

## واکنش عملکرد ارقام تجاری کلزا به محیط‌های مختلف با استفاده از روش گرافیکی GGE Biplot

### Yield Response of Commercial Canola Cultivars to Different Locations Using Graphical GGE biplot Method

خداداد مصطفوی<sup>۱\*</sup>، عبدالله محمدی<sup>۱</sup>، منوچهر خداحمی<sup>۱</sup>، محمد ضابط<sup>۲</sup>، مهدی زارع<sup>۳</sup>

#### چکیده

تاکنون مطالعات جامعی در زمینه پایداری عملکرد ارقام کلزا در ایران صورت نگرفته است. در این پژوهش اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در کلزا با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot مورد بررسی قرار گرفت. ده رقم کلزا در پنج منطقه شامل کرج، بیرجند، کاشمر، شیراز و سنندج کشت و از نظر عملکرد دانه ارزیابی شدند. ارقام مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ کشت شدند. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه معنی دار بود. نمودار GGE biplot مورد نظر برای صفت عملکرد دانه در متر مربع ۹۴ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود. بر اساس این روش به ترتیب ارقام لیکورد، Hyola308 و مودنا دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. از بین این سه رقم نیز رقم مودنا از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بود. در مقابل، رقم Opera نیز از کمترین میزان عملکرد دانه برخوردار بود. در رابطه با صفت عملکرد دانه مناطق مورد بررسی به سه ابر محیط تقسیم شدند. ابر محیط اول شامل کرج، کاشمر و سنندج، ابر محیط دوم شامل شیراز و ابر محیط سوم شامل بیرجند بود. مکان‌های مورد نظر از نظر قدرت تمیز ارقام به ترتیب شامل کرج، کاشمر، سنندج، شیراز و بیرجند بودند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، پایداری، روش GGE biplot

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ایران  
۲- دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات  
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزآباد، گروه کشاورزی، فیروزآباد، ایران  
\* نویسنده مسئول: Mostafavi@kiaou.ac.ir

## مقدمه

کلزا یکی از گیاهان روغنی مهم در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. این گیاه دارای سیستم ریشه ای قوی می باشد که می تواند رطوبت را از اعماق زمین جذب کند (Singh, 1983). اما از نظر پایداری عملکرد، واریته های این محصول بطور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته اند. بنابراین شناسایی واریته های پایدار از نظر عملکرد می تواند کمک زیادی به تولید این محصول در این مناطق بکند.

محیط به مجموعه شرایط خارجی اطلاق می شود که رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد. بافت خاک، PH، عمق خاک، مواد آلی، حاصلخیزی، بیماری ها و حشرات تغییرات مربوط به خودشان را در محیط ایجاد می کنند (Roozeboom et al., 2008).

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پاسخ یک واریته به تغییرات موجود در محیط می باشد (Crossa et al., 1991). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط یکی از موضوعات اساسی در مطالعات اصلاح نباتات می باشد و خود باعث ایجاد روش های متفاوتی برای بهبود ژنتیکی گیاهان می شود. این موضوع یک نگرانی همیشگی برای اصلاح کنندگان نبات محسوب می شود و بویژه زمانی که اثر متقابل شدید باشد گزینش و توصیه ارقام پایدار را با مشکل مواجه می کند و پیشرفت گزینش را کند می کند (Roozeboom et al., 2008). زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ و

محیط کم باشد دو راه جهت توسعه ارقام وجود دارد: اول تقسیم مناطق مورد بررسی به نواحی کوچکتر و همگنی که ارقام دارای سازگاری خصوصی در آن کشت شوند و دوم ایجاد ارقامی با دامنه سازگاری وسیع که بتوان آنها را در مناطق مختلفی کشت نمود. ارقام ایده آل ارقامی هستند با عملکرد دانه بالا و سازگاری مناسب به دامنه وسیعی از شرایط محیطی (Yan et al., 2007). ارزیابی ارقام در محیط های مختلف باید بگونه ای طراحی شوند که امکان گزینش بهترین ارقام برای یک محیط وجود داشته باشد و سپس بتوان ابرمحیطها را در صورت وجود مشخص نمود

(Yan et al., 2000).

زویل و همکاران روش های آماری متداول از قبیل تجزیه واریانس، تجزیه به مؤلفه های اصلی و رگرسیون خطی را با هم مقایسه نمودند تا نشان دهند این روش ها، روش های مؤثری جهت تجزیه داده های چند محیط نمی باشند.

(Zobel et al., 1988)

روش بای پلات ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی چشمی و تفسیر پاسخ الگوی ارقام، محیطها و اثر متقابل آنها می باشد. بای پلات نمایش گرافیکی و ارائه رفتار همزمان دو متغیر می باشد. این روش برای اولین بار توسط گابریل پیشنهاد (Gabriel, 1971) و روش گرافیکی مناسبی جهت تجزیه داده های با حجم زیاد توسط سایر محققین معرفی شد (Crossa et al., 1991; Gauch, 2006).

روش بای پلات جهت تفسیر نتایج رگرسیون مکانها (Site Regression, SREG) نیز استفاده می شود، در این روش اطلاعاتی درباره آزمایشات منطقه ای حاصل می شود. اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ( $G \times E$ ) که در مجموع آنها را بصورت GGE نشان می دهند فاکتورهای مهم در گزینش ارقام می باشند. این فاکتورها بصورت گرافیکی توسط روش GGE biplot برآورد شده و در این روش، هم ارقام و هم محیطها بصورت چشمی نمایش داده می شوند.

(Yan et al., 2000; Yan, 2001)

ویژگی منحصر به فرد این مدل گروه بندی محیطهایی است که دارای رفتار مشابهی بوده اند و بصورت گرافیکی می تواند مشخص نماید کدام رقم در کدام محیط یا زیر گروه از پتانسیل بالاتری برخوردار است.

شجاعی و همکاران ده رقم کلزا را در مناطق مختلف ایران از نظر عملکرد و برخی صفات زراعی ارزیابی و گزارش نمودند رقم لیکورد نسبت به سایر ارقام از پرفورمنس بالاتری برخوردار می باشد (Shojaei et al., 2011).

گاناسکرا و همکاران در مطالعه ای هفت رقم کلزا را در سه مکان و طی دو سال و سه تاریخ کاشت متفاوت در شرایط آب

طور مرتب هر ده روز یک بار انجام شد. جهت حذف اثر حاشیه اندازه‌گیری‌ها روی دو ردیف وسط صورت گرفت. در مرحله چهار تا شش برگی عمل تنک و واکاری انجام شد. در طول فصل رشد و نمو عملیات زراعی به طور مرتب انجام و در پایان فصل عملکرد دانه بر حسب گرم در متر مربع اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و مطالعه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط توسط نرم‌افزار GGE biplot (Yan, 2001; Yan and Kang, 2003) طبق روش پیشنهادی یان و هانت (Yan and Hunt, 2001) صورت گرفت.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد تفاوت معنی‌داری را برای محیط، رقم و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول شماره ۱). نتایج مشابهی توسط اسکوبار و همکاران در مطالعه ارقام و لاین‌های کلزا گزارش شده است (Escobar *et al.*, 2010). معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان می‌دهد که می‌توان محیط‌ها را بر اساس اثر متقابل گروه‌بندی نمود (Yan *et al.*, 2000; Ma *et al.*, 2004). رقم لیکورد در مجموعه محیط‌ها از میانگین عملکرد بیشتری برخوردار بود. رقم Opera نیز از کمترین عملکرد دانه برخوردار بود. ترتیب ارقام از بیشترین مقدار به کمترین مقدار عملکرد بصورت زیر بود: لیکورد، مودنا، Hyola308، زرفام، SLM046، اکاپی، RGS003، ساری گل، Hyola401 و Opera. در بین مناطق مورد بررسی نیز کرج دارای بیشترین میانگین عملکرد و بعد از آن کاشمر، سنندج، شیراز و بیرجند قرار داشتند. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر چندین عامل می‌باشد: تراکم بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد بذر در نیام و وزن بذر. به این دلیل، عملکرد بذر بسیار متغیر بوده و به رقم، محیط و اثر متقابل آنها بستگی دارد.

(Diepenbrock, 2000; Nassimi *et al.*, 2006)

و هوایی مدیترانه‌ای جنوب غربی استرالیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه بطور معنی‌داری بین مکان‌ها، زمان کاشت و بین ژنوتیپ‌ها متفاوت می‌باشد. نتایج بای‌پلات مربوط به عملکرد دانه، محیط‌های مورد بررسی را به سه گروه (عملکرد بالا، عملکرد متوسط و عملکرد پائین) تقسیم نمود. در این تحقیق همچنین ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی به بعضی از مناطق شناسائی شدند.

(Gunasekera *et al.*, 2006)

در مطالعه‌ای طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۸۹ تولید بذر یونجه یک ساله در چهار مکان در کشورهای سوریه و اردن توسط کاکس بررسی شد. در این تحقیق اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با استفاده از تجزیه واریانس (ANOVA)، تجزیه رگرسیون خطی و تجزیه به مولفه‌های اصلی (P. C. A) بررسی و روش P. C. A به عنوان بهترین روش معرفی شد (Cocks, 1995). اهداف کلی این تحقیق مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ارقام زمستانه کلزا بوده. هدف ویژه این تحقیق نیز تعیین سازگاری عمومی و خصوصی ده رقم کلزا در مناطق مختلف (کرج، بیرجند، شیراز، کاشمر و سنندج) طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ با استفاده از روش GGE biplot و مقایسه پتانسیل عملکرد ارقام مختلف بود.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش ده رقم کلزا در پنج منطقه طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ کشت و از نظر عملکرد دانه ارزیابی شدند. ارقام مورد بررسی عبارت بودند از: مودنا، اکاپی، Hyola 401، لیکورد، Opera، زرفام، SLM046، RGS 003، ساری گل، Hyola 308. مناطق مورد نظر نیز شامل کرج، بیرجند، شیراز، سنندج و کاشمر بودند. طرح مورد استفاده در تمامی مناطق بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول ۲ متر و با فاصله پنجاه سانتی متری از یکدیگر بود. فاصله بذور روی خطوط ۱۰ سانتی متر انتخاب شد. کشت بذور و عملیات وجین و تنک بصورت دستی انجام شد. آبیاری به

جدول شماره ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای ۱۰ رقم کلزا در پنج منطقه مورد بررسی

Table 1- Combine analysis of variance for kernel yield for 10 canola cultivars in five locations

منابع تغییر (S. O. V.)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (MS)
محیط Environment (E)	4	440059.13**
ژنوتیپ Genotype (G)	9	117831.05**
اثر متقابل (E × G)	36	62346.45**
خطا (Error)	90	27468.51

بطور کلی ارقامی که نزدیک مبدأ قرار دارند (مثل G8) از پایداری بیشتری برخوردار بوده به عبارتی به تغییر محیط واکنش زیادی نشان نمی‌دهند. یک رقم ایده‌آل باید اولاً دارای عملکرد بالایی باشد ثانیاً از پایداری بیشتری برخوردار باشد به عبارتی نزدیک به انتهای مثبت محور میانگین محیطها باشد و فاصله آن از این محور حداقل باشد. بر این اساس ارقام G1 و G4 بهترین ارقام می‌باشد. این ارقام به عنوان یک معیار برای ارزیابی سایر ارقام می‌توانند استفاده شوند. هر چقدر فاصله یک ژنوتیپ از رقم ایده‌آل کمتر باشد رقم مناسب‌تری می‌باشد.

نمودار چند وجهی (شکل ۱-ب) جهت تعیین بهترین ژنوتیپ برای هر منطقه استفاده می‌شود. نمودار چندوجهی جهت تعیین اینکه کدام رقم در کدام محیط از عملکرد بهتری برخوردار است بسیار مناسب می‌باشد (Yan *et al.*, 2000). این چندوجهی از وصل کردن ژنوتیپ‌هایی حاصل می‌شود که بیشترین فاصله از مبدأ را دارند بطوری که سایر ژنوتیپ‌ها داخل این چند وجهی قرار می‌گیرند. از مبدأ روی هر ضلع (یا ادامه آن ضلع) چند وجهی خطی عمود می‌شود تا شکل به چند قسمت تقسیم شود (Yan and Rajcan, 2002). اگر محیطها در بخش‌های متفاوتی قرار بگیرند نشان می‌دهد که ارقام مختلف در محیط‌های مختلف از عملکرد بالاتری برخوردارند (Yan *et al.*, 2007). در این شکل ارقامی که در یک بخش با یک محیط خاص قرار داشته باشند در آن محیط عملکرد خوبی داشته‌اند. به عنوان مثال بر اساس این شکل ژنوتیپ G4 در کرج، کاشمر و سمنجان و ژنوتیپ G5 در بیرجند عملکرد

جهت بررسی و تفسیر تنوع ارقام، محیطها و مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و مکان از تجزیه گرافیکی استفاده شد (شکل ۱ تا ۳). این نمودار ۹۴ درصد از واریانس داده‌ها را توضیح می‌دهد (PC1= 84 %, PC2= 10 %). طبق نظریان و همکاران اگر این نمودار حداقل ۶۰ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نماید می‌تواند برای استخراج ابرمحیطها استفاده شود.

(Yang *et al.*, 2009)

در نمودار بای پلات محور افقی (PC1) معرف اثر اصلی ژنوتیپ و محور عمودی (PC2) نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد که خود معیاری از ناپایداری ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد (Yan, 2002). از مبدأ مختصات خطی به میانگین مکان‌ها وصل می‌شود (محل میانگین مکان‌ها با دایره نقطه چین مشخص شده است)، این خط محور میانگین مکان‌ها نام دارد. ارقامی که در ابتدای مثبت این محور قرار دارند دارای عملکرد بیشتری هستند و بالعکس. بنابر این بر اساس این شکل ترتیب ارقام از نظر عملکرد بصورت  $G4 > G10 > G1 > G6 > G2 > G8 > G7 > G9 > G3 > G5$  می‌باشد (شکل ۱-الف). خطی که از مبدأ گذشته و روی محور میانگین محیطها عمود شده است (این خط با دو علامت پیکان در شکل مشخص شده است) جهت تعیین پایداری ارقام استفاده می‌شود. ارقامی که نزدیک به مبدأ این محور قرار دارند نسبت به ارقامی که نزدیک به انتهای این خط می‌باشند از پایداری بیشتری برخوردار هستند. بر این اساس ارقام G1, G3, G7 و G8 نسبت به سایر ارقام پایدارتر هستند و ارقام G9, G10 و G4, G2, G5 ناپایدارترین ارقام می‌باشند.

## واکنش عملکرد ارقام تجاری کلزا به محیط‌های مختلف با استفاده از روش گرافیکی GGE Biplot

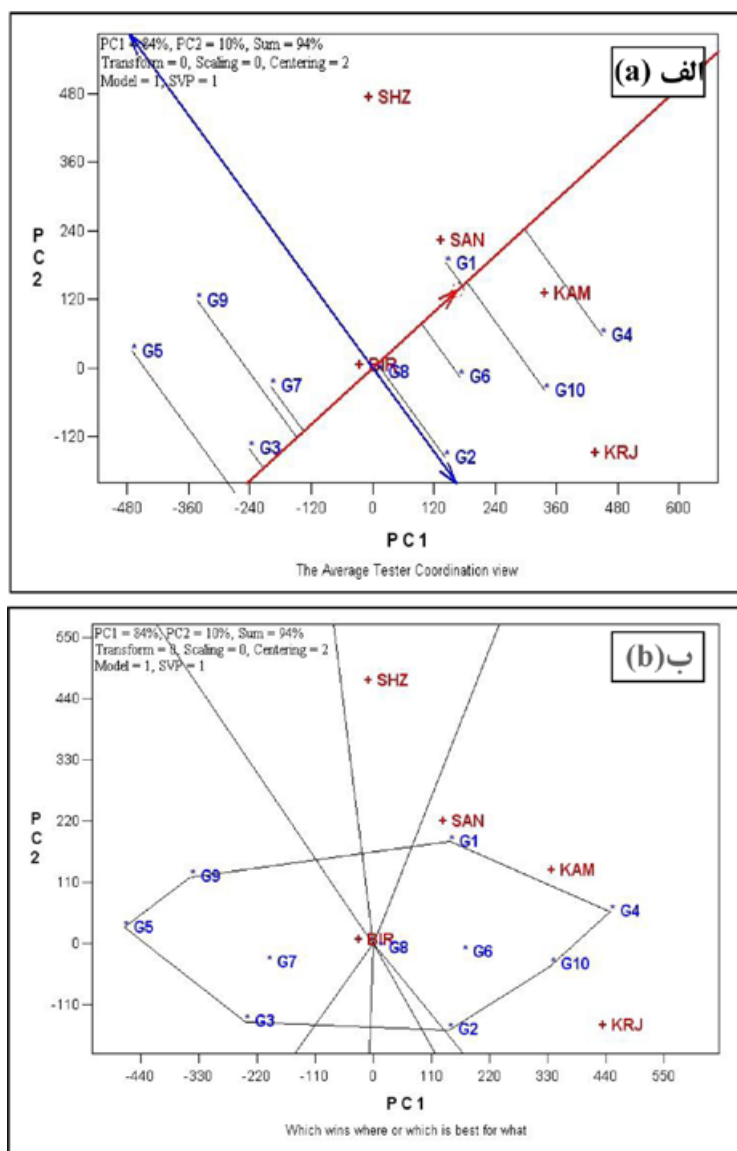
می‌شوند. گروه اول شامل کرج، کاشمر و سنندج. گروه دوم شامل بیرجند. گروه سوم شامل شیراز. طول هر پاره خط نیز تغییر پذیری محیط را نشان می‌دهد. هر چقدر طول پاره خط بیشتر باشد محیط مربوطه از تغییر پذیری بیشتری برای عملکرد دانه برخوردار می‌باشد و بالعکس. بر اساس این شکل کرج دارای بیشترین تنوع و بیرجند دارای بیشترین ثبات عملکرد بوده‌اند.

شکل ۲- ب رتبه‌بندی ارقام را در کرج بر اساس عملکرد دانه آنها نشان می‌دهد. بدین منظور از مبدأ مختصات خطی به مکان مورد نظر یعنی کرج وصل می‌شود و به دو طرف ادامه پیدا می‌کند. ژنوتیپ‌هایی که متمایل به انتهای مثبت این محور باشند در منطقه کرج از عملکرد بیشتری برخوردار هستند و بالعکس. بر اساس این شکل ترتیب ارقام از نظر عملکرد در کرج بصورت زیر می‌باشد:

G4>G10>G2~G6>G1>G8>G7>G3>G9>G5

بهتری داشته‌اند. بر اساس این شکل در شیراز هیچ کدام از ارقام وضعیت مناسبی نداشته‌اند. و بطور کلی ارقام، G4، G10، G1، G2، G6 و G8 در کرج، کاشمر و سنندج عملکرد قابل قبولی داشته‌اند. در بیرجند نیز بهترین ارقام G3، G5، G9 و G7 می‌باشند. در هر بخش نیز بهترین ژنوتیپ ژنوتیپی است که در رأس چند وجهی قرار دارد. ژنوتیپ‌هایی که نزدیک مبدأ قرار دارند به عوض شدن محیط و محیط‌هایی که نزدیک مبدأ قرار دارند به عوض شدن ژنوتیپ واکنش زیادی نشان نمی‌دهند. بر این اساس رقم G8 و بیرجند از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بوده‌اند.

شکل ۲- الف رابطه بین محیط‌ها را نشان می‌دهد. بدین منظور از مبدأ مختصات به هر محیط خط مستقیمی وصل می‌شود. زاویه بین محور دو محیط میزان همبستگی بین دو محیط را نشان می‌دهد. هر چقدر این زاویه کوچکتر باشد همبستگی دو محیط بیشتر می‌باشد. بر این اساس محیط‌ها به سه گروه تقسیم

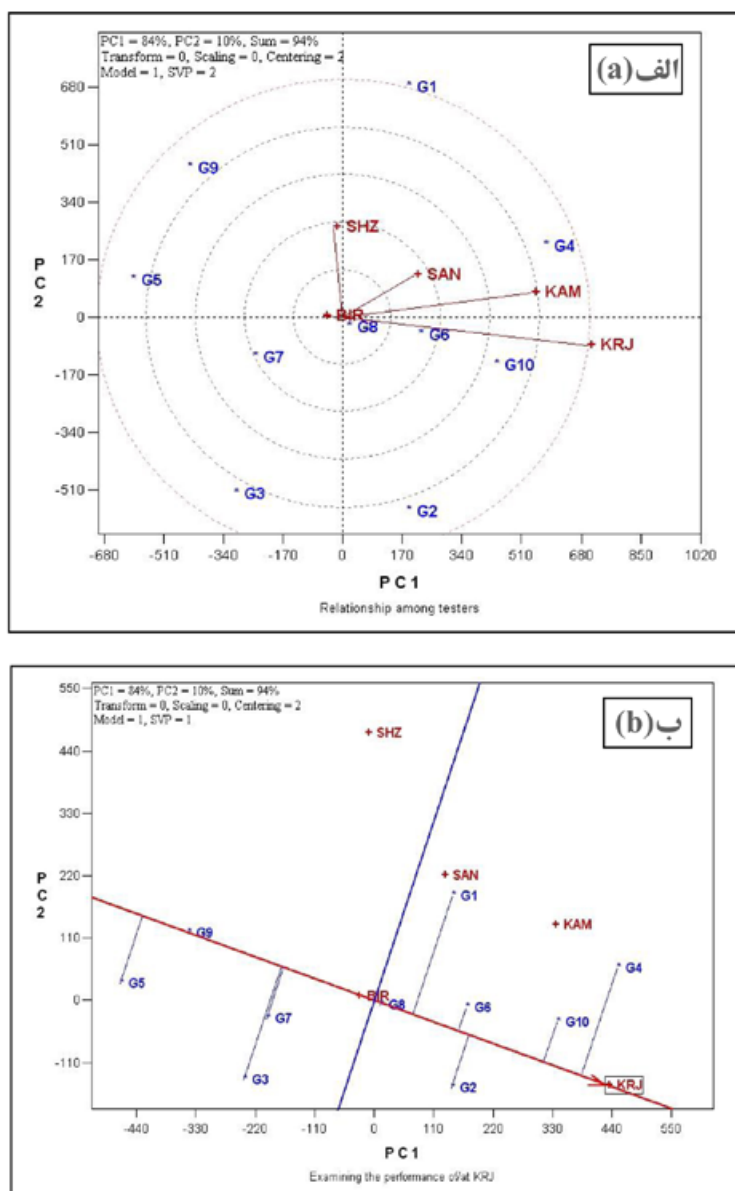


شکل ۱- نمودار GGE biplot مربوط به عملکرد دانه ده رقم کلزای بررسی شده در پنج منطقه. الف- تعیین موقعیت ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها با نمایش میانگین مکان‌ها جهت گروه‌بندی ارقام بر اساس میانگین عملکرد و پایداری. ب- نمایش چند وجهی به منظور تشخیص واکنش ژنوتیپی ارقام به مناطق. در این شکل‌ها: G1: مودنا، G2: اکاپی، G3: Hyola 401، G4: لیکورد، G5: Opera، G6: زرفام، G7: RGS003، G8: SLM046، G9: زرفام، G10: Hyola 308.

ساری گل و کرچ، KAM: کاشمر، BIR: بیرجند، SAN: سنندج و SHZ: شیراز

Figure 1- GGE biplot graph regarding the grain yield of ten cultivars of canola studied in five regions. a: The determination of the status of genotypes and their location, as well as location means used to classify cultivars based on the yield and stability mean. b: Polygon representation to determine the genotypic reaction of cultivars to the regions. In these figures, G1: Modena, G2: Okapi, G3: Hyola 401, G4: Licord, G5: Opera, G6: Zarfam, G7: RGS003, G8: SLM046, G9: Sarigol, and G10: Hyola 308; KRJ: Karaj, KAM: Kashmar, BIR: Birjand, SAN: Sanandaj, SHZ: Shiraz

واکنش عملکرد ارقام تجاری کلزا به محیط‌های مختلف با استفاده از روش گرافیکی GGE Biplot



شکل ۲- نمودار GGE biplot مربوط به عملکرد دانه ده رقم کلزای بررسی شده در پنج منطقه. الف- نمایش بردار مکان‌ها به منظور تعیین رابطه بین مناطق. ب- مقایسه عملکرد ارقام در منطقه کرج. ه- مقایسه ارقام براساس رقم ایده‌آل. و- مقایسه محیط‌ها براساس محیط ایده‌آل. در این شکل‌ها: G1: مودنا، G2: اکاپی، G3: Hyola 401، G4: Licord، G5: Opera، G6: زرفام، G7: RGS003، G8: SLM046، G9: ساری گل و

G10: Hyola 308، KRJ: کرج، KAM: کاشمر، BIR: بیرجند، SAN: سنندج و SHZ: شیراز

Figure 2- GGE biplot graph regarding the grain yield of ten cultivars of canola studied in five regions. a: Location's vector to determine the relation among regions. b: The comparison of the yield of cultivars in Karaj. In these figures, G1: Modena, G2: Okapi, G3: Hyola 401, G4: Licord, G5: Opera, G6: Zarfam, G7: RGS003, G8: SLM046, G9: Sarigol, and G10: Hyola 308; KRJ: Karaj, KAM: Kashmar, BIR: Birjand, SAN: Sanandaj, SHZ: Shiraz

نشان می‌دهد. بدین منظور از مبدأ مختصات خطی به نقطه میانگین محیط‌ها وصل می‌شود و به دو طرف ادامه پیدا می‌کند. بهترین محیط، محیطی است که متمایل به انتهای مثبت این محور باشد و فاصله عمود آن از این خط کمترین مقدار باشد. در این شکل بهترین نقطه مرکز دوایر هم مرکز می‌باشد که با علامت پیکان مشخص شده است. سایر محیط‌ها بر اساس این نقطه گروه‌بندی می‌شوند. محیطی که فاصله کمتری از مرکز داشته باشد محیط بهتری می‌باشد. بر این اساس ترتیب محیط‌ها به صورت زیر می‌باشد:

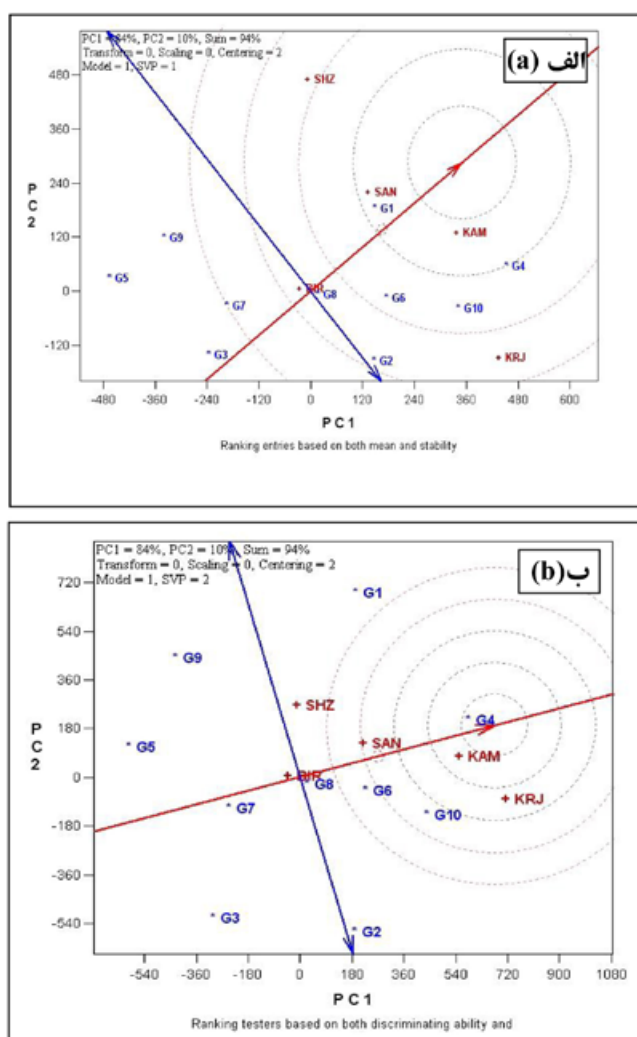
KAM>KRJ>SAN>SHZ >BIR

شکل ۳- الف رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس رقم ایده‌آل نشان می‌دهد. بدین منظور از مبدأ مختصات خطی به نقطه میانگین ارقام وصل می‌شود و به دو طرف ادامه می‌یابد. بهترین رقم رقمی است که متمایل به انتهای مثبت این محور باشد و فاصله عمود آن از این خط کمترین مقدار باشد. در این شکل بهترین نقطه مرکز دوایر متحدالمرکز می‌باشد که با علامت پیکان مشخص شده است. سایر ارقام بر اساس این نقطه گروه‌بندی می‌شوند. ارقامی که فاصله کمتری از مرکز داشته باشند ارقام بهتری می‌باشند. بر این اساس ترتیب ارقام به صورت زیر می‌باشد:

G1>G4>G10≈G6>G2≈G8>G7>G3≈G9>G5

شکل ۳- ب رتبه‌بندی محیط‌ها را بر اساس محیط ایده‌آل را





شکل ۳- نمودار GGE biplot مربوط به عملکرد دانه ده رقم کلزای بررسی شده در پنج منطقه. الف- مقایسه ارقام براساس رقم ایده آل. ب- مقایسه محیط‌ها براساس محیط ایده آل. در این شکل‌ها: G1: مودنا، G2: اکاپی، G4، G3: Hyola 401، G3: لیکورد، G6: Zarfam، G5: Opera، G7: زرفام، G7: RGS003، G8: SLM046، G9: Sarigol، و G10: Hyola 308. KRJ و ساری گل و RGS003، SHZ: شیراز، SAN: سنندج و BIR: بیرجند، KAM: کاشمر، BIR: بیرجند، SHZ: شیراز  
 Figure 3- GGE biplot graph regarding the grain yield of ten cultivars of canola studied in five regions. a: The comparison of the cultivars based on the ideal cultivar. b: Comparison of the environments based on the ideal environment. In these figures, G1: Modena, G2: Okapi, G3: Hyola 401, G4: Licord, G5: Opera, G6: Zarfam, G7: RGS003, G8: SLM046, G9: Sarigol, and G10: Hyola 308; KRJ: Karaj, KAM: Kashmar, BIR: Birjand, SAN: Sanandaj, SHZ: Shiraz

که بدین وسیله از این حوزه تشکر و قدردانی می‌شود.

### تقدیر و تشکر

این طرح با حمایت مالی حوزه معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج اجرا گردیده است

## References

## منابع

- Cocks, P. S. 1995.** Genotype  $\times$  site interaction in annual alfalfa seed production in west of Asia. *Journal of Agricultural Science*, 125: 199-209
- Crossa, J., P. L. Cornelius, and W. Yan. 2002.** Biplots of linear -bilinear models for studying crossover genotype  $\times$  environment interaction. *Crop Science* 42:136-144.
- Crossa, J., P. N. Fox, W. H. Pfeiffer, S. Rajaram, and H. G. Gauch. 1991.** AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theoretical and Applied Genetics* 81:27-37.
- Diepenbrock, W. 2000.** Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Field Crops Research* 67:35-49.
- Escobar, M., Berti, M., Matus, I., Tapia, M. and Johnson, B. 2010.** GENOTYPE  $\times$  ENVIRONMENT INTERACTION IN CANOLA (*Brassica napus* L.) SEED YIELD IN CHILE. *CHILEAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH* 71 (2): 175- 186.
- Gabriel, K. R. 1971.** The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis, *Biometrika*, 58: 453 – 467
- Gauch, H. G. 2006.** Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 46:1488-1500.
- Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M., and Walton, G. H. 2006.** Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. Juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments: II. Oil and protein concentrations in seed. *European Journal of Agronomy* 25: 13-21.
- Ma, B. L., W. Yan, L. M. Dwyer, J. Frégeau-Reid, H. D. Voldeng, Y. Dion, and H. Nass. 2004.** Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. *Agronomy Journal* 96:169-180.
- Nassimi, A., W. Raziuddin, and A. Naushad. 2006.** Heterotic studies for yield associated traits in *Brassica napus* L. using 8 x 8 diallel crosses. *Pakistan Journal of Biological Science* 9:2132-2136.
- Roozeboom, K. L., T. W. Schapaugh, M. R. Tuinstra, R. L. Vanderlip, and G. Milliken. 2008.** Testing wheat in variable environments: Genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. *Crop Science* 48:317-330.
- Shojaei, S. H., Mostafavi, K., Khodarahmi, M. and Zabet, M. 2011.** Response study of canola (*Brassica napus* L.) cultivars to multi-environments using genotype plus genotype environment interaction (GGE) biplot method in Iran. *Afr. J. Biotechnol.* 10 (53): 10877-10881
- Singh, B. P. 1983.** Response of taramira to sulphur application. *Indian J. Agric. Sci.*, 53: 676-680.
- Yan, W. 2001.** GGE biplot - A Widows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agron. J.* 93: 1111 – 1118.
- Yan, W. 2002.** Singular-value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. *Agron. J.* 94:990-996.

- Yan, W., and B. L., Ma. 2006.** Model diagnosis and GGE biplot analysis, pp. 39. Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Agriculture and Agri-food Canada.
- Yan, W., L. A. Hunt. 2001.** Genetic and environmental causes of genotype environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.* 41:19–25.
- Yan, W., L. A. Hunt, Q. sheng, and Z. Szlavincs. 2000.** Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop sci.* 40:597- 605.
- Yan, W., M. S. Kang, B. Ma, S. Woods, and P. Cornelius. 2007.** GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science* 47:643-653.
- Yan, W. and M. S. Kang. 2003.** GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Boca Raton London New York Washington, DC
- Yang, R., J. Crossa, P. Cornelius, and J. Bugueño. 2009.** Biplot analysis of genotype x environment interaction: Proceed with caution. *Crop Science* 49:1564-1576.
- Zobel, R. W., M. J. Wright, and H. G. Gauch. 1988.** Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal* 80:388-393.