

تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت و ژنوتیپ پایدار در ارقام و لاینهای امیدبخش کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش تجزیه گرافیکی GGE بای پلات

Determination of suitable planting date and stable genotype in cultivars and promising lines of rapeseed (*Brassica napus* L.) using GGE Biplot graphical analysis

میترا خیبری^۱، سعید سیف زاده^۲، امیرحسین شیرانی راد^۳، اسمائیل حدیدی ماسوله^۲، حمیدرضا ذاکرین^۲ و حسین زینل زاده تبریزی^{۴*}

۱. دکترای زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۲. استادیار، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۳. استاد، بخش تحقیقات دانه های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴. استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل (مغان)، ایران، (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.121709.1295

چکیده

خیبری، م.، سیف زاده، س.، شیرانی راد، ا. ح.، حدیدی ماسوله، ا.، ذاکرین، ح. ر.، زینل زاده تبریزی، ح.، تعیین مناسبترین تاریخ کاشت و ژنوتیپ پایدار در ارقام و لاینهای امید بخش کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش تجزیه گرافیکی GGE Biplot نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۴- پیاپی ۱۲۵ زمستان ۱۳۹۸ صفحه: ۹۱-۱۰۸

به منظور تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت و ژنوتیپ پایدار در ارقام و لاینهای امیدبخش کلزا با استفاده از روش تجزیه گرافیکی GGE بای پلات، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در زنجان در دو سال ۹۵-۱۳۹۳ اجرا شد. مواد گیاهی شامل ارقام اپرا و احمدی و ۸ لاین امیدبخش کلزا بود. نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین تاریخ کاشت، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. با تأخیر در کاشت میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ ها از مقدار ۴۵۴۷ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۱۵ مهر به مقدار ۲۱۱۸ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۱۵ آبان کاهش یافت. تجزیه گرافیکی بای پلات ژنوتیپ های کلزا نشان داد که دو مؤلفه اول در مجموع ۹۳ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه در تاریخ های مختلف کاشت را توجیه کردند. بای پلات نمایش بردار روابط متقابل بین تاریخ های کاشت مورد آزمایش نشان داد که تاریخ کاشت اول نسبت به دو تاریخ کاشت بعدی تأثیر بیشتری در تمایز و گروه بندی ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه داشت. نتایج این آزمایش نشان داد که تجزیه GGE بای پلات روش مناسبی در انتخاب ژنوتیپ بهتر و پایدارتر در تاریخ های کاشت مناسب و تأخیری بود. بر اساس نتایج حاصل، ژنوتیپ G9 با عملکرد دانه ۵۴۳۷ کیلوگرم در هکتار بهترین ژنوتیپ برای تاریخ کاشت اول و ژنوتیپ G7 با عملکرد دانه ۲۶۰۸ کیلوگرم در هکتار بهترین ژنوتیپ برای کشت تأخیری کلزا در منطقه مورد آزمایش بود.

واژه های کلیدی: پایداری، تاریخ کاشت، عملکرد دانه، GGE بای پلات

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: h.zeinalzadeh@areeo.ac.ir

مقدمه:

در حال حاضر حدود ۹۰ درصد نیاز کشور به روغن از خارج به صورت واردات انجام می شود (Zeinalzadeh-Tabrizi *et al.*, 2015) و لذا توجه به توسعه و کشت دانه های روغنی در راستای خودکفایی اقتصادی و تأمین امنیت غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است.

از آنجا که تولید موفق کلزا در یک منطقه بستگی به استفاده بهینه از ویژگی های اقلیمی آن منطقه دارد، میزان انطباق روند رشد گیاه طی دوره رشد با شرایط اقلیمی، عامل تعیین کننده ای بوده و می تواند در توضیح و تفسیر تفاوت ارقام کمک نماید (Ehteshami *et al.*, 2016). عملکرد دانه و روغن در کلزا به شدت تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار دارد. تأخیر در زمان کاشت این گیاه، کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت به موقع، فقط می تواند از طریق شناخت اقلیم، منطقه، عوامل محیطی و ویژگی های ارقام با انجام آزمایش ها در هر منطقه حاصل شود (Alyari *et al.*, 2000).

پژوهش های مختلف نشان داده که بین ارقام کلزا و محیط اثر متقابل معنی داری وجود دارد. بنابراین برای به دست آوردن عملکرد دانه و عملکرد روغن مطلوب به ارقامی نیاز است که با شرایط محیطی اقلیم مورد نظر سازگاری داشته باشند (Clarke *et al.*, 1978). تاریخ کاشت مناسب امکان رشد و نمو کافی را به محصول داده و اثرات خسارت زای ناشی از تنش ها را به حداقل می رساند (Shirani-Rad *et al.*, 2015).

از این رو، یکی از نیازهای مهم در برنامه ریزی زراعی برای به دست آوردن حداکثر عملکرد

و با کیفیت مطلوب، تعیین بهترین زمان کاشت محصول است. تاریخ کاشت عامل مهمی است که بر طول دوره رشد رویشی و زایشی و توازن بین آنها و نهایتاً عملکرد و کیفیت محصول تأثیر می گذارد. (Falla Haki *et al.*, 2012). اثر تأخیر در کشت بر روی افت عملکرد دانه و روغن (Ehteshami *et al.*, 2016, Falla-Haki *et al.*, 2009, Uzun *et al.*, 2010, Mostafavi-Rad *et al.*, 2003, Fathi *et al.*, 2010) کیفیت اسیدهای چرب (Turhan *et al.*, 2011, Omid) و سایر خصوصیات ارقام ژنوتیپهای کلزا توسط پژوهشگران مختلف بررسی شده است.

یکی از مطالعات مهم در اصلاح نباتات و بررسی های به نژادی، شناخت اثر متقابل بین ژنوتیپ ها با محیط های گوناگون است. در تجزیه و تحلیل داده های مزرعه ای حاصل از آزمایش ها، محیط می تواند به عنوان هر گونه عملیات مدیریتی مانند تاریخ کاشت، تراکم کاشت، کاربرد کود و ... که جهت تولیدکنندگان توصیه می شود تعریف شود (Balalić *et al.*, 2012). روش های متعددی به منظور تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برآورد ارقام پایدار در محیط های مختلف پیشنهاد شده است که هر کدام از آنها مبتنی بر روش های آماری خاصی بوده و دارای مزایا و معایب خاص خود می باشند. از طرف دیگر، بدیهی است که میزان عملکرد هر ژنوتیپ در محیط های آزمایش شده از اثر محیط (E)، اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (GE) تشکیل شده است. باوجوداینکه محیط بیش

مقادیر منفرد داده‌های عملکرد محیط مرکز (Gentered environment) بوجود می‌آیند. GGE بای پلات دارای مزایای زیادی می‌باشد. از جمله: مشاهده پلی گون 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 رتبه بندی محیط‌ها را فراهم می‌کند، امکان مشاهده روابط درونی مابین محیط‌ها و یا شناسایی محیط‌های تکراری را به ما می‌دهد، امکان رتبه بندی ارقام بر اساس عملکرد در یک محیط خاص و مقایسه ارقام با رقم ایده آل را فراهم می‌کند (Yan, 2001; Yan et al., 2000). از طرف دیگر، در تجزیه و تحلیل آماری طرح‌های آزمایشی، نه پیچیدگی در ارائه نتایج به خصوص در زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی دار است، بلکه ساده سازی و تاکید بیشتر بر نمودارهای گرافیکی ساده بجای استفاده از جداول آماری متعدد گنج کننده می‌باشد. در این راستا، هدف از این پژوهش استفاده از تجزیه و تحلیل گرافیکی GGE بای پلات و کارایی آن، (۱) برای تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت کلزا و (۲) تعیین پایدارترین ژنوتیپ در تاریخ کاشت‌های معمول و تاخیری در ارقام و لاین‌های امیدبخش کلزا در منطقه مورد آزمایش بود.

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 می‌شود (Yan et al., 2000). در آزمایش‌هایی که برای تعیین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به کار می‌روند اغلب تعیین الگوهای پاسخ ژنوتیپ × محیط بدون کمک گرفتن از نمایش گرافیکی داده‌ها مشکل است (Yan, 2001). تجزیه بای پلات یک روش تجزیه‌ای چندمتغیره است که انواع داده‌های دوطرفه (مانند ژنوتیپ × تاریخ کاشت) را به صورت گرافیکی نشان داده و اجازه مشاهده روابط درونی بین محیط‌ها و روابط درونی مابین ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌سازد (Yan et al., 2000). بای پلات همچنین یک ابزار مناسب برای خلاصه سازی داده‌ها و برآورد الگوهای پاسخی که در داده‌های اصلی وجود دارند، می‌باشد (Gabriel, 1971). دو نوع از بای پلات‌ها، برای استفاده در داده‌های دوطرفه ژنوتیپ × محیط استفاده شده اند که عبارتند از ۱- مدل AMMI (Additive Main Effect and Multiplicative Interaction) که بر پایه اثرات افزایشی و اثر متقابل ضربی استوار است. ۲- روش GGE بای پلات، که از اثرات اصلی ژنوتیپ بعلاوه اثرات متقابل ژنوتیپ با محیط استفاده می‌کند (Ebadi, 2006). بدین منظور یان و همکاران (Yan et al., 2000) بر اساس محاسبه $G + GE$ پیشنهاد دادند که از یک روش تجزیه گرافیکی بای پلات استفاده شود و آن را GGE بای پلات نامیدند. GGE بای پلات با استفاده از دو مولفه اصلی ساخته می‌شود که این دو مولفه از تجزیه به

می شود. داده های هواشناسی طی سالهای آزمایش (۱۳۹۳-۱۳۹۵) در جدول ۱ آورده شده است.

مواد گیاهی

بجز رقم Opera که خاستگاه آن کشور سوئد بوده و آزاد کرده افشان است، سایر ارقام

مواد و روش ها

خصوصیات اقلیمی محل آزمایش

این تحقیق در مزرعه آزمایشی در روستای حسن ابدالی واقع در ۳ کیلومتری جنوب شرقی شهر زنجان با مختصات ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه عرض

جدول ۱. داده های هواشناسی طی سالهای ۱۳۹۳-۱۳۹۵ در منطقه زنجان

Table 1. Meteorological data during 2014-2016 cropping seasons in Zanjan region

ماه	۱۳۹۵-۱۳۹۴		۱۳۹۴-۱۳۹۳	
Month	2015-2016		2014-2015	
	میانگین بارندگی (میلیمتر)	میانگین دما (درجه سانتیگراد)	میانگین بارندگی (میلیمتر)	میانگین دما (درجه سانتیگراد)
	Mean precipitation (mm)	Mean temperature (°C)	Mean precipitation (mm)	Mean temperature (°C)
مهر 23 Sep-22 Oct	0.4	11.4	0.6	13
آبان 22 Oct-22 Nov	23.2	7	23.5	8
آذر 22 Nov-21 Dec	58.9	6.2	63.6	5.1
دی 21 Dec-20 Jan	40	-5	6.7	-3
بهمن 21 Jan-20 Feb	24.3	1	29.7	3
اسفند 20 Feb-20 Mar	14.4	2.1	37	3.3
فروردین 20 Mar -20 Apr	12.5	2	25.3	4.8
اردیبهشت 21 Apr-21 May	10.5	11	50.8	15
خرداد 22 May-21 Jun	22	20	14	23

و لاین ها خاستگاه ایرانی داشتند که لاین های امید بخش و آزاد کرده افشان بودند. با توجه به اینکه این لاین ها در سالهای اخیر در برنامه به نژادی کلزا در آزمایشات نهایی سازگاری در مناطق کرج، همدان، کرمانشاه، خراسان رضوی، فارس و اصفهان جزو بهترین لاین ها بودند، جهت ارزیابی تاریخی کاشت در منطقه

جغرافیایی با ارتفاع ۱۷۷۰ متر از سطح دریا انجام شد. بر اساس آمار هواشناسی بلند مدت در منطقه، متوسط درجه حرارت ۱۰/۴ درجه سانتی گراد و میانگین بارندگی ۲۸۴/۵ میلیمتر و متوسط تعداد روزهای یخبندان آن ۱۴۲ روز می باشد. این منطقه در تقسیم بندی های آب و هوایی جزء اقلیم نیمه خشک و سرد محسوب

جدول ۲. مشخصات ژنوتیپهای مورد استفاده کلزا در ۳ تاریخ کاشت مختلف

Table 2. Characteristics of the rapeseed genotypes used in three different planting dates

ردیف	نام ژنوتیپ	کد اختصاص یافته	خاستگاه	تیپ
No.	Genotype name	Code	Origin	Type
1	Opera	G1	سوئد Sweden	آزادگرده افشان Open-pollinated
2	Ahmadi	G2	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
3	KR4	G3	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
4	GA096 × Zarfam (1)(2)	G4	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
5	Okapi × GA096 (2)(5)	G5	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
6	Orient × Modena (2)(4)	G6	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
7	Orient × Modena (5)(4)	G7	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
8	Okapi × GA096 (2)(2)	G8	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
9	Okapi × GA096 (5)(2)	G9	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated
10	GA096 × Zarfam (5)(1)	G10	ایران Iran	آزادگرده افشان Open-pollinated

اعداد داخل پرانتز، شماره تلاقی انجام یافته لاین امید بخش را نشان میدهد.

The numbers in parentheses indicate the number for each crossing of the promising line.

مهر به عنوان تاریخ کاشت معمول، ۳۰ مهر به عنوان تاریخ کاشت نیمه-تاخیری و ۱۵ آبان به عنوان تاریخ کاشت تاخیری) به عنوان عامل اصلی و ۱۰ رقم و لاین کلزا به عنوان عامل فرعی بودند (جدول ۲). بر اساس آزمون خاک، بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی و اسیدیته آن ۷/۷ بود. آماده سازی زمین آزمایش در شهریور سال ۱۳۹۳ انجام شد. کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک توصیه شده اعمال گردید. هر کرت آزمایش شامل ۴ ردیف کاشت با فاصله

زنجان مورد استفاده قرار گرفتند. مشخصات ارقام و لاین های مورد استفاده در جدول ۲ آمده است.

مشخصات طرح آزمایشی

به منظور تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت و ژنوتیپ پایدار در ارقام و لاین های امیدبخش کلزا آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال (۱۳۹۳-۱۳۹۵) اجرا شد. در آزمایش مذکور ۳ تاریخ کاشت (۱۵

دانه کاهش یافت. بیشترین میزان عملکرد دانه ژنوتیپ های کلزا در تاریخ کاشت اول ۱۵ مهر به مقدار ۴۵۴۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت سوم ۱۵ آبان به مقدار ۲۱۱۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). به نظر می رسد در تاریخ کاشت اول ۱۵ مهر ماه، کلزا در منطقه مورد کشت می تواند از حداکثر شرایط محیطی برای تولید عملکرد دانه مطلوب استفاده کند و با تاخیر در کاشت از میزان عملکرد دانه به طور معنی داری کاسته شده است. نتایج این آزمایش با مطالعه خیاط و همکاران (Khayat *et al.*, 2015) مشابه بود. شیرانی راد و همکاران (Shirani-Rad *et al.*, 2015) بیان کردند که طول فصل رشد بیشتر به دلیل تاریخ کاشت مناسب تر باعث افزایش دریافت تشعشع خورشیدی و فتوسنتز بالا در کلزا می شود و در نتیجه پرشدن دانه در خورجین را تحت تاثیر قرار داده و در نهایت باعث افزایش عملکرد می شود. نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده در گیاه خردل در یک راستا بود (Singh *et al.*, 2015).

تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت و ژنوتیپ

پایدار

تجزیه گرافیکی بای پلات ژنوتیپ های کلزا نشان داد که دو مولفه اول در مجموع ۹۳ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه در تاریخ های مختلف کاشت را توجیه کردند (شکل ۱). از این تغییرات ۶۳ درصد مربوط به مولفه اول و ۳۰ درصد مربوط به مولفه دوم بود (جدول ۴). در جدول ۵ مقادیر واریانس توجیه شده توسط ژنوتیپ، محیط (تاریخ کاشت) و اثر

۳۰ سانتیمتر بین ردیف و ۵ سانتیمتر بوته روی ردیف به طول ۶ متر بود. عملیات داشت و مبارزه با علفهای هرز و آبیاری طبق عرف منطقه انجام یافت. بعد از حذف اثر حاشیه ای از هر کرت آزمایشی، عملکرد دانه کرت بدست آمده و بر اساس آن عملکرد در هکتار تعیین گردید.

محاسبات آماری

قبل از تجزیه واریانس داده ها، شناسایی داده های پرت و نرمال بودن توزیع داده ها به ترتیب توسط آزمون گراب (Grubbs, 1969) و شاپیرو-ویلک (Shapiro & Wilk, 1965) توسط نرم افزار Statgraphics (Statgraphics) انجام شد. بعد از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده ها و یکنواخت بودن واریانس خطای آزمایشی، تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS (SAS Institute, 2008) با در نظر گرفتن اثر سال به عنوان فاکتور تصادفی و محاسبه صورت و مخرج آزمون F با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییر انجام یافت. جهت انجام روش تجزیه گرافیکی برای تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت و ژنوتیپ پایدار در ارقام و لاین های امیدبخش کلزا، نرم افزار GGE biplot (Yan, 2001) نسخه ۲/۲ با ورود جدول دو طرفه داده های ژنوتیپ × تاریخ کاشت استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین سال، تاریخ کاشت، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۳). با تاخیر در کاشت از تاریخ کاشت اول ۱۵ مهر تا تاریخ کاشت سوم ۱۵ آبان میزان عملکرد

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ های کلزا در دو سال ۱۳۹۵-۱۳۹۳

Table 3. Analysis of variance for seed yield of rapeseed genotypes during 2014-2016 cropping seasons

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield
سال Year (Y)	1	*
Y1		3259 ^b
Y2		3500 ^a
LSD _{0.05}		69.53
تاریخ کاشت Planting date (S)	2	**
S1		4547 ^a
S2		3474 ^b
S3		2118 ^c
LSD _{0.05}		266.65
ژنوتیپ Genotype (G)	9	**
G1		3406 ^{bc}
G2		2870 ^e
G3		3647 ^{ab}
G4		3214 ^{cd}
G5		3450 ^{abc}
G6		3081 ^{de}
G7		3674 ^a
G8		3125 ^d
G9		3654 ^{ab}
G10		3678 ^a
LSD _{0.05}		251.08
Y × S	2	**
Y × G	9	**
S × G	18	**
Y × S × G	18	ns
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.24

* و ** به ترتیب در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی دار است

*and** are significant at 5 % and 1 % probability levels, respectively.

جدول ۴. درصد واریانس توجیه شده توسط دو مؤلفه اصلی حاصل از تجزیه باپلات

Table 4. Percentage of variances explained by each principal component

شماره مؤلفه اصلی Component no.	مجموع مربعات Sum of squares	درصد مجموع واریانس Percentage of total variance
1	1720.997	63
2	1191.869	30
3	539.856	6

جدول ۵. اهمیت نسبی ژنوتیپ، تاریخ کاشت و اثر متقابل بین آنها بر اساس دو مؤلفه اصلی حاصل از تجزیه بای پلات

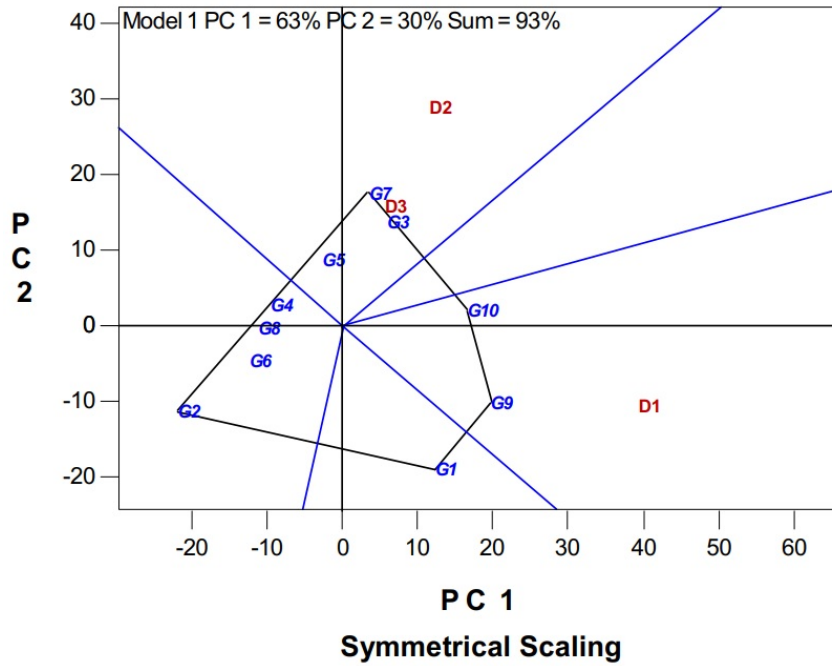
Table 5. Relative importance of the genotypes, planting dates and their interaction based on two first components of biplot analysis

	مجموع مربعات Sum of squares (SS)	درصد نسبت به مجموع مربعات کل Percentage of total SS
محیط (تاریخ کاشت) Environment (planting date)	29638733.6	86
ژنوتیپ Genotype	2307078.2	7
اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت G×E interaction	2366747.7	7
مجموع Total	34312559.5	100

بیشترین عملکرد دانه را در تاریخ کاشت اول (۱۵ مهر) و ژنوتیپ G7 بیشترین عملکرد دانه را در تاریخ کاشت دوم (۳۰ مهر) و سوم (۱۵ آبان) داشتند (شکل ۱). این نتیجه را می توان از رسم بای پلات های اختصاصی هر محیط و یا تاریخ کاشت نیز استنباط کرد (شکل های ۲، ۳ و ۴). شکل ۵ (بای پلات بردار محیطی متوسط) مشاهده میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ ها را در واحد عملکرد به طور همزمان امکان پذیر می سازد. محور قرمز رنگ نشان دهنده میانگین عملکرد ژنوتیپ هاست (G) که به صورت زاویه از محور اصلی بای پلات فاصله گرفته است. دایره قرمز رنگ در نوک پیکان نیز ژنوتیپ ایده آل (دارای بالاترین عملکرد و پایدار در تمام

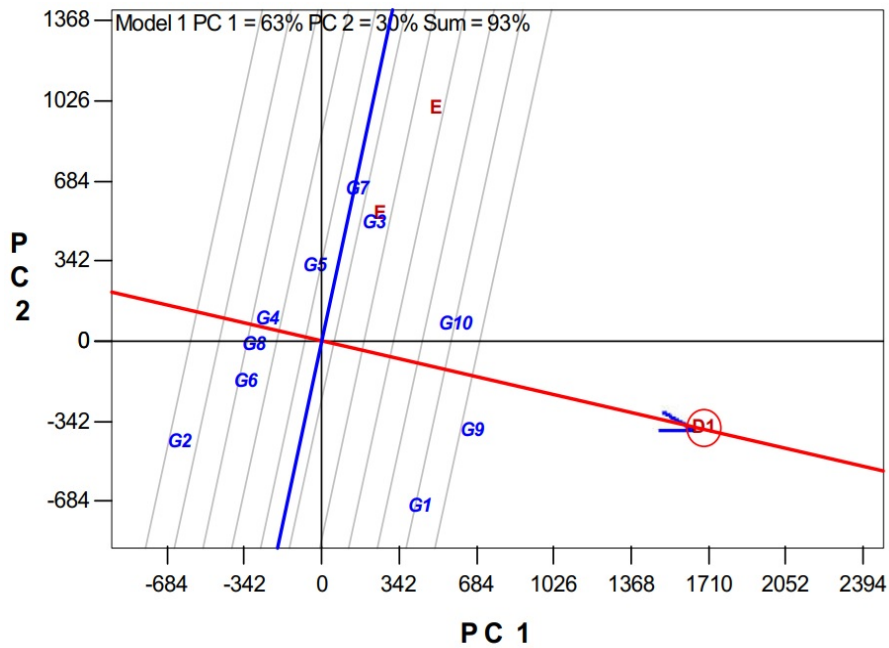
متقابل بین آنها آورده شده است. بر این اساس ۸۶ درصد واریانس توجیه شده توسط دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه بای پلات مربوط به تاریخ کاشت، ۷ درصد مربوط به ژنوتیپ و ۷ درصد مربوط به اثر متقابل بین آنها بود.

شکل ۱ الگوی چندضلعی اثرات متقابل را بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ های کلزا در تاریخ های مختلف کاشت نشان می دهد. از این الگو برای درک مفهوم کدام-برتر-کجا (which-won-where pattern) برای تشخیص آسان اینکه کدام ژنوتیپ برای چه محیطی (تاریخ کاشت) مناسب است، استفاده می شود. نمودار بای پلات برای ۱۰ ژنوتیپ کلزا در ۳ تاریخ کاشت مختلف نشان داد که ژنوتیپ G9،



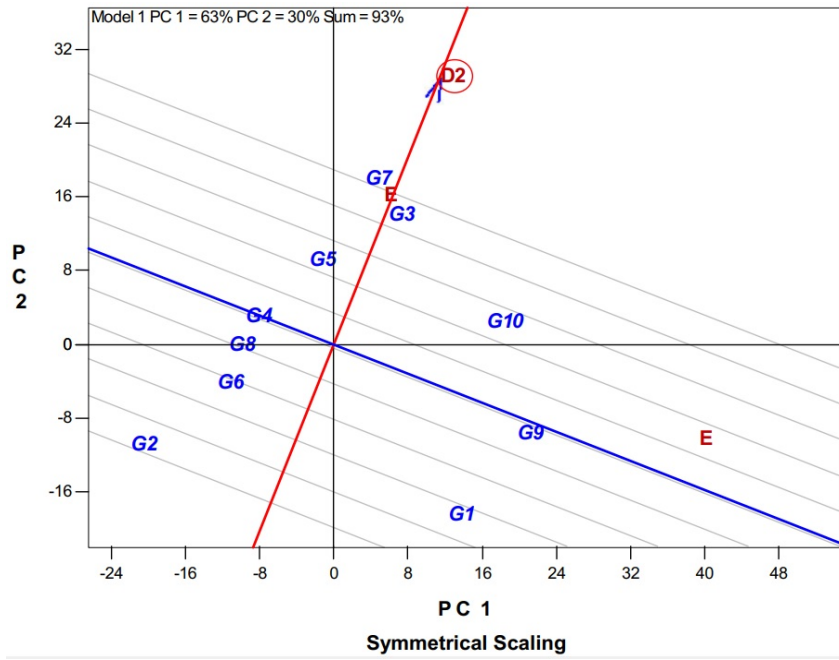
شکل ۱. تجزیه گرافیکی GGE biplot و نمایش الگوی کدام-برتر-کجا بر اساس عملکرد دانه ۱۰ ژنوتیپ کلزا در ۳ تاریخ کاشت مختلف (D1: ۱۵ آبان; D2: ۳۰ مهر; D3: ۱۵ مهر)

Fig 1. GGE biplot analysis and display of which-won-where pattern based on seed yield of ten rapeseed genotypes in three different planting dates (D1: October 7; D2: October 22; D3: November 6)



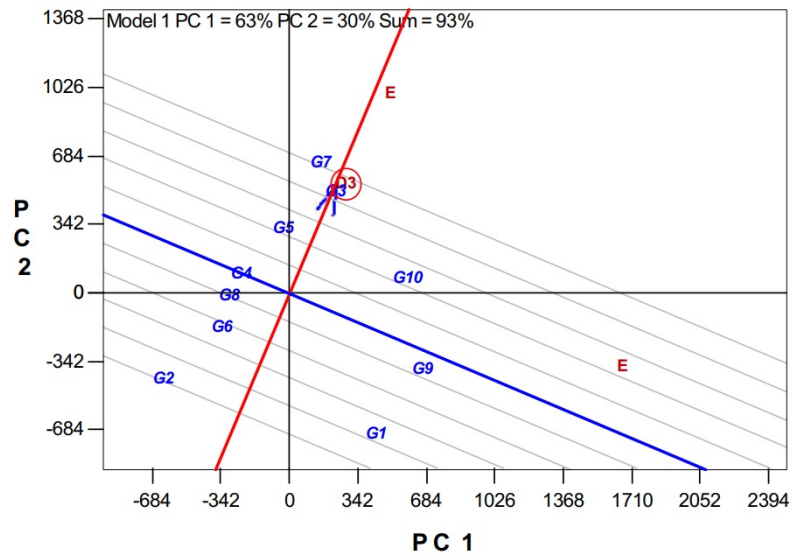
شکل ۲. رتبه بندی تمام ژنوتیپها در تاریخ کاشت اول (۱۵ مهر)

Fig 2. Ranking of all genotypes for the first planting date (D1: October 7)



شکل ۳. رتبه بندی تمام ژنوتیپها در تاریخ کاشت دوم (۳۰ مهر)

Fig 3. Ranking of all genotypes for the second planting date (D2: October 22)

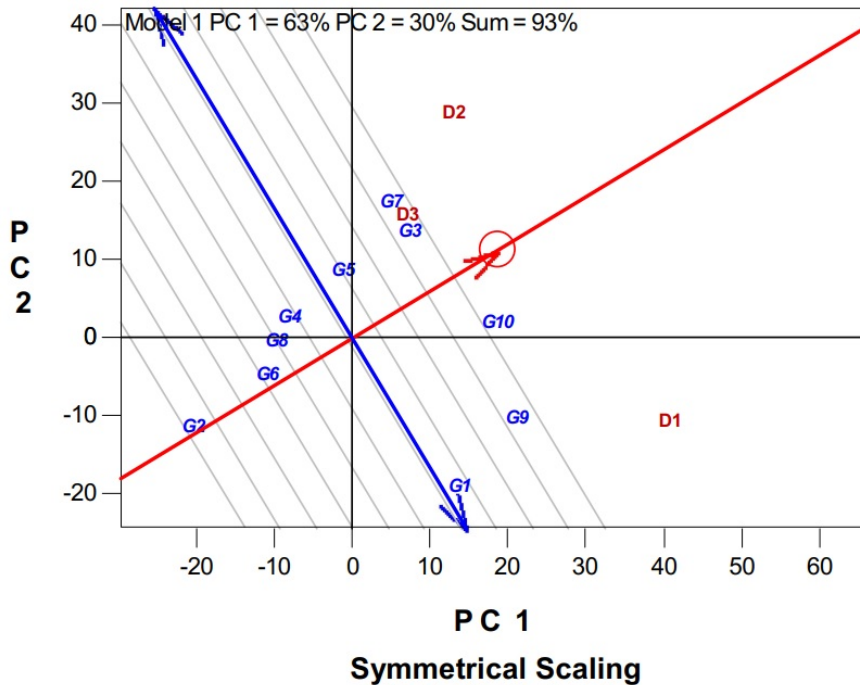


شکل ۴. رتبه بندی تمام ژنوتیپها در تاریخ کاشت سوم (۱۵ آبان)

Fig 4. Ranking of all genotypes for the third planting date (D3: November 6)

محور قرمز رنگ به سمت بالا یا پایین بای پلات بیشتر باشد از پایداری کمتری برخوردار است (شکل ۵). به عنوان مثال ژنوتیپ G1 نسبت به G9 به دلیل فاصله بیشتر از محور قرمز رنگ از پایداری کمتری برخوردار است. بر اساس بای پلات بردار محیط متوسط ژنوتیپ G10 بالاترین عملکرد متوسط را در بین سه محیط مختلف (در اینجا تاریخ کاشت) دارد و همچنین به دلیل فاصله کم نسبت به محور قرمز رنگ از پایداری بالایی نیز برخوردار است. از این نمودار بای پلات همچنین می توان دریافت که ژنوتیپ های G5، G4، G8، G6 و G2 به دلیل قرارگیری در

تاریخ های کاشت) را نشان می دهد. به عبارت دیگر از سمت راست بای پلات به سمت چپ از میزان عملکرد دانه ژنوتیپ ها کاسته می شود. رتبه بندی ژنوتیپ ها بر اساس میزان عملکرد آنها بوسیله خطوط خاکستری رنگ عمود بر محور قرمز رنگ مشخص شده است. بدین ترتیب ژنوتیپ های G10، G3، G7 و G9 دارای بیشترین عملکرد و ژنوتیپ های دارای کمترین عملکرد دانه در تاریخ های کاشت مختلف بودند. محور آبی رنگ عمود بر محور قرمز رنگ نیز میزان اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و یا پایداری ژنوتیپ ها (GEI) را نشان می دهد. به عبارت دیگر هرچه قدر فاصله ژنوتیپ از



شکل ۵. بردار محیط متوسط (AEC) پایداری عملکرد دانه ژنوتیپهای کلزا به روش تجزیه گرافیکی GGE بای پلات در ۳ تاریخ کاشت مختلف

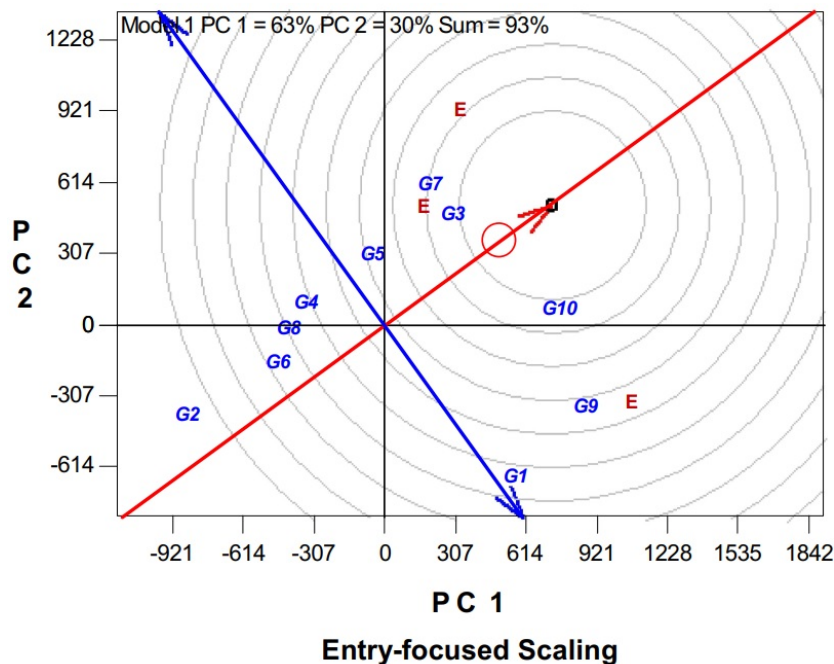
Fig 5. Average environment coordination (AEC) of seed yield stability in rapeseed genotypes using GGE biplot analysis in three different planting dates

سازد ولی رقم با عملکرد پایین را بدتر نمایش می دهد. اسکریج (Eskridge, 1996) نتیجه گرفت که پایداری از وراثت پذیری کمتری نسبت به میانگین عملکرد برخوردار است. بنابراین پایداری به همراه میانگین عملکرد مفید بوده و روش GGE بای پلات آن را به یک معیار تبدیل می کند که به روش گرافیکی قابل ارزیابی است (Yan et al., 2000).

مدل کامل در بررسی تغییرات فنوتیپی شامل محیط (E)، ژنوتیپ (G) و اثر متقابل آنها (GEI) است و محیط (E) را در بر می گیرد که معمولاً چند بار بزرگتر از G و GEI است ولی با ارزیابی ارقام ارتباطی ندارد. مدل GGE بای پلات این

سمت چپ نمودار همگی دارای عملکرد کمتر از متوسط بوده و در هیچ یک از تاریخ های کاشت پایدار نبودند.

کانگ (Kang, 1993) و یان (Yan, ۱۹۹۹) نتیجه گرفتند که معیار پایداری تعیین شده بوسیله اثر متقابل ژنوتیپ در محیط تنها زمانی مفید است که همراه با میانگین عملکرد G در نظر گرفته شود. به عنوان مثال در شکل ۵، G6 نسبت به G9 پایدارتر است چون فاصله کمتری از بردار محیط متوسط دارد اما به هیچ عنوان مطلوب نیست چون دارای عملکرد به مراتب کمتری از G9 است (جدول ۳). آنها نتیجه گرفتند که پایداری یک مضرب بدون بعد است که رقم دارای عملکرد زیاد را بهتر نمایان می



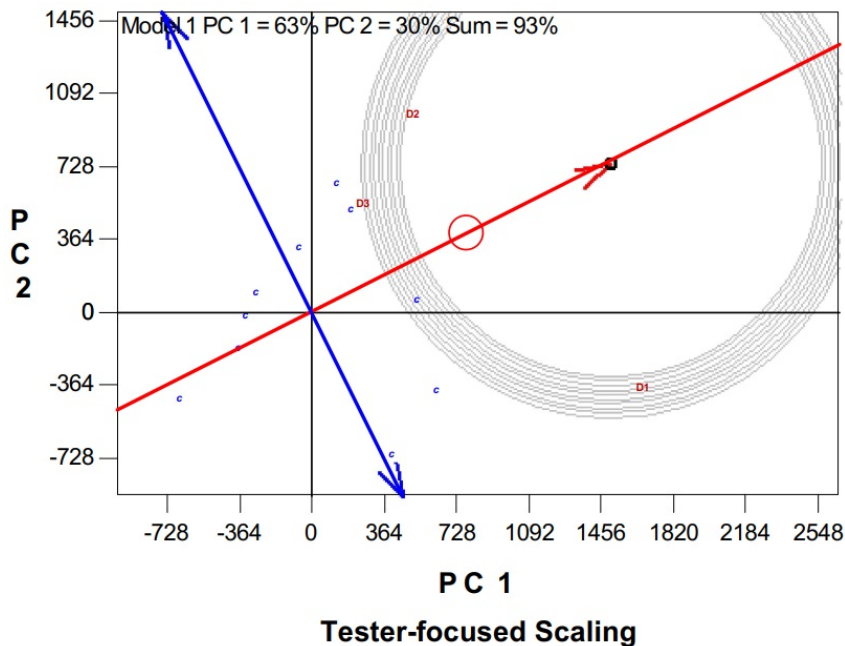
شکل ۶. رتبه بندی عملکرد دانه ژنوتیپهای کلزا بر اساس ژنوتیپ ایده آل با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE بای پلات در ۳ تاریخ کاشت مختلف (D1: ۱۵ آبان; D2: ۳۰ مهر; D3: ۱۵ مهر)

Fig 6. Ranking of seed yield in rapeseed genotypes based on ideal genotype using GGE biplot analysis in three different planting dates

های G10، G3، G7 به عنوان ژنوتیپ پایدار و دارای عملکرد بالا محسوب میشوند (شکل ۶). شکل ۷ بای پلات مقایسه تاریخ های مختلف کاشت با تاریخ کاشت ایده آل را نشان می دهد. مرکز دوایر متحدالمرکز نشان دهنده محیط ایده آل و یا به عبارتی تاریخ کاشت ایده آل می باشد. بر این اساس، تاریخ کاشت دوم به عنوان پایدارترین تاریخ کاشت شناخته شد. دلیل اینکه تاریخ کاشت دوم و نه اول به عنوان تاریخ کاشت ایده آل توسط بای پلات تعیین شده را می توان به پایین تر بودن میانگین ضریب تغییرات تمام ژنوتیپ ها در تاریخ کاشت دوم نسبت داد. به عبارت دیگر با تاخیر در کاشت، تغییرات عملکرد ژنوتیپ ها در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول کمتر شده است. فاصله عمودی تاریخ کاشت اول تا سوم با محور

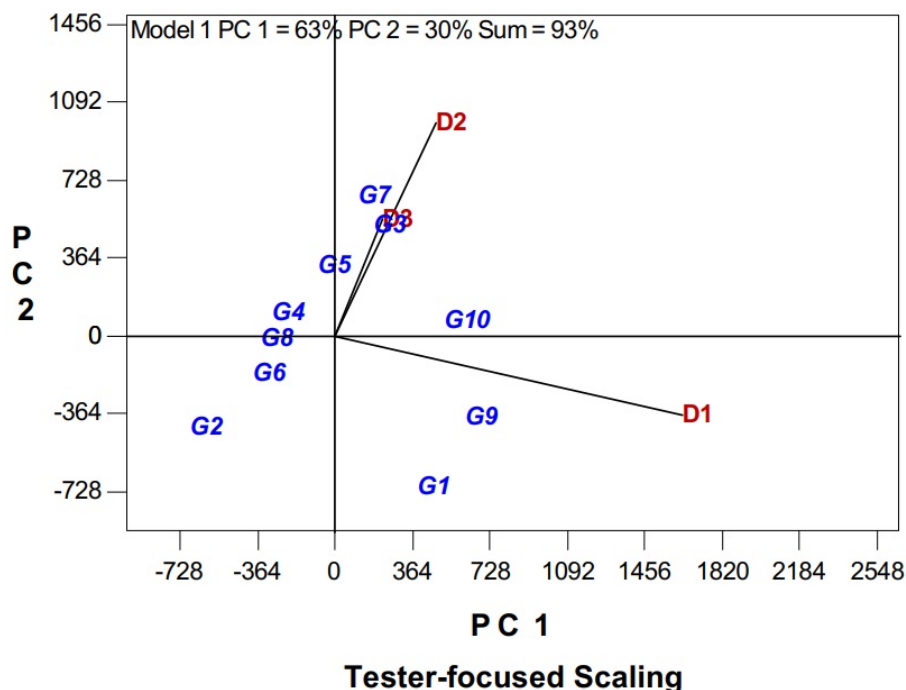
امکان را فراهم می کند که تجزیه و تحلیل داده ها تنها بر بخش مفید داده ها یعنی G و GEI متمرکز شود (Yan & Kang, 2002).

شکل ۶ بای پلات مقایسه کلیه ژنوتیپ ها با ژنوتیپ ایده آل را نشان می دهد. دایره قرمز رنگ در نوک پیکان محور قرمز، ژنوتیپ فرضی ایده آل را نشان می دهد که دارای بالاترین عملکرد و پایداری در بین تمام ژنوتیپ ها و محیطها می باشد که در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار گرفته است. در عمل چنین ژنوتیپی وجود خارجی ندارد اما رتبه بندی بقیه ژنوتیپ ها بر اساس این ژنوتیپ ایده آل مشخص می شود (Yan & Kang, 2002). به عبارت دیگر ژنوتیپ هایی که در نزدیک ترین دایره نسبت به ژنوتیپ ایده آل قرار دارند از میزان عملکرد و پایداری بالاتری برخوردار هستند. بر این اساس ژنوتیپ



شکل ۷. بای پلات مقایسه تاریخهای مختلف کاشت (D1: ۱۵ مهر; D2: ۳۰ مهر; D3: ۱۵ آبان) با تاریخ کاشت ایده آل بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپهای کلزا با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE بای پلات

Fig 7. Comparing different planting dates with ideal planting date based on seed yield of rapeseed genotypes using GGE biplot analysis



شکل ۸. نمایش بردار روابط متقابل بین تاریخهای کاشت مورد آزمایش (D1: مهر: ۱۵; D2: مهر: ۳۰; D3: آبان: ۱۵)
 Fig 8. Vector view of GGE biplot for the interactions among different planting dates

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین تاریخ های مختلف کاشت

Table 6. Correlation coefficients among different planting dates

	D1	D2	D3
D1: مهر: ۱۵	1		
D1: October 7			
D2: مهر: ۳۰	0.218	1	
D2: October 22			
D3: آبان: ۱۵	0.141	0.617	1
D3: November 6			

سوم زاویه کمتری با هم دارند که نشان دهنده همبستگی مثبت و بالای آنها با همدیگر است (جدول ۶). همچنین تاریخ کاشت سوم با طول بردار کوتاهتر نشان می دهد که نقش آن در تفکیک و گروه بندی ژنوتیپ ها نسبت به تاریخ کاشت اول و دوم کمتر است. یان و کانگ (Yan & Kang, 2002) بیان کردند که طول بردارهای محیطی انحراف استاندارد درون هر محیط را برآورد می کند که معیاری برای توانایی آنها برای تمایز و گروه بندی ژنوتیپ هاست به

تاریخ کاشت ایده آل به خوبی این وضعیت را نمایش می دهد (شکل ۷). در بای پلات شکل ۸ سه تاریخ کاشت با هم از نظر وزن آنها در گروه بندی ژنوتیپ ها و تمایز آنها از همدیگر مقایسه شده اند. تاریخ کاشت اول با طول بردار طولانی تر و داشتن زاویه بیشتر نسبت به دو تاریخ کاشت بعدی نشان می دهد که تاثیر بیشتری در تمایز ژنوتیپ ها از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ های مورد بررسی دارد. از طرف دیگر تاریخ های کاشت دوم و

× محیط استفاده می کنند از جمله ژنوتیپ ×
 صفت، ژنوتیپ میزبان × سویه پاتوژن، ژنوتیپ
 × تیمار (تاریخ کاشت، تراکم کاشت، کاربرد
 کود و ...)، اثر متقابل علف کش × حشره کش،
 داده های اثر متقابل ژن یا QTL × محیط و غیره
 می تواند مفید و سودمند باشد.

نتیجه گیری

داشتن یک زراعت مطلوب مستلزم آزمون
 استفاده از ارقام مختلف و تغییر محیط از طریق
 تغییر در تاریخ کاشت محصول مورد نظر است.
 تاریخ کاشت مناسب عامل مهمی در دستیابی به
 عملکرد بالا به ویژه در شرایط آبیاری مطلوب به
 شمار می رود. از طرف دیگر، درک الگوهای
 بصری نسبت به نتایج عددی و ارائه جداول
 متعدد آماری در تجزیه و تحلیل داده های
 کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است.
 نرم افزار GGE بای پلات با رابط گرافیکی
 کاربرپسند می تواند انواع مختلفی از داده های
 دو طرفه را تجزیه کرده و درک سریع و کاملی
 از روابط بین ژنوتیپ ها، محیط ها و اثر متقابل
 بین آنها فراهم آورد. نتایج این آزمایش نشان
 داد که تجزیه GGE بای پلات روش مناسبی در
 انتخاب ژنوتیپ بهتر و پایدارتر در تاریخ های
 کاشت معمول و تاخیری بود. ژنوتیپ G9 با
 عملکرد دانه ۵۴۳۷ کیلوگرم در هکتار بهترین
 ژنوتیپ برای تاریخ کاشت اول و ژنوتیپ G7
 با عملکرد دانه ۲۶۰۸ کیلوگرم در هکتار برای
 کشت تاخیری کلزا در منطقه مورد آزمایش بود.

طوری که محیط هایی که قابلیت تمایز ندارند
 نمی توانند اطلاعات مفیدی درباره ژنوتیپ ها
 ارائه دهند. کروونبرگ (Kroonenberg, 1995)
 نتیجه گرفت که کسینوس زاویه بین بردارهای
 دو محیط، برآورد و تخمینی از ضریب
 همبستگی بین آنها را نشان می دهد. نتایج این
 تحقیق با نتایج بدست آمده در گیاه گندم در
 یک راستا بود (Taghizadeh *et al.*, 2017).
 آنها از روش تجزیه گرافیکی GGE بای پلات
 برای تعیین بهترین رقم و تاریخ کاشت در ارقام
 گندم استفاده کردند و نتیجه گرفتند که رقم
 گنبد بالاترین عملکرد و بهترین پایداری را در
 چهار تاریخ کاشت مختلف دارد. نتایج آزمایش
 آنها همچنین نشان داد که GGE بای پلات
 روشی مناسب برای گزینش همزمان عملکرد و
 پایداری بوده و اطلاعات مفیدی در خصوص
 ژنوتیپ ها و محیط های تحت بررسی در اختیار
 قرار می دهد. بالالیچک و همکاران (Balalić *et al.*, 2012)
 از تجزیه گرافیکی GGE بای پلات
 برای ارزیابی اثر متقابل هیبرید × تاریخ کاشت
 بر روی محتوای روغن و عملکرد روغن در
 آفتابگردان، ما و همکاران (Ma *et al.*, 2004)
 از این روش برای ارزیابی اثر متقابل سال، مکان،
 ژنوتیپ و کود نیتروژن بر عملکرد ارقام بهاره
 گندم و کاندیل و همکاران (Kandil *et al.*,
 2012) برای تعیین بهترین عملکرد ژنوتیپ های
 امیدبخش سویا در تاریخ های مختلف کاشت
 استفاده کردند. به عقیده یان و همکاران (Yan
et al., 2000) روش تجزیه گرافیکی GGE بای
 پلات نه تنها در تجزیه پایداری ارقام بلکه در
 تمام داده هایی که از جدول دو طرفه ژنوتیپ

References

- Alyari, H., Shekari, F., and Shekari, F. 2000. Oil seeds (Agronomy and physiology). Amidi Publication. Tabriz. Iran. (In Persian)
- Balalić, I., Zorić, M., Branković, G., Terzić, S., and Crnobarac, J. 2012. Interpretation of hybrid× sowing date interaction for oil content and oil yield in sunflower. *Field Crops Research*, 137:70-77.
- Clarke, J., and Simpson, G. 1978. Growth analysis of *Brassica napus* cv. Tower. *Canadian Journal of Plant Science*, 58(3): 587-595.
- Ebadi, A. 2006. Genotype by environment interaction in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. M.Sc Dissertation, Tarbiyat Modares University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ehteshami, S., Tehrani, A.A., and Samadi, B. 2016. Effect of planting date on some phenological and morphological characteristics, yield and yield components of five rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 108:111-120. (In Persian with English Summary)
- Eskridge, K. 1996. Analysis of multiple environment trials using the probability of outperforming a check. In M.S. Kang and H. Gauch (Eds.), *Genotype by environment interaction*. CRC Press, NY, USA (pp. 273-307).
- Fallah-Haki, M. H., Yadavi, A., Movahhedi-Dehnavi, M., Balouchi, H., and Faraji, H. 2012. The effect of planting date on phenological stages and quantity traits of four winter rapeseed cultivars in yasouj. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 35(2): 99-113. (In Persian with English Summary)
- Fathi, G., Siadat, S., and Hemaity, S. 2003. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. *Acta agronomica hungarica*, 51(3): 255-249.
- Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58(3): 453-467.
- Grubbs, F.E. 1969. Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics*, 11(1): 1-21.
- Kandil, A., Sharief, A., Morsy, A., and El-Sayed, A. M. 2012. Performance of some promising genotypes of soybean under different planting dates using biplots analysis. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(2): 379-385.
- Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85(3): 754-757.
- Khayat, M., Rahnama, A., Lorzadeh, S., and Lack, S. 2015. Growth analysis rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes in different sowing date under warm and semiarid climate condition in South West of Iran. *Journal of Biodiversity*

- and Environmental Sciences, 6(1): 387-394.
- Kroonenberg, P.M. 1995. Introduction to biplots for $G \times E$ tables, Dept. of Mathematics, Res. ep. #51, University of Queensland.
- Ma, B., Yan, W., Dwyer, L., Fregeau-Reid, J., Voldeng, H., Dion, Y., and Nass, H. 2004. Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. *Agronomy Journal*, 96(1): 169-180.
- Mostafavi-Rad, M., and Mirabdolhaq, A. 2010. Evaluation of delayed sowing dates on quantitative and qualitative traits and dry matter remobilization in three winter rapeseed cultivars in Markazi Province. *Plant Production*, 33(1): 49-66. (In Persian with English Summary)
- Omidi, H., Tahmasebi, Z., Naghdi-Badi, H.A., Torabi, H., and Miransari, M. 2010. Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.), as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. *Comptes Rendus Biologies*, 333(3): 248-254.
- SAS Institute. 2008. SAS/STAT User's Guide Version 9.1: SAS Institute, Cary, NC.
- Shapiro, S.S., and Wilk, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52: 591-611.
- Shirani-Rad, A.H., Bitarafan, Z., Rahmani, F., Taherkhani, T., Moradi-Aghdam, A., and Nasresfahani, S. 2015. Effects of planting date on spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(2): 153-157.
- Singh, A. K., Singh, H., Rai, O., Singh, G., Prakash, V., Singh, N. P. S., and Singh, R. 2017. Effect of sowing dates and varieties for higher productivity of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2): 883-887.
- Statgraphics Centurión, X. 2006. by StatPoint. Inc. Version, 15(05): 1982-2007.
- Taghizadeh, Z., Sabouri, H., Fallahi, H. A., Dadras, A. R., and Taghizadeh, A. 2017. Identification of best cultivars and planting date of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Gonbad Kavous region using GGE Biplot method. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 13(3): 63-76. (In Persian with English Summary)
- Turhan, H., Gül, M.K., Egesel, C.Ö., Kahriman, F. 2011. Effect of sowing time on grain yield, oil content, and fatty acids in rapeseed (*Brassica napus* subsp. *oleifera*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35 (3):225-234.
- Uzun, B., and Furat, S. 2009. Sowing date effects on growth, flowering, oil content and seed yield of canola cultivars. *Asian Journal of Chemistry*, 21(3): 1957-1965.

- 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 Dissertation, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Yan, W. 2001. GGEbiplot-a Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93(5): 1111-1118.
- Yan, W., Hunt, L., Sheng, Q., and Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop science*, 40(3): 597-605.
- Yan, W., and Kang, M. S. 2002. *GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*: CRC Press.
- Zeinalzadeh-Tabrizi, H., Haliloglu, K., and Razban-Haghighi, A. 2015. Genetic diversity of sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.) using TRAP markers. *Crop Biotechnology*, 12: 39-53. (In Persian with English Summary)

Determination of suitable planting date and stable genotype among cultivars and promising lines of rapeseed (*Brassica napus* L.) using GGE Biplot graphical analysis

Mitra kheybari¹, Saeid Saifzadeh², Amir-Hossein Shirani-Rad³, Esmail Hadidi-Masouleh², Hamid-Reza Zakerin² and Hossein Zeinalzadeh-Tabrizi^{4*}

1. Ph.D of agronomy, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
3. Professor, Oil Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil (Moghan), Iran. (Corresponding author)

Received: May 2018 Accepted: January 2020- DOI: 10.22092/aj.2019.121709.1295

Extended Abstract

Kheybari, M., Saifzadeh, S., Shirani-Rad, A. H., Hadidi-Masouleh, E., Zakerin, H. R., Zeinalzadeh-Tabrizi, H., Determination of suitable planting date and stable genotype in cultivars and promising lines of rapeseed (*Brassica napus* L.) using GGE Biplot graphical analysis
Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 4, 2020 16-18: 91-108((in Persian))

Introduction:

The average yield of rapeseed in each country depends on climatic conditions, production methods and cultivar types. Proper planting dates provide adequate growth and development for crops and minimize the damage caused by stresses (Shirani-Rad et al., 2015).

In the analysis of data collected from on-farm trials, environment can be defined as any management practices such as planting date, plant density, and fertilizer application that are recommended for crop producers (Balalić et al., 2012). Several methods have been proposed to analyze the genotype-by-environment interaction and to determine stable cultivars in different environments. However, each of these methods are based on certain statistical procedures and has their own advantages and disadvantages. In experiments, which are used to determine the interaction between genotype and environment, it is often difficult to establish the response patterns for the genotype-by-environment interaction without the aid of graphical representation of the data. The objective of this study was to use GGE biplot graphical analysis and its efficiency to (1) determine the most suitable planting date for rapeseed 2) to determine the most stable genotype in the normal and delayed planting dates among the rapeseed cultivars and promising lines in the

Email address of the corresponding author: h.zeinalzadeh@areeo.ac.ir

studied region.

Materials and Methods: The experiment was conducted over two cropping seasons (2014-2016) at the experimental farm of Hassan Abdali village, southwest of Zanjan, Iran (48°32'E, 36°37'N, altitude 1770 m). Each experimental plot consisted of four 6 m-long rows spaced 30 cm apart with 5 cm distance between plants on the rows. The experiment was arranged in split-plot based on a random complete block design with planting dates (D1: Oct. 7 as normal planting date, D2: Oct. 22 as semi-late planting date, D3: Nov. 6 as late planting date) in the main plots and genotypes G1 to G10 in the sub-plots with three replications. After eliminating the marginal effect, seed yield of each plot was estimated and finally seed yield/ha was determined. The outlier data detection and normality test of data were done before variance analysis using Grubbs' test and Shapiro-Wilk test, respectively. Then the data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS software. GGE biplot analysis was performed on the seed yield in order to determine the proper planting date and stable genotype among the cultivars and promising lines of rapeseed.

Results and Discussion: The results revealed that there were significant differences between genotype, planting date and their interaction ($P < 0.01$). Seed yield of the investigated genotypes was declined from the highest yield of 4547 kg ha⁻¹ in the first planting date (Oct. 7) to the lowest yield of 2118 kg ha⁻¹ in the third planting date (Nov. 6). These results were similar with those of Singh et al. (2017) and Shirani-Rad et al. (2015). GGE biplot analysis indicated that first two components explained 93 % of the total variation in seed yield in the three different planting dates. Based on which-won-where pattern, genotype G9 had the maximum seed yield (5437 kg ha⁻¹) in the first planting date (Oct. 7) and genotype G7 had the maximum seed yield (2608 kg ha⁻¹) in the second (Oct. 22) and the third (Nov. 6) planting dates.

Based on vector view, the interaction of three different planting dates revealed that the first planting date (Oct. 7) with longer vector length and having more angle than the two subsequent planting dates had a greater effect on the genotypic distinction in terms of seed yield of the studied genotypes. On the other hand, the second and third planting dates had a smaller angle, indicating a positive and high correlation with each other.

Conclusion: Having an understanding of visual patterns is very important in analyzing agricultural data as compared to numerical results and numerous statistical tables. The GGE biplot software, with a user-friendly graphical interface, can analyze various types of two-way data and provide a quick and complete understanding

of the relationships between genotypes, environments, and their interactions. It can be concluded that GGE biplot was a good method in identifying the suitable planting date and stable genotype in normal and late planting dates.

Keywords: Stability, planting date, seed yield, GGE biplot

References:

- Balalić, I., Zorić, M., Branković, G., Terzić, S., and Crnobarac, J. 2012. Interpretation of hybrid× sowing date interaction for oil content and oil yield in sunflower. *Field Crops Research*, 137:70-77.
- Shirani-Rad, A.H., Bitarafan, Z., Rahmani, F., Taherkhani, T., Moradi-Aghdam, A., and Nasresfahani, S. 2015. Effects of planting date on spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(2): 153-157.
- Singh, A. K., Singh, H., Rai, O., Singh, G., Prakash, V., Singh, N. P. S., and Singh, R. 2017. Effect of sowing dates and varieties for higher productivity of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2): 883-887.