"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2

ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش بهاره کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش GGE بای‌پلات

Assessment of seed yield stability of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) promising lines using GGE-biplot analysis

حسن امیری اوغان[۱]، ولی‌اله رامئه[۲]، ابوالفضل فرجی[۳]، عبدالحسین عسگری[۴] و حمیدرضا فنایی[۵]

چکیده

امیری اوغان، ح.، و. رامئه، ا. فرجی، ع. عسگری و ح. ر. فنایی. ۱۴۰۰. ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش بهاره کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش GGE بای‌پلات. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۱): ۱۲۶-۱۱۳.**

برهمکنش ژنوتیپ در محیط یکی از مسائل پیچیده در برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی برای تولید ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار است. به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه و سازگاری کلزا در چهار مکان از اقلیم گرم جنوب (زابل و حاجی‌آباد استان هرمزگان) و گرم شمال ایران (گرگان و ساری)، نه لاین آزاد گرده‌افشان کلزای بهاره همراه با هفت رقم دیگر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی (۹۸-۱۳۹۶) کشت و مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج مربوط به میانگین عملکرد دوساله در چهار مکان نشان داد که ژنوتیپ‌های G9 (SRL-95-16) و G12 (OG-AL) به‌ترتیب با میانگین ۳۴۱۲ و ۲۵۰۷ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه بودند. عملکرد دانه در مکان‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشت. بر اساس نمودار چندضلعی از مدل GGE بای‌پلات، مکان‌های مورد بررسی در ابرمحیط ۲ یا نزدیک به آن قرار داشته و دو ژنوتیپ G2 (SRL-95-7) و G9 (SRL-95-16) برترین ژنوتیپ‌ها در این ابرمحیط بودند. ارزیابی مختصات آزمونگر متوسط نشان داد که ژنوتیپ‌های G2 و G9 برتر از ژنوتیپ‌های شاهد از جمله ژنوتیپ G11 (دلگان با رتبه سوم) بوده و از هر دو جنبه پایداری و عملکرد، برترین ژنوتیپ‌ها بودند. این دو ژنوتیپ کمترین فاصله را از ژنوتیپ آرمانی فرضی در قیاس با سایر لاین‌ها و ارقام شاهد داشتند. بر اساس نتایج این تحقیق، با در نظر گرفتن میزان و پایداری عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های G9 و G2 برای اقلیم گرم جنوب و گرم شمال ایران مناسب شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: ابرمحیط، پایداری عملکرد، سازگاری عمومی و خصوصی، لاین‌های کلزای بهاره.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰ این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۹۶۱۶۷۳-۳۲۷-۰۳-۰۳- مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد.

۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و نهال بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه‌کننده)
(پست الکترونیک: amirioghan2014@gmail.com)
۲- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
۳- استاد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۴- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
۵- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و نهال بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

مقدمه

گیاهان جنس *Brassica* از بیش از هزاران سال پیش برای تهیه روغن مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wu *et al.*, 2018). براساس گزارش سازمان خواربار جهانی، کلزا (*Brassica napus* L.; 2n=38) در رتبه دوم دانه‌های روغنی روغنی بعد از سویا بوده و سطح زیر کشت جهانی آن حدود ۳۷۵۷۰۰۰۰ هکتار است (FAO, 2018). بر اساس گزارش فائو، ایران در رتبه بیست و هفتم سطح زیر کشت کلزا در جهان است (FAO, 2018). زراعت کلزا در ایران، به‌ویژه در مناطق گرم، با مشکل تنش‌های محیطی از جمله خشکی و دمای بالای هوا مواجه است. کلزا به مناطق با بارندگی زیاد سازگاری داشته و عملکرد آن به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرد (Nasab *et al.*, 2014). تغییرات اقلیمی باعث افزایش شدت تنش‌های محیطی از جمله گرما و خشکی شده و باعث کاهش تولید کلزا می‌شوند، بنابراین شناسایی ارقام سازگار، به‌ویژه سازگار به گرمای بالا، از برنامه‌های اصلی در به‌نژادی کلزا محسوب می‌شود.

گیاهان زراعی در محیط‌های مختلف عملکردهای بسیار متفاوتی دارند که به‌عنوان برهمکنش ژنوتیپ در محیط شناخته می‌شود. بر این اساس پیش معرفی لاین‌های امیدبخش، لازم است برهمکنش آنها با محیط ارزیابی شود. هدف از این ارزیابی شناسایی ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد مناسب با پایداری بالا (نوسانات کمتر) در محیط‌های مختلف داشته باشند (Agahi *et al.*, 2020). عملکرد هر ژنوتیپ از اثرات محیطی، ژنوتیپی و برهمکنش ژنوتیپ در محیط تاثیر می‌پذیرد (Yan *et al.*, 2007). در میان این موارد، اثرات ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط برای ارزیابی لاین‌های جدید ضروری هستند. برهمکنش ژنوتیپ در محیط باعث ضعیف شدن رابطه بین ژنوتیپ و محیط شده و در نتیجه از کارایی انتخاب کاسته می‌شود، به‌طوری که هر چه مقدار برهمکنش ژنوتیپ در محیط بیشتر باشد، همبستگی بین ژنوتیپ و محیط‌ها کمتر شده و در نتیجه کارایی انتخاب به‌شدت کاهش می‌یابد (Getahun, 2017). برهمکنش ژنوتیپ در محیط یکی از موضوعات پیچیده در برنامه‌های اصلاح گیاهان برای تولید ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار است. اطلاعات حاصل از برهمکنش ژنوتیپ در محیط کمک می‌کند تا ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار با دقت بیشتری ارزیابی و انتخاب شوند (Roy, 2000). برهمکنش ژنوتیپ در محیط را نمی‌توان به‌طور مستقل و از طریق ژنوتیپ یا محیط توضیح داد، به همین علت چندین روش آماری شامل انواع روش‌های پارامتری و ناپارامتری برای تفسیر برهمکنش ژنوتیپ در محیط معرفی شده‌اند (Yan *et al.*, 2007). در بین روش‌های پارامتری، روش GGE بای‌پلات (Yan *et al.*, 2000) به‌طور گسترده‌ای برای تعیین سازگاری و پایداری لاین‌ها استفاده می‌شود. در این مدل به روش گرافیکی به اکثر سوالات برهمکنش ژنوتیپ در محیط پاسخ داده می‌شود. در این مدل همزمان اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط ارزیابی می‌شود (; Yan and Kang, 2002Yan *et al.*, 2000). در این روش با ارائه نمودار چندضلعی (Which-Won-Where) و تعیین ابرمحیط‌ها، بهترین ژنوتیپ‌ها برای هر ابرمحیط انتخاب می‌شوند (Yan and Kang, 2002). از این روش برای انتخاب لاین‌های برتر در محیط‌های مختلف برای گیاهانی از جمله گندم (Singh *et al.*, 2019) وکلزا (; ; Mostafavi *et al.*, 2013(Amiri Oghan *et al.*, 2019 Zali *et al.*, 2016(بطور گسترده‌ای استفاده شده است.

هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش جدید کلزای بهاره در اقلیم‌های گرم جنوب و گرم شمال با استفاده از مدل GGE بای‌پلات برای شناسایی برهمکنش ژنوتیپ در محیط، توصیف ابرمحیط‌ها و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بوده است.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد نه لاین بهاره کلزا اصلاح شده در ایران همراه با پنج رقم آزاد گرده‌افشان و دو رقم هیبرید (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در چهار ایستگاه تحقیقات کشاورزی مناطق گرم جنوب (زابل و حاجی‌آباد استان هرمزگان) و گرم شمال کشور (گرگان و ساری) به‌مدت دو سال زراعی (۹۸-۱۳۹۶) کشت شدند (جدول ۲). زمین در پاییز سال قبل زمین شخم زده شد و براساس نتایج آزمون خاک، میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) در سه مرحله (۳۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله سه برگی، ۸۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله ساقه‌دهی و ۴۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله غنچه‌دهی کامل)، ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع فسفات آمونیوم) به‌صورت پایه، ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) به‌صورت پایه و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم در مرحله غنچه‌دهی کامل به خاک داده شد. وجین علف‌های هرز بر اساس شرایط هر منطقه سه تا چهار بار به‌صورت دستی و آبیاری در مناطق گرم جنوب بر حسب نیاز (۵ تا ۷ بار) انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف پنج متری به فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. میزان بذر مصرفی شش کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شده و کشت بر اساس دستورالعمل در تاریخ‌های مناسب مناطق گرم کشور انجام شد. از سموم سیستمیک دیماکارون (نیم لیتر در هکتار) و اکاتین (یک لیتر در هکتار) برای کنترل شته مومی کلم استفاده شد. در زمان رسیدن فیزیولوژیکی، برداشت محصول هر ژنوتیپ برای محاسبه عملکرد دانه از دو ردیف میانی با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف انجام شد. تجزیه مرکب داده‌ها براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.4) انجام شد (SAS, 2017). برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول پایدار از نرم‌افزار GGEbiplot (Yan and Kang, 2002) استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های کلزای مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Description of oilseed rape genotypes used in the experiment

نمایه Code	ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	نوع Type		منشأ Origin	
G1	SRL-95-2	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G2	SRL-95-7	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G3	SRL-95-8	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G4	SRL-95-9	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G5	SRL-95-11	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G6	SRL-95-12	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G7	SRL-95-13	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G8	SRL-95-15	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G9	SRL-95-16	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G10	Zafar	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G11	Dalgan (Check)	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G12	OG-AL	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G13	RGS003 (Check)	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Germany	آلمان
G16	SRL-95-25	Open pollinated	آزاد گرده افشان	Iran	ایران
G14	Hyola 401	Hybrid	هیبرید	Canada	کانادا
G15	Hyola 50	Hybrid	هیبرید	Canada	کانادا

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی مکان‌های اجرای آزمایش

Table 2. Geographical coordinates of the experiment locations

Location	مکان	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	بارندگی Rainfall (mm)
Gorgan	گرگان	5.5	54.20	36.55	400-500
Sari	ساری	29	53.10	36.41	650
Zabol	زابل	489	61.32	31.5	7
Hajiabad	حاجی‌آباد	870	28.19	55.55	227

نتایج و بحث

نتایج مربوط به میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های کلزای مورد بررسی در چهار مکان، مقادیر عملکرد دانه از ۱۹۲۱ کیلوگرم در هکتار برای ژنوتیپ G12 (OG-AL) در زابل تا ۳۸۷۸ کیلوگرم در هکتار در حاجی‌آباد را برای ژنوتیپ G14 (Hyola 401) نشان داد. بیشترین و کمترین میانگین دوساله عملکرد در چهار مکان مورد بررسی به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های G9 (SRL-95-16) و G12 (OG-AL) با میانگین ۳۴۱۲ و ۲۵۰۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تفاوت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در چهار مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر محیط دلالت بر تفاوت شرایط محیطی در مکان‌ها و سال‌های اجرای آزمایش است. برهمکنش ژنوتیپ در محیط نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ در محیط نشان دهنده پاسخ متفاوت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا نسبت به شرایط آب و هوایی سال‌های آزمایش و همچنین مکان‌های آزمایش است (Ghazvini, 2019)، بنابراین می‌توان از تجزیه پایداری برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کرد. با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ در محیط، هشت محیط (چهار محیط در دو سال) مورد بررسی قرار گرفتند. پورداد و جمشیدمقدم (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2014) نیز برای ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط ژنوتیپ‌های کلزا در سال‌های آزمایش هر محیط را به‌عنوان یک محیط مستقل در نظر گرفتند. بررسی سهم هر کدام از عواملی محیطی، ژنوتیپی و برهمکنش آنها از کل مجموع مربعات نشان داد که ۳۱/۱۳ درصد از تغییرات برای اثر اصلی محیط، ۱۷/۶۰ درصد برای اثر اصلی ژنوتیپ و ۵۱/۲۷ درصد برای اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بود.

با استفاده از نمودار چند ضلعی GGEبای‌پلات می‌توان به ماهیت اثر ژنوتیپ در محیط بر روی صفت مورد نظر پی‌برد. این روش در موارد متعددی توسط محققان برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در کلزا استفاده شده است (Amiri Oghan *et al.*, 2019; Javidfar *et al.*, 2010; Zali *et al.*, 2016). از کاربردهای مهم GGEبای‌پلات شناسایی ژنوتیپ‌های برتر برای یک محیط اختصاصی است (Yan and Kang, 2002). براساس نمودار GGEبای‌پلات، دو مولفه اول ۶۶/۵۶ درصد از تغییرات را توجیه کردند. درصد تغییرات توجیه‌شده توسط دو مولفه اول، نشان‌دهنده پیچیدگی برهمکنش ژنوتیپ در محیط است و در چنین شرایطی استفاده از روش‌های چند متغیره بر مبنای دو مولفه اول به‌منظور بررسی برهمکنش ژنوتیپ در محیط کارآمد خواهد بود (Yan *et al.*, 2007). یان و کانگ (Yan and Kang, 2002) گزارش کردند که روش GGE بای‌پلات در صورتی برای ارزیابی محیط‌های کلان مفید و کاربردی است که دو مولفه اول در مجموع بیش از ۶۰ درصد تغییرات را توجیه کنند. در این تحقیق، مولفه اول و دوم از GGE بای‌پلات،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌های کلزا در چهار مکان

Table 3. Mean of seed yield (kg.ha^{-1}) of oilseed rape genotypes in four locations

ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	ساری (۹۷-۱۳۹۶) Sari 2017-18	گرگان (۹۷-۱۳۹۶) Gorgan 2017-18	زابل (۹۷-۱۳۹۶) Zabol 2017-18	حاجی‌آباد (۹۷-۱۳۹۶) Hajiabad 2017-18	ساری (۹۸-۱۳۹۷) Sari 2018-19	گرگان (۹۸-۱۳۹۷) Gorgan 2018-19	زابل (۹۸-۱۳۹۷) Zabol 2018-19	حاجی‌آباد (۹۸-۱۳۹۷) Hajiabad 2018-19	میانگین Mean
G1	3431	2664	2842	2953	2837	2852	2846	2858	2910
G2	2967	3015	3291	3420	2649	3014	3303	3493	3144
G3	3318	2659	3161	3270	2994	2858	2344	3215	2977
G4	2664	3063	3217	3397	2447	3105	2885	3067	2981
G5	3524	2488	3638	2993	2967	2484	2962	2948	3001
G6	2824	3095	3659	3442	2369	2439	2532	3523	2985
G7	2984	2438	3148	3485	2732	3006	2393	3677	2983
G8	3121	2495	3394	3345	2744	2865	2437	3085	2936
G9	3314	2891	3688	3537	3120	3349	3728	3668	3412
G10	2768	2892	2360	3403	2927	3167	2787	3295	2950
G11	3010	2545	2989	3557	2731	2552	2903	3722	3001
G12	3270	2757	1921	2472	2832	2281	2085	2435	2507
G13	2914	2825	2911	3103	2542	2266	2902	3112	2822
G14	2621	3170	2703	3657	2839	3156	1972	3878	2999
G15	3031	3061	2960	3542	3020	2523	2198	3758	3011
G16	3477	3162	2975	3120	2809	2766	2289	3142	2967
LSD 5%	498.29	422.40	577.01	417.75	340.17	397.03	531.06	356.00	
LSD 1%	671.06	568.86	777.07	562.59	458.11	534.69	715.19	479.43	

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

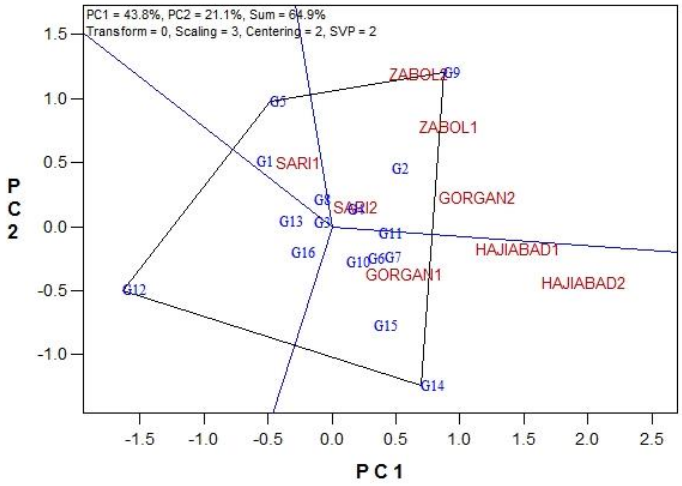
به‌ترتیب ۴۱/۰۵ و ۲۵/۵۱ درصد از تغییرات را توجیه کردند، بنابراین با توجه به درصد بالای تغییرات توجیه‌شده توسط دو مولفه اول، نتایج به دست آمده می‌تواند مبنای قضاوت برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار باشد و بر این اساس گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها روی مقادیر این مولفه‌ها انجام شد. بر اساس نتایج یک آزمایش جهت ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امید بخش کلزای بهاره در مناطق گرم جنوب ایران، ۹۴/۵ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه توسط دو مولفه اول GGE بای‌پلات توجیه شد (Amiri Oghan *et al.*, 2019). نتایج سایر تحقیقات در باره پایداری ژنوتیپ‌های کلزا با استفاده از GGE بای-پلات نشان داد که میزان واریانس توجیه شده بین ۷۵ تا ۹۴ درصد مشاهده شده بوده است (Mostafavi *et al.*, 2013; Sabaghnia *et al.*, 2011; Zali *et al.*, 2016).

در این تحقیق، برای شناسایی ابرمحیط‌ها و ژنوتیپ‌های برتر از نمودار چندضلعی GGE بای‌پلات و نمودار چندضلعی استفاده شد (شکل ۱). در نمودار چند ضلعی GGE بای‌پلات ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدا دارند یا ژنوتیپ‌هایی که در راس اضلاع قرار دارند، به یکدیگر متصل و یک چندوجهی ایجاد می‌شود. سپس از مبدا مختصات خطی عمود بر اضلاع چندوجهی حاصل رسم و از این طریق ابرمحیط‌ها تعیین می‌شوند (Yan *et al.*, 2007). GGE بای‌پلات چند ضلعی برترین و بدترین ژنوتیپ‌ها را برای هر ابرمحیط نشان می‌دهد (Miah *et al.*, 2015). در این تحقیق، براساس نمودار چندضلعی، ژنوتیپ‌های G5، G9، G12 (لاین OG-AL) و G14 (رقم هایولا ۴۰۱) در راس اضلاع قرار گرفتند و چندضلعی این ژنوتیپ‌ها را به هم متصل کرده و خطوطی که از مبدا مختصات عمود بر اضلاع رسم شدند، تشکیل سه ابرمحیط را دادند. بررسی نمودار چندضلعی نشان داد که به‌ترتیب ژنوتیپ‌های G5 و G1 در ابر محیط ۱ شامل ساری۱ بهترین عکس‌العمل را داشتند (شکل ۱). بررسی رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین سازگاری خصوصی نیز تایید‌کننده برتری این دو ژنوتیپ در مکان ساری ۱ بود (شکل ۴). ژنوتیپ G9 و G2 بهترین پاسخ را در ابرمحیط ۲؛ شامل مکان‌های زابل۱، ۲، گرگان۲ و ساری۲ داشت (شکل ۱). ابرمحیط ۲ تقریباً تمام مکان‌های مورد بررسی از اقلیم گرم شمال و جنوب کشور، به استثنای حاجی‌آباد را به خود اختصاص داد که نشان‌دهنده اهمیت تعیین‌کنندگی این ابرمحیط نسبت به سایر ابرمحیط‌هاست و ژنوتیپ‌های برتر این ابرمحیط که شامل G9 و G2 هستند، از سازگاری عمومی بهتری در شمال و جنوب کشور نسبت به سایر محیط‌ها برخوردار هستند. مکان‌های حاجی‌آباد ۱ و ۲ نیز اگرچه درون ابرمحیط ۲ نبودند، اما در نزدیکی مرز این ابرمحیط قرار داشتند. برتری دو ژنوتیپ G9 و G2 براساس رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و سازگاری خصوصی در مکان‌های گرگان۲، زابل۱ و۲ و ساری۲ نیز تایید‌کننده این نتیجه بود (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). ژنوتیپ‌های G14 (رقم هایولا ۴۰۱) و G15 (رقم هایولا ۵۰) در ابرمحیط ۳ شامل حاجی‌آباد ۱، ۲ و گرگان۱ به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (شکل ۱). ارزیابی رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های کلزا و تعیین سازگاری خصوصی در مکان‌های گرگان ۱ و حاجی‌آباد ۱و۲ نیز تایید‌کننده این نتایج بودند (شکل‌های ۲ و ۵). مکان گرگان ۱ در ابرمحیط ۳ در کنار محیط‌های گرم و مرطوب جنوب کشور قرار گرفت که نشان می‌دهد در سال اول آزمایش در گرگان احتمالاً میکروکلیمایی شبیه جنوب کشور برقرار بوده است، بنابراین می‌توان ابرمحیط۳ را به اقلیم گرم جنوب کشور اختصاص داد و ژنوتیپ‌های G14 و G15 به‌صورت اختصاصی برای این اقلیم مناسب تشخیص داده شدند. نتایج تجزیه GGEبای‌پلات نشان داد که این ژنوتیپ‌ها از سازگاری و عملکرد مطلوبی در سایر محیط‌های گرم و جنوب کشور برخوردار نبودند. ژنوتیپ G11 (رقم دلگان) در مرز بین دو ابرمحیط ۲ و ۳ قرار گرفت که نشان‌دهنده سازگاری مناسب رقم شاهد در اغلب محیط‌های مورد بررسی است. ژنوتیپ‌های G12 (لاین OG-AL)، G16

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

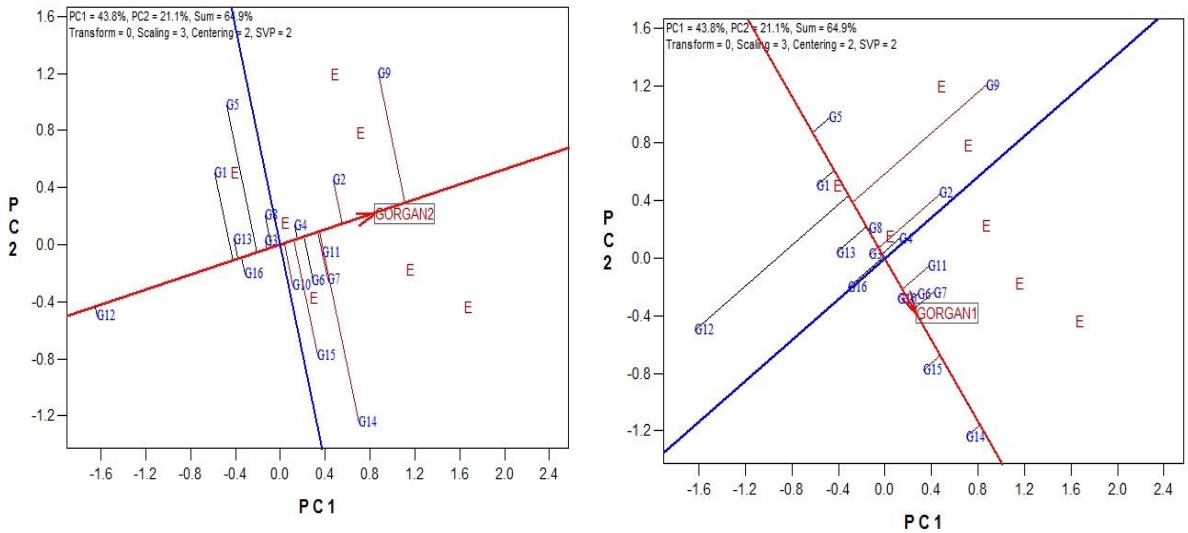
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

(لاین SRL-95-25)، G13 (رقم RGS003) در کنار ژنوتیپ G3 دورتر از سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند و به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در قیاس با سایر ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. بر این اساس ژنوتیپ G12 دورترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ شناخته شد.



شکل ۱- شناسایی ژنوتیپ‌های برتر کلزا در ابرمحیط‌های مورد ارزیابی با استفاده از نمودار چندضلعی به روش تجزیه گرافیکی GGE بای پلات

Fig. 1. Identification of superior oilseed rape genotypes in mega-environments using which-won-where graph based on GGE-Biplot graphical analysis



شکل ۲- رتبه‌بندی و سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌های کلزا در مکان گرگان

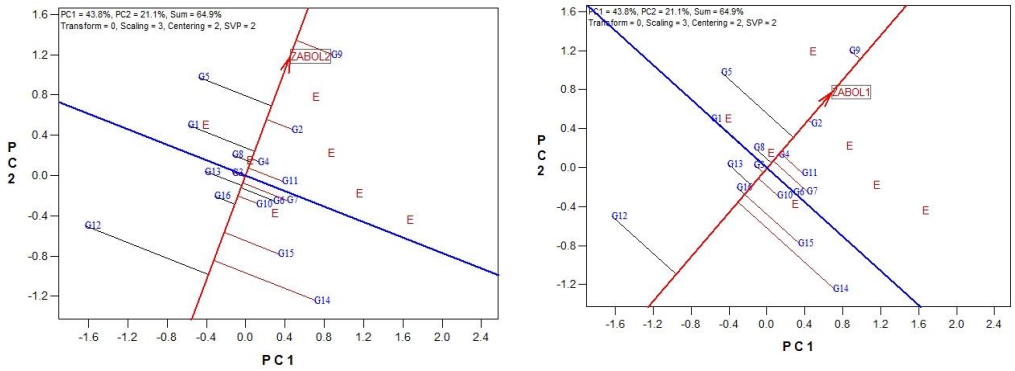
راست: ۹۷-۱۳۹۶ و چپ: ۹۸-۱۳۹۷

Fig. 2. Ranking and of specific adaptability of oilseed rape genotypes in Gorgan

Right: 2017-18 and left: 2018-19

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

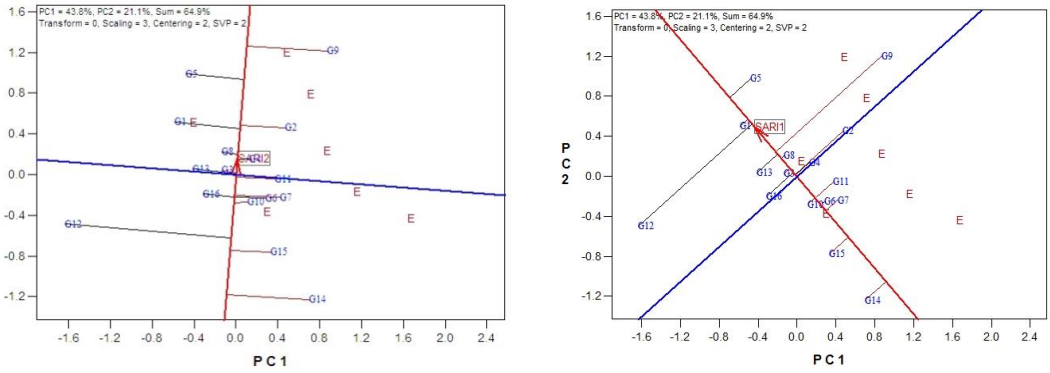


شکل ۳- رتبه‌بندی و سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌های کلزا در مکان زابل

راست: ۹۷-۱۳۹۶ و چپ: ۹۸-۱۳۹۷

Fig. 3. Ranking and of specific adaptability of oilseed rape genotypes in Zabol

Right: 2017-18 and left: 2018-19

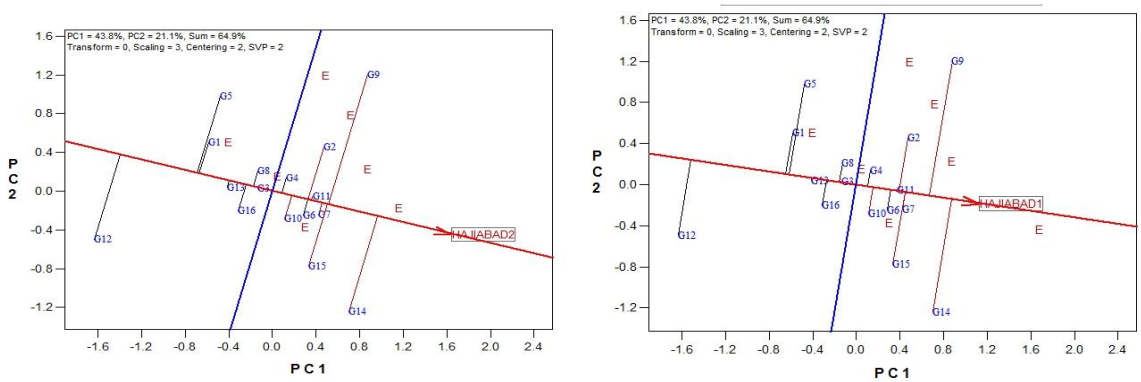


شکل ۴- رتبه‌بندی و سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌های کلزا در مکان ساری

راست: ۹۷-۱۳۹۶ و چپ: ۹۸-۱۳۹۷

Fig. 4. Ranking and of specific adaptability of oilseed rape genotypes in Sari

Right: 2017-18 and left: 2018-19



شکل ۵- رتبه‌بندی و سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌های کلزا در مکان حاجی‌آباد

راست: ۹۷-۱۳۹۶ و چپ: ۹۸-۱۳۹۷

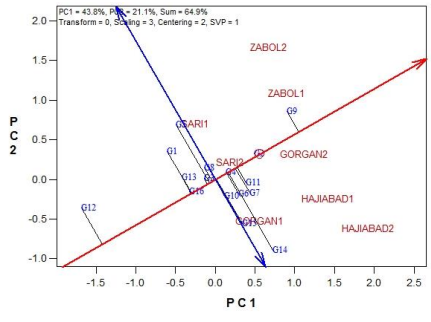
Fig. 5. Ranking and of specific adaptability of oilseed rape genotypes in Hajiabad

Right: 2017-18 and left: 2018-19

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر لازم است که به دو مقوله میزان عملکرد و پایداری آن توجه شود (Yan and Kang, 2002). با استفاده از نمودار بای‌پلات مختصات آزمونگر متوسط (Average Tester Coordinate) امکان ارزیابی توام پایداری و عملکرد در بای پلات وجود دارد (Yan *et al.*, 2000; Yan, 2001). این روش از جمله روش‌های مفید تجزیه پایداری است که اطلاعات مفیدی را از نحوه تظاهر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی ارائه می‌دهد (Javidfar *et al.*, 2010). در این تحقیق با استفاده از این روش، ارزیابی هر دو مقوله میزان عملکرد و پایداری آن در GGE بای‌پلات انجام شد (شکل ۶). محور افقی مختصات آزمونگر متوسط از مبداء مختصات و محیط میانگین عبور می‌کند و پیکان جهت مثبت محور افقی مختصات آزمونگر متوسط را نشان می‌دهد. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها از طریق فاصله (Projection) آنها بر محور افقی مختصات آزمونگر متوسط تخمین زده می‌شود. علاوه براین، محور عمودی مختصات آزمونگر نشان‌دهنده میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها بوده و بر این اساس ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست محور عمودی قرار می‌گیرند دارای عملکرد بالاتر از میانگین و ژنوتیپ‌هایی که در سمت چپ محور قرار می‌گیرند دارای عملکرد پایین‌تر از میانگین هستند، بنابراین ژنوتیپ‌های G9 و G2 بالاترین عملکرد و در مقابل ژنوتیپ G12 (لاین OG-AL) کمترین عملکرد را داشتند. ژنوتیپG11 (رقم دلگان) نیز بالاترین عملکرد را بعد از دو ژنوتیپ برتر این روش داشت. با توجه به اینکه پایداری هر ژنوتیپ با فاصله آن ژنوتیپ روی محور عمودی مختصات آزمونگر متوسط نشان داده شده و هر چه طول این فاصله کوتاه‌تر باشد (ژنوتیپ به محور افقی مختصات آزمونگر متوسط نزدیک‌تر باشد)، ژنوتیپ پایدارتر است، بر این اساس ژنوتیپ‌های G2، G4، G11 (رقم دلگان) و G9 به‌ترتیب پایدارترین ژنوتیپ‌ها با میانگین عملکرد بیشتر از متوسط در این روش شناخته شدند، اگرچه از نظر عملکرد ژنوتیپ G4 مطلوب نبود. در انتخاب ژنوتیپ برتر تنها پایداری عملکرد مورد نظر نیست و باید هر دو مقوله میزان عملکرد و پایداری آن را در نظر گرفت (Yan and Kang, 2002; Javidfar *et al.*, 2010)، زیرا در این حالت ممکن است ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و با پایداری نسبتاً مناسب که باعث افزایش تولید در یک محیط خاص خواهند شد، نادیده گرفته شوند، بنابراین کارایی عملکرد، هر دو مفهوم میانگین عملکرد و پایداری را در بر دارد. با این ملاحظات، ژنوتیپ‌های G9 و G2 با دارا بودن عملکرد بالا و پایداری عملکرد می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب در نظر گرفته شوند (شکل ۶).



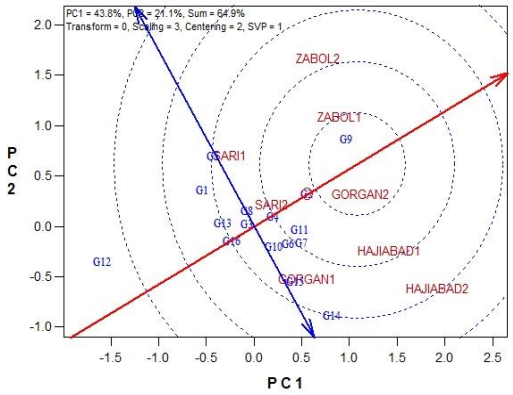
شکل ۶- بای‌پلات مختصات آزمونگر متوسط برای ارزیابی میزان عملکرد و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا به روش تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات در چهار مکان

Fig. 6. Average Tester coordination (ATC) bi-plot for evaluation of yield and yield stability oilseed rape genotypes using GGE-Biplot graphical analysis (four locations)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

برای تعیین فاصله ژنوتیپ‌ها از ژنوتیپ آرمانی فرضی (مرکز دوایر متحدالمرکز) از نمودار ژنوتیپ آرمانی استفاده شد (شکل ۷). اگرچه در عمل چنین ژنوتیپی وجود ندارد، اما می‌توان از آن به‌عنوان یک مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده کرد. بر اساس گزارش یان و همکاران (Yan *et al.*, 2000) و یان و کانگ (Yan and Kang, 2002)، ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپ آرمانی فرضی در نظر گرفته می‌شود که رتبه IPC1 آن بالا (قابلیت تولید عملکرد بالا در تمام محیط‌ها) و رتبه IPC2 آن کوچک یا صفر (پایداری عملکرد بالا در تمام محیط‌ها) باشد. بر این اساس نمودار ژنوتیپ آرمانی فرضی براساس پایدارترین ژنوتیپ و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ تعریف می‌شود و ژنوتیپی که نزدیک‌ترین فاصله را از این ژنوتیپ فرضی داشته باشد به‌عنوان ژنوتیپ برتر محسوب می‌شود (Yan and Kang, 2002). بر اساس شکل ۷، ژنوتیپ G9 و بعد از آن G2 کمترین فاصله را از ژنوتیپ آرمانی فرضی داشته و دارای میانگین و پایداری عملکرد بالایی هستند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته می‌شوند. ژنوتیپ G12 (لاین OG-AL) بیشترین فاصله را از ژنوتیپ آرمانی فرضی داشته و به‌عنوان ژنوتیپ نامطلوب محسوب می‌شود.



شکل ۷- رتبه‌بندی و مقایسه ژنوتیپ‌های کلزا با ژنوتیپ آرمانی براساس خصوصیات میزان عملکرد و پایداری عملکرد با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE بای پلات

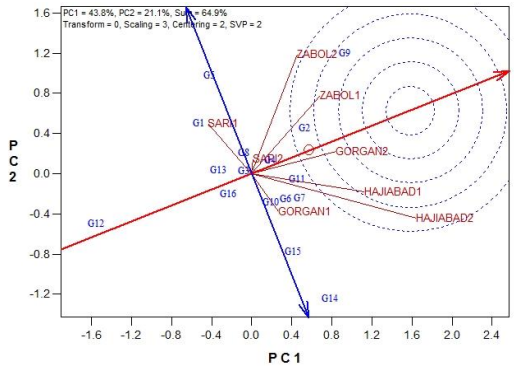
Fig. 7. Ranking and comparison of oilseed rape genotypes with ideal genotype based on yield and yield stability using GGE-Biplot graphical analysis

همانند ژنوتیپ آرمانی فرضی، انتخاب مکان آرمانی فرضی نیز برای رتبه‌بندی محیط‌های آزمایشی براساس قدرت تفکیک کنندگی و نمایندگی مناسب امکان‌پذیر است. بر اساس شکل ۸ مکان گرگان ۲ نزدیک‌ترین فاصله را با محیط آرمانی فرضی داشته و نماینده‌ترین و متمایزکننده‌ترین محیط محسوب می‌شود. بعد از آن، مکان‌های زابل۱ و حاجی‌آباد۱ و پس از آنها مکان‌های زابل۲ و حاجی‌آباد۲، نماینده‌ترین و متمایزکننده‌ترین محیط‌ها بودند. مکان ساری۲ فاقد قدرت تمایزکنندگی و مکان‌های ساری۱ و گرگان۱ فاقد قدرت نمایندگی مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بودند. با این حال، از این محیط‌ها می‌توان برای حذف ژنوتیپ‌های نامطلوب استفاده کرد (Yan and Kang, 2002). براین اساس، ژنوتیپ G12 (لاین OG-AL) عملکرد ضعیفی را در تمام مکان‌ها داشته و سایر ژنوتیپ‌ها، به استثنای G2 و G9 به دلیل عملکرد نسبتاً ضعیف در محیط‌های آرمانی، در رقابت با ژنوتیپ‌های G2 و G9 قابل توصیه نیستند، بنابراین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

ژنوتیپ‌های G2 و G9 به‌دلیل عملکرد مناسب در مکان‌های مورد آزمایش نزدیک به محیط آرمانی شامل زابل ۱ و۲، حاجی‌آباد ۱و۲ و گرگان۲، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برترشناخته شدند.



شکل ۸- رتبه‌بندی و مقایسه مکان‌ها با محیط آرمانی بر اساس توانایی تمایز و نماینده بودن با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات

Fig. 8. Ranking and comparison of locations with ideal environment based on discriminating ability and representativeness using GGE-Biplot graphical analysis

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از روش تجزیه پایداری GGE بای‌پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر کلزا استفاده شد. بررسی ابرمحیط‌های ایجادشده توسط GGEبای‌پلات چندضلعی، ابرمحیط ۲ به‌دلیل تجمع اغلب محیط‌های گرم شمال و جنوب کشور در آن، به‌عنوان مهم‌ترین ابرمحیط شناسایی شد که ژنوتیپ‌های G9 و G2 برترین ژنوتیپ‌های این ابرمحیط بودند. در ابرمحیط ۳ که بیشتر مربوط به اقلیم گرم جنوب کشور بود دو رقم هیبرید هایولا شامل G14 و G15 به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند، اما نتایج تجزیه پایداری نشان داد که ارقام هیبرید در مقایسه با لاین‌های جدید امیدبخش، از میزان عملکرد و پایداری کمتری در سایر محیط‌ها برخوردار بودند. ژنوتیپ مطلوب باید دارای بیشترین میزان عملکرد در محیط‌های مورد بررسی و دارای پایدارترین عملکرد نسبت به شرایط متغیر محیطی باشد. بر این اساس، ژنوتیپ‌های G9 و G2 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر، با لحاظ میزان عملکرد و پایداری عملکرد شناخته شدند. در تحقیقات تکمیلی در دست اجرا ژنوتیپ‌های G9 (SRL-95-7) و G2 (SRL-95-16) به عنوان لاین‌های برتر شناخته شده و همراه با ارقام شاهد وارد آزمایشات تحقیقی-ترویجی در مناطق هدف شده‌اند.

سپاسگزاری

در تنظیم این مقاله از نظرات ارزشمند همکار محترم جناب آقای دکتر بهنام بخشی استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان و در اجرای آزمایش از کمک‌های ارزنده همکاران محترم سرکار خانم مهندس پروانه قلی‌زاده و آقایان وحید یحیی‌پور، حسین بهلول، یداله میرشکارپور و محمد کشتگرخواجه داد بهره‌مند بودیم و بدینوسیله از همکاری‌های نامبردگان کمال تشکر را داریم. از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بابت تامین هزینه‌های اجرایی تحقیق در قالب این پروژه تحقیقاتی سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

References منابع مورد استفاده

Agahi, K., J. Ahmadi, H. Amiri Oghan, M. H. Fotokian and S. F. Orang. 2020. Analysis of genotype× environment interaction for seed yield in spring oilseed rape using the AMMI model. Crop Breed. Appl. Biotechnol. 20(1): e26502012.

Amiri Oghan, H., H. Zeinalzadeh-Tabrizi, H. R. Fanaei, N. K. Kazerani, G. Ghodrati, A. Danaie and M. B. Valipuor. 2019. Stability study of seed yield in promising lines of spring oilseed rape in southern-warm regions of Iran. J. Crop Breed. 11: 42-54. (In Persian with English abstract).

FAO, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Food and Agricultural Commodities Production. Available ongenotype: http://www.fao.org/statistics/en.

Getahun, A. 2017. Adaptability and stability analysis of groundnut genotypes using AMMI model and GGE-biplot. J. Crop Sci. Biotechnol. 20: 343-349.

Ghazvini, H., M. Marandi and A. Amini Sefidab. 2019. Evaluation of grain yield stability and genetic variation in salt-tolerant bread wheat promising lines and cultivars. Seed and Plant. 35 (1): 1–25. (In Persian with English abstract).

Javidfar, F., B. Alizadeh, H. Amiri Oghan and N. Sabaghnia. 2010. A study of genotype by environment interaction in oilseed rape genotypes, using GGE Biplot method. Iran. J. Field Crop Sci. 41(4): 771-779. (In Persian with English abstract).

Miah, M. A., M. G. Rasul, M. A. K. Mian and M. Rohman. 2015. Evaluation of rapeseed lines for seed yield stability. Int. J. Agron. Agric. Res. 7: 12-19.

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. Iran. J. Agron. Plant Breed. 8(4): 133-143. (In Persian with English abstract).

Nasab, H. M., S. A. Siadat, A. Naderi, S. Lack and A. Modhej. 2014. Effect of drought stress and nitrogen levels on yield, stomatal conductance and temperature stability of rapeseed (canola) genotypes. Adv. Environ. Biol. 8: 1239–1247.

Pourdad, S. and M. Jamshid Moghaddam. 2014. Investigation of genotype by environment interaction by GGE biplot method for grain yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars under rainfed condition. J. Crop Breed. 5: 1-14. (In Persian with English abstract).

Roy, D. 2000. Plant Breeding: Analysis and Exploitation of Variation. Alpha Sci.Int. Ltd.

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. J. Crop Im. 25: 26-45.

Singh, C., A. Gupta, V. Gupta, P. Kumar, R. Sendhil, B. Tyagi, G. Singh, R. Chatrath and G. Singh. 2019. Genotype × environment interaction analysis of multi-environment wheat trials in India using AMMI and GGE biplot models. Crop Breed. Appl. Biotechnol. 19: 309-318.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

Wu, W., B. L. Ma and J. K. Whalen. 2018. Enhancing rapeseed tolerance to heat and drought stresses in a changing climate: perspectives for stress adaptation from root system architecture. Adv. Agron. 151: 87-157.

Yan, W., L. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega- environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci. 40: 597-605.

Yan, W. and M. S. Kang. 2002. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists. CRC Press.

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 Sci. 47: 643-653.

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. Agric. Commun. 4: 1-8.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]

Assessment of seed yield stability of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) promising lines using GGE-biplot analysis

Amiri Oghan, H.[1], V. Rameeh[2], A. Faraji[3], A. Askari[4] and H. R. Fanaei[5]

ABSTRACT

Amiri Oghan, H., V. Rameeh, A. Faraji, A. Askari, and H. R. Fanaei. 2021. Assessment of seed yield stability of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) promising lines using GGE-biplot analysis. **Iranian Journal of Crop Sciences. 23(1): 113-126. (In Persian).**

Genotype by environment interaction is one of the complicated issues in plant breeding programs for development of high-yielding with yield stability genotypes. To evaluate seed yield and yield stability of oilseed rape in four southern and northern warm regions of Iran (Zabol, Gorgan, Haji Abad and Sari), nine open pollinated spring oilseed rape lines together with seven cultivars were evaluated using randomized complete block design with three replications in two cropping cycles (2017-19). The results showed that G9 (SRL-95-16) and G12 (OG-AL) genotypes had the highest and the lowest seed yield with mean seed yiled of 3412 and 2507 kg.ha^{-1}, respectively. In this study, seed yield wassignificantly different in different environments. The genotype × environment interaction was investigated using GGE-bioplot stability analysis. According to the which-won-where model of the GGE-biplot model, most of the studied environments were located in or close to the mega-environment 2 which included genotypes G2 (SRL-95-7) and G9 (SRL-95-16) as the best genotypes in this mega-environment. Also, the study of the average tester coordinates showed that G2 and G9 genotypes as superior to all check genotypes like G11 (Dalgan which ranked third) and as the best genotypes considering both seed yiled and yield stability. Also, these two genotypes had the shortest distance from the hypothetical ideal genotype in comparison with other lines and check cultivars. Therefore, considering seed yield and its stability, two genotypes G9 and G2 were identified as suitable genotypes for the southern and northern warm regions of Iran.

Key words: Broad and specific adaptation, Mega-environment, Spring oilseed rape lines and Yield stability.

Received: September, 2020 Accepted: March, 2021

1. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. (Corresponding author) (Email amirioghan2014@gmail.com)
2. Associate Prof., Mazanderan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
3. Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
4. Assistant Prof., Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbs, Iran
5. Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.8.2]