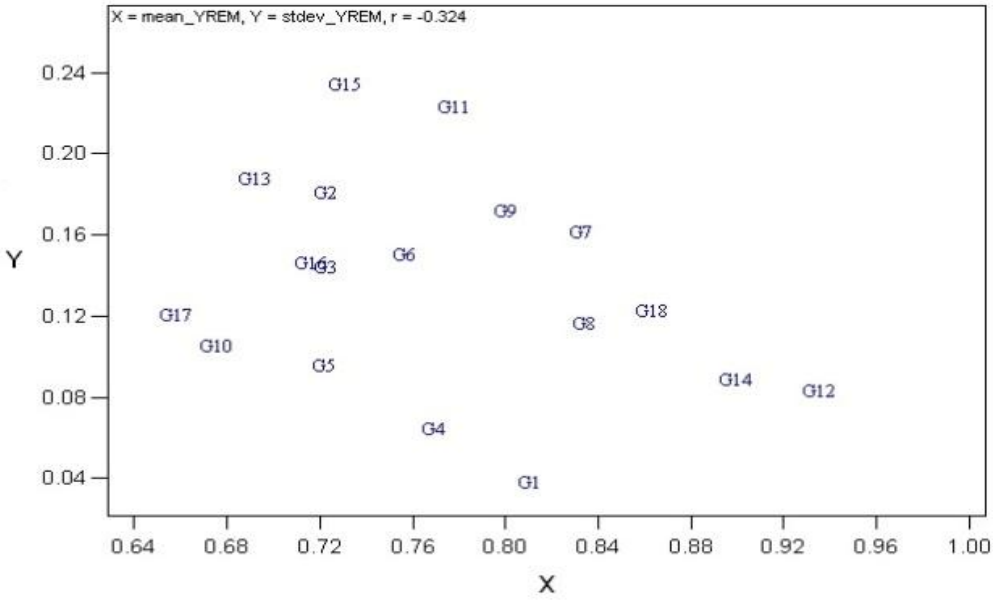
Figure 9. Mean yield and Shukla Stability Index in canola genotypes

شکل ۱۰، نمودار میانگین عملکرد نسبت به حداکثر عملکرد (YERM) و یا شاخص برتری (Superiority Index) عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا (محور افقی) را در مقابل انحراف از پایداری شاخص برتری (محور عمودی) با استفاده از نرم‌افزار GGE بای‌پلات نمایش می‌دهد. بر این اساس ژنوتیپ‌های G12، G14 و G18 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در تمامی مناطق آزمون برتر و پایدار بودند.

در واقع این معیار که اولین بار توسط یان (۲۲) پیشنهاد شده است یک نوع شاخص برتری بر مبنای (۰ و ۱) است و هرچه مقادیر آن بزرگتر باشد، ژنوتیپ موردنظر پایدارتر خواهد بود.در حقیقت این معیار یک اندازه‌گیری بصری و ساده است که مستقل از ترکیب ژنوتیپ‌های مورد آزمایش بوده که به‌عنوان یک معیار کمی برای گزینش یا حذف ژنوتیپ‌ها بر مبنای داده‌های آزمایش‌های یک‌ساله و یا چندساله به‌کار می‌رود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]



شکل ۱۰- میانگین شاخص برتری هر ژنوتیپ کلزا در تمام مناطق آزمون
Figure 10. The average of Superiority Index for each canola genotype in all test environments

گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری یکی از مهم‌ترین ملاحظات در برنامه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود (۲۵). از طرف دیگر، تجزیه GGE بای‌پلات با رابط گرافیکی کاربرپسند می‌تواند انواع مختلفی از داده‌های دو طرفه را تجزیه کرده و درک سریع و کاملی از روابط بین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثرمتقابل بین آنها فراهم آورد. در همین راستا، نتایج آزمایش صباغ‌نیا و همکاران (۱۸) نشان داد که روش تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات یک ابزار بسیار مناسب برای تجزیه و تحلیل تلاقی دیالل در کلزا در مقایسه با روش‌های مرسوم بود. مصطفوی و همکاران (۱۴) از این روش برای بررسی پایداری ده رقم کلزا در پنج منطقه کشور استفاده کردند و نتیجه گرفتند که سه ابرمحیط در ارتباط با عملکرد کلزا قابل تمایز بود. زالی و همکاران (۲۶) نیز از این روش برای تشخیص ژنوتیپ پایدار کلزا در شرایط تنش خشکی و نرمال استفاده کردند.

یکی از موضوعات مهم در بین به‌نژادگران گیاهی، درک مفهوم رابطه بین عملکرد گیاه زراعی و محیط می‌باشد. تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از مسائل مهم در به‌نژادی گیاهی است که در توسعه و گسترش ارقام جدید اصلاح‌شده نقش بسزایی دارد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در زابل و کمترین آن در برازجان بود. تجزیه گرافیکی بای‌پلات و الگوی کدام-برتر-کجا نشان داد که ژنوتیپ G12 پایدارترین ژنوتیپ برای بهبهان و دزفول، ژنوتیپ G14 پایدارترین ژنوتیپ برای برازجان و زابل بود. بر اساس مختصات محیط متوسط، ژنوتیپ G12 پرمحصول‌ترین و پایدارترین ژنوتیپ در محیط متوسط مورد آزمایش بود. همچنین بر اساس بای‌پلات مقایسه کلیه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپ G12 به‌عنوان ژنوتیپ پایدار و دارای عملکرد بالا در میان تمام ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها مشخص شد. بر اساس نمایش میانگین عملکرد و شاخص پایداری شوکلا و نیز میانگین عملکرد نسبت به حداکثر و یا شاخص برتری، ژنوتیپ‌های G12، G14 و G18 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در تمامی مناطق اقلیم گرم جنوب برتر و پایدار بوده و قابل توصیه می‌باشند.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر براساس نتایج حاصل از مشاهدات اقلیم گرم جنوب مستخرج از پروژه ملی مصوب به شماره ۹۰۱۷۲-۰۳-۰۳-۰۰ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر است. بدین وسیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به پاس تامین هزینه اجرای پروژه و نیز از همکاران تکنیسن ستادی و مراکز تحقیقاتی جناب آقایان محسن پاکدامن، حبیب مبینی راد، علی محمد رشیدی، قاسم خیاطی، یونس عادلی، محمدکشتگر خواجه‌داد تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]

منابع

1. Ahakpaz, F. and F. Ahakpaz. 2014. Grain yield stability analysis of rainfed barley varieties and lines using GGE biplot method. Agroecology Journal, 9(4): 1-12 (In Persian).
2. Amiri Oghan, H., N. Sabaghnia, V. Rameeh, H.R. Fanaee and E. Hezarjeribi. 2016. Univariatestability analysis of genotype×environment interaction of oilseed rape seed yield. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 64(5): 1625-1634.
3. Dehghani, H., A. Ebadi and A. Yousefi. 2006. Biplot analysisof genotype by environment interaction for barley yield in Iran. Agronomy Journal, 98(2): 388-393.
4. Eskridge, K.M. 1996. Analysis of multiple environment trials using the probability of outperforming a check. pp: 273-307. In: Kang, M.S. and H. Gauch (eds.) Genotype by environment interaction. CRCPress, Boca Raton, FL.
5. Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. Razi University. Kermansha, Iran.
6. Hashemi, A., G.A. Nematzadeh, M. Oladi, A. Afkhami Ghadi and A. Gholizadeh Ghara. 2019. Study of rapeseed (*Brassica napus*) promising genotypes adaptation in different regions of Mazandaran. Journal of Crop Breeding, 10(28): 119-124.
7. Hassani, M., B. Heidari, A. Dadkhodaie and P. Stevanato. 2018. Genotype by environment interaction components underlying variations in root, sugar and white sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Euphytica, 214(4): 79.
8. Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal, 85(3): 754-757.
9. Karadavut, U., C. Palta, Z. Kavurmaci and Y. Bölek. 2010. Some grain yield parameters of multi-environmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. International Journal of Agriculture and Biology, 12(2): 217-220.
10. Karimizadeh, R., M. Mohammadi, N. Sabaghni, A.A. Mahmoodi, B. Roustami, F. Seyyedi and F. Akbari. 2013. GGE biplot analysis of yield stability in multi-environment trials of lentil genotypes under rainfed condition. Notulae Scientia Biologicae, 5(2): 256.
11. Kimber, D. and D. McGregor. 1995. Brassica oilseeds: Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK.
12. Knowles, P. 1983. Genetics and Breeding of Oilseed Crops. Economic Botany, 37(4): 423-433.
13. Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amri and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. Crop and Pasture Science, 61(1): 92-101.
14. Mostafavi, K., A. Mohammadi, M. Khodarahmi, M. Zabet and M. Zare. 2013. Yield response of commercial canola cultivars to different locations using graphical GGE biplot method. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(4): 133-143 (In Persian).
15. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2019. Evaluation of durum wheat cultivars and promising lines for yield and yield stability in warm and dry areas using AMMI model and GGE biplot. Journal of Crop Breeding, 10(28): 1-12.
16. Pourdad, S.S. and M. Jamshid-Moghaddam. 2013. Study on seed yield stability of sunflower inbred lines through GGE biplot. Helia, 36(58): 19-28.
17. Röbbelen, G. 1982. Plant breeding and management-their role in modifying the availability and composition of certain vegetable oils and fats. Improvement of oil-seed industrial crops by induced mutations, 17-61 pp, IAEA, Vienna, Austeria.
18. Sabaghnia, N., H. Dehghani, B. Alizadeh and M. Moghaddam. 2011. Yield analysis of rapeseed (*Brassica napus* L.) under water-stress conditions using GGE biplot methodology. Journal of Crop Improvement, 25(1): 26-45.
19. Scapim, C.A., V.R. Oliveira, C.D. Cruz, C.A.D.B. Andrade and M.C.G. Vidigal. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. Genetics and Molecular Biology, 23(2): 387-393.
20. Seymour, M., J.A. Kirkegaard, M.B. Peoples, P.F. White and R.J. French. 2012. Break-crop benefits to wheat in Western Australia-insights from over three decades of research. Crop and Pasture Science, 63(1): 1-16.
21. Shiri, M. 2013. Grain yield stability analysis of maize (*Zea mays* L.) hybrids under different drought stress conditions using GGE biplot analysis. Crop Breeding Journal, 3(3): 107-112.
22. Yan, W. 1999. A study on the methodology of cultivar evaluation based on yield trial data-with special reference to winter wheat in Ontario. Ph.D Thesis, University of Guelph,Guelph, Ontario, Canada.
23. Yan, W. 2001. GGE biplot-a Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93(5): 1111-1118.
24. Yan, W., L. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40(3): 597-605.
25. Yan, W. and M.S. Kang. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC press. Boca, Raton, FL.
26. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo and A. Asghari. 2016. AMMI and GGE biplot analysis of yield stability and drought tolerance in*Brassica napus* L. Agricultural Communications, 4(1): 1-8.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]

Investigation of Stability of Seed Yield in Promising Lines of Spring Oilseed Rape in Southern warm Regions of Iran

Hassan AmiriOghan[1], Hossein Zeinalzadeh-Tabrizi[2], Hamid Reza Fanaei[3], Narjes Khatoon Kazerani[4], Gholamreza Ghodrati[5], Amirkhosro Danaie[6] and Mohammad Bagher Valipuor[7]

1- Department of Oil Crops, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author: amirioghan2014@gmail.com)
2- Crops and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil (Moghan), Iran
3- Crops and Horticultural Science Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zabol, Iran
4- Crops and Horticultural Science Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Borazjan, Iran.
5- Crops and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran
6- Crops and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Behbahan, Iran
7- Department of Oil Crops, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: November 26, 2018 Accepted: August 6, 2019

Abstract

Investigation of Compatibility and stability assessment of plant cultivars under various environments are of particular interests in crop breeding programs. In this study, stability of 17 spring oilseed rape promising lines was evaluated using GGE biplot analysis. The experiments were carried out in warm southern regions (four locations) of Iran in a randomized complete block design with three replications and in two growing seasons. The results of GGE biplot analysis indicated G12 is the most stable genotype in two locations where the G14 is stable in other two locations. However, according to average tester coordinate criteria G12 is the most stable genotype across average test environment representing the highest yielding genotype among all investigated genotypes and environments. Based on the mean yield and Shukla Stability Index, as well as Superiority Index, G12, G14 and G18 genotypes are recommended for all warm regions of the country.

Keywords: Adaptability, GGE biplot, Ideal genotype, Shukla's stability index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.42]