دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از طریق روش GGE بای پلات برای عملکرد دانه ارقام بهاره کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط دیم

سید سعید پورداد[۱] و مهدی جمشید مقدم[۲]

۱- دانشیار، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کرمانشاه، (نویسنده مسوول: s.spourdad@areo.ir)
۲- مربی، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱

چکیده

در دهه اخیر استفاده از روش گرافیکی یا روش GGE بای پلات در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در برنامه‌های به نژادی متداول شده است. در این روش اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام پایدار بر اساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد. در این تحقیق از روش GGE بای پلات برای بررسی عملکرد دانه نه ژنوتیپ بهاره کلزا در چهار منطقه و طی دو سال و یک منطقه در یک سال (در مجموع نه محیط) استفاده گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ۷۹/۲ درصد از کل تغییرات مربوط به اثر محیط، ۹/۳ درصد متعلق به اثر ژنوتیپ و ۱۱/۵ درصد مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بود. بررسی بای پلات چند ضلعی منجر به شناسایی شش ژنوتیپ برتر و دو محیط بزرگ شده و ژنوتیپ‌های مناسب در هر محیط بزرگ نیز مشخص گردید. سه ژنوتیپ دیگر در نواحی قرار گرفتند که هیچ محیطی قرار نداشت و ارقامی ضعیف در اکثر محیط‌ها بودند. بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای پلات مختصات محیط متوسط نیز نشان داد که هیبرید Hyola401 با بیشترین عملکرد دانه ناپایدارترین ژنوتیپ بود و دو رقم Option500 و Kristina با عملکردهای بالا و پایداری عملکرد نسبی گزینش شدند. هم‌چنین این دو رقم نزدیک‌ترین ارقام به ژنوتیپ ایده‌آل بودند. بررسی بای پلات همبستگی بین محیط‌ها نشان داد که بردارهای محیطی مناطق پلدختر و سرپل‌ذهاب دارای زاویه نزدیک به ۹۰ درجه بوده که بیانگر عدم تشابه این دو منطقه بود. تمامی محیط‌ها دارای قابلیت تمایز بالایی بوده و توانستند تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌ها را به خوبی نمایان کنند. دو محیط مسجدسلیمان و پلدختر (سال دوم) نزدیکترین محیط‌ها به محیط ایده‌آل بوده و بیشترین تمایز و بیانگری را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی:پایداری عملکرد، کلزای بهاره، روش گرافیکی، محیط بزرگ، نمودار چند ضلعی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

مقدمه

تعیین سازگاری و پایداری عملکرد یکی از مراحل مهم و پر هزینه در برنامه اصلاح گیاهان زراعی بوده و این مهم به علت وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به سادگی امکان پذیر نمی‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط زمانی مهم خواهد بود که این اثر معنی‌دار شده و ژنوتیپ‌های مختلفی برتری خود را در محیط‌های متفاوت نشان دهند (۴).

عملکرد یک ژنوتیپ در یک محیط متشکل از اثر اصلی محیط (E)، اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) است. یان (۱۳) اعلام نمود که علی رغم این که اثر محیط سهم عمده‌ای از تغییرات کل عملکرد را به خود اختصاص می‌دهد و اثرات ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط کوچکتر هستند اما این دو اثر در آزمایشات ارزیابی ژنوتیپ‌ها دخیل بوده و در زمان گزینش ژنوتیپ‌های برتر اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط باید به صورت توام مد نظر قرار گیرند.

بر اساس نحوه انجام تجزیه‌های آماری روش‌های زیادی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط وجود دارد که معمولاً آن را به دو گروه عمده پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌کنند(۵). روش بای پلات برای اولین بار توسط گابریل در سال ۱۹۷۱ مطرح گردید و سپس توسط کمپتون (۹) و زوبل و همکاران (۲۰) توسعه یافت اما کاربرد وسیع آن در بررسی اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط طی چند سال اخیر توسط یان و همکاران (۱۶) نشان داده شده است.

سه روش تجزیه آماری AMMI، GGE بای پلات و تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) بر پایه ریشه راکد منفرد[1] بنا نهاده شده‌اند (۱) و اغلب برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشات مقایسه عملکرد ناحیه‌ای استفاده می‌شوند. در روش GGE بای پلات اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) از هم تفکیک نشده است. کانگ (۸) عقیده دارد که از دیدگاه به نژادگران و نیز تولیدکنندگان محصولات زراعی گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس G و یا GE به تنهایی مد نظر نیست لذا بررسی این دو اثر باید به صورت توام صورت پذیرد به همین دلیل یان و همکاران (۱۸) اعتقاد دارند که روش GGE بای پلات از نظر تجزیه داده‌های ژنوتیپ در محیط از روش AMMI موفق‌تر است.

اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده اما قابل بهره‌برداری نیست لذا حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) حائز اهمیت است (۲). تنها اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط است که در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر می‌بایست به صورت توام مورد بررسی و استفاده قرار گیرند هر چند که در بعضی از روش‌ها مانند روش AMMI این دو اثر به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرند. روش GGE بای پلات این امکان را می‌دهد که این دو اثر همزمان و به صورت گرافیکی مورد بررسی قرار گیرد (۱۷).

1- Singular Value Decomposition (SVD)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

تفکیک واریانس فنوتیپی به اجزاء آن شامل P=G+GE+E یا P-E=G+GE است که P واریانس فنوتیپی، G واریانس ژنوتیپی، GE واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و E واریانس محیطی است. اگر بجای اجزای واریانس از اثرات عامل‌های فوق که دارای واحد داده‌های اندازه‌گیری شده اصلی هستند استفاده کنیم خواهیم داشت:

$$\hat{y}_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \phi_{ij}$$
$$\hat{y}_{ij} - \mu - \beta_j = \alpha_i + \phi_{ij}$$

$\hat{y}_{ij}$= عملکرد مورد انتظار ژنوتیپ iام در محیط jام

μ= میانگین کل مشاهدات

α_i= اثر اصلی ژنوتیپ iام

β_j= اثر اصلی محیط jام

ϕ_{ij}= اثر متقابل بین ژنوتیپ iام و محیط jام

به جای این که سعی شود G و GE جدا شوند در فرمول GGE بای پلات این دو در کنار هم دیده شده و این مخلوط GGE به دو گروه ضربی به شرح زیر تقسیم می‌شود:

$$\hat{y}_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \phi_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

به طوری که g_{i1} و e_{1j} به ترتیب به عنوان امتیازهای اولیه ژنوتیپ iام و محیط jام و g_{i2} و e_{2j} نیز به ترتیب به عنوان امتیازهای ثانویه ژنوتیپ iام و محیط jام نامیده می‌شوند. هم چنین ε_{ij} مقدار باقیمانده است که توسط اثرات اولیه و ثانویه توجیه نمی‌شود. در واقع روش GGE بای پلات از رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش بدست می‌آید.

متداول‌ترین روش برای به کارگیری معادله فوق استفاده از ریشه راکد منفرد (SVD) است که در این حالت معادله به صورت زیر تبدیل می‌شود

$$\hat{y}_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1\xi_{i1}\eta_{1j} + \lambda_2\xi_{i2}\eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

به طوری که λ_1 و λ_2 به ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مولفه اصلی (PC1 و PC2)، ξ_1 و ξ_2 به ترتیب بردارهای ویژه[1] ژنوتیپ iام برای PC1 و PC2، η_1 و η_2 به ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC1 و PC2 پس در واقع می‌توان گفت که مدل GGE بای پلات بر پایه ریشه های راکد منفرد (SVD) دو مولفه اصلی بنا نهاده شده است (۱۷).

هدف از این تحقیق، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از طریق روش گرافیکی GGE بای پلات در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در شرایط دیم و هم‌چنین شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار و نیز شناسایی محیط‌های مطلوب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی تعداد ۹ رقم و هیبرید بهاره کلزا در پنج منطقه دیم گرمسیر کشور مورد مقایسه قرار گرفتند. این ارقام و هیبریدها در مناطق سرپل ذهاب، گنبد، گچساران و پلدختر طی دو سال زراعی و در مسجد سلیمان طی یک سال زراعی (در مجموع نه محیط) کشت شدند. نام و مبداء ژنوتیپ‌ها و میانگین عملکرد آنها در جدول ۱ و برخی مشخصات اقلیمی مناطق اجرای آزمایش و میانگین عملکرد

1- Eigenvectors

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

مناطق در جدول ۲ آورده شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به صورت پاییزه در شرایط دیم کشت گردید. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف شش متری با فاصله بین ردیف‌های ۳۰ سانتیمتر بود. میزان کود مصرفی بر اساس فرمول $N_{50}\ P_2O_5\ _{50}$ در هکتار در هر منطقه با توجه به آزمون خاک انجام شد. در طول فصل رشد صفات مختلف زراعی ثبت گردید و پس از برداشت نیز عملکرد دانه کرت‌ها محاسبه شد.

به منظور رسم نمودارهای بای پلات، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف به صورت یک ماتریس دو طرفه تنظیم و به نرم افزار GGE Biplot معرفی گردید. برای تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم افزارهای MSTAT-C و SPSS استفاده گردید.

جدول ۱- اسامی، مبداء، تیپ و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های کلزای بهاره تحت بررسی

ژنوتیپ	مبداء	تیپ	میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
Quinta	آلمان	آزاد گرده افشان	۱۲۴۸/۷
Hyola 308	استرالیا	هیبرید	۱۳۷۴/۹
Option500	استرالیا	آزاد گرده افشان	۱۳۵۳/۲
Hyola 401	استرالیا	هیبرید	۱۶۰۷/۴
Global	کانادا	آزاد گرده افشان	۶۹۶/۴
Kristina	کانادا	آزاد گرده افشان	۱۲۷۷/۷
Regent	کانادا	آزاد گرده افشان	۷۳۳/۱
Goliath	دانمارک	آزاد گرده افشان	۱۰۷۶/۶
Shiralee	استرالیا	آزاد گرده افشان	۱۲۶۰/۷

جدول ۲- خصوصیات اقلیمی مکان‌های اجرای آزمایش و میانگین عملکرد در هر یک از آنها

محیط		کد محیط	میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین بارندگی (میلیمتر)	میانگین درجه حرارت (سانتیگراد)	
مکان	سال					حداقل	حداکثر
سرپل ذهاب	اول	E_1	۴۶۵/۹	۵۹۰	۳۹۰	-۶/۸	۴۷
	دوم	E_2					
پلدختر	اول	E_3	۱۱۵۲/۸	۷۱۳	۳۷۳	-۱	۴۸
	دوم	E_4					
گچساران	اول	E_5	۸۲۱/۶	۷۱۰	۴۶۰	-۲	۴۶
	دوم	E_6					
گنبد کاووس	اول	E_7	۲۵۴۵/۹	۳۷	۴۲۸	-۲	۳۸
	دوم	E_8					
مسجد سلیمان	اول	E_9	۶۵۶/۰	۳۲۱	۴۸۱	-۴/۴	۵۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب روی عملکرد دانه (جدول ۳) نشان داد که اختلاف بین محیط‌های تحت بررسی، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بیانگر این است که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت پاسخ‌های متفاوتی نشان داده و پایداری عملکرد دانه می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. محاسبه درصد میانگین مربعات (واریانس) سه منبع محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به مجموع آنها نشان داد که عمده تغییرات موجود در داده‌ها بوسیله واریانس محیط‌ها توجیه شده (۷۹/۲ درصد) و واریانس بین ژنوتیپ‌ها و نیز واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به ترتیب ۹/۳ و ۱۱/۵ درصد از تغییرات را توجیه کرده است. با توجه به این که مکان‌های آزمایش طیف وسیعی از فاکتورهای اقلیمی (ارتفاع از سطح دریا، میزان بارندگی و درجه حرارت) را دارا بوده لذا میانگین عملکرد این مناطق نیز دامنه وسیعی از ۴۶۵/۹ تا ۲۵۴۵/۹ کیلوگرم در هکتار را نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس عملکرد دانه نه ژنوتیپ کلزای بهاره در نه محیط تحت بررسی

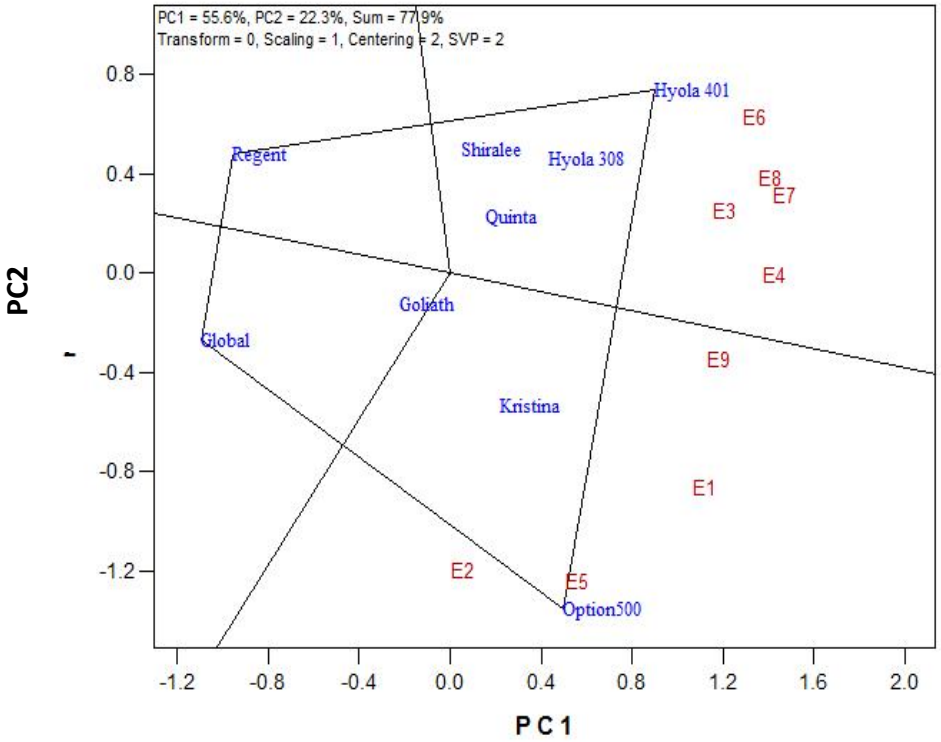
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	واریانس توجیه شده (درصد)
تیمار	۸۰	۲۵۹۹۹۶/۲**	۹۶/۶
محیط	۸	۲۰۶۰۶۸۶۹/۰**	۷۹/۲
ژنوتیپ	۸	۲۴۱۵۶۵۷/۷**	۹/۳
ژنوتیپ در محیط	۶۴	۳۷۲۱۳۶/۹**	۱۱/۵
کل	۲۴۲	--	--

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

به همین دلیل تخصیص عمده تغییرات به واریانس محیط‌ها قابل توجیه است. در آزمایشات مقایسه ارقام در چند سال و چند مکان جاویدفر و همکاران (۷) برای کلزا در سال اول ۶۳ و در سال دوم ۶۱ درصد از کل تغییرات را مربوط به مکان‌ها دانستند. پورداد و غفاری (۱۰) نیز در کلزا ۷۹ درصد تغییرات و جمشید مقدم و پورداد (۶) در گلرنگ ۸۰ درصد تغییرات را به اثر محیط نسبت دادند.

نتایج نشان داد که مولفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۵۵/۶ و ۲۲/۳ درصد و در مجموع ۷۷/۹ درصد کل تغییرات مربوط به ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط توسط این دو مولفه اصلی توجیه شده که بیانگر اعتبار نسبتاً بالای بای پلات بدست آمده در این بررسی در توجیه تغییرات G+GE است (شکل ۱).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]



شکل ۱- چند ضلعی GGE بای پلات برای تعیین ژنوتیپ‌های برتر کلزا در محیط‌های مختلف

اگر مجموع مولفه‌های اصلی اول و دوم نتواند اکثر تغییرات موجود را توجیه نماید بیانگر ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط خواهد بود (۱۹) اما الزاما به معنای غیر معتبر بودن بای پلات نیست (۱۸). بررسی نمودار چند ضلعی[1] به منظور تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف و نیز مشخص نمودن محیط‌های بزرگ[2]، برای اولین بار توسط یان (۱۲) مورد استفاده قرار گرفت. رسم این نمودار برای ارقام و هیبریدهای کلزا در محیط‌های مختلف (شکل ۱) نشان داد که چهار ژنوتیپ Hyola401، Option500، Regent و Global که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات داشته و در راس‌های چند ضلعی قرار گرفته بودند به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند. هم‌چنین در این بررسی دو محیط بزرگ کلزای بهاره مشخص گردید. اولین محیط بزرگ شامل پلدختر (هر دو سال)، گنبدکاووس (هر دو سال) و گچساران (سال دوم) و دومین محیط بزرگ شامل سرپل‌ذهاب (هر دو سال)، مسجد سلیمان و گچساران (سال اول) بود. در محیط بزرگ اول هیبرید Hyola401 و در محیط بزرگ دوم رقم Option500 برتر بودند.

در محیط بزرگ اول هیبرید Hyola308 و ارقام Shiralee و Quinta علاوه بر ژنوتیپ واقع در راس وجود داشتند.

1- Polygon

2- Mega-environment

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

در محیط بزرگ دوم نیز علاوه بر Option500 رقم Kristina نیز وجود داشت. این ارقام در هر بخش دارای شباهت زیادی به ژنوتیپ‌های واقع در راس بوده و با محیط‌های بزرگ مربوطه سازگاری داشتند. گاچ و زوبل (۳) اعلام داشتند که محیط‌های بزرگ دارای دو ویژگی هستند. اول این که ژنوتیپ‌های برتر متفاوتی در محیط‌های بزرگ مختلف وجود دارند و دوم این که واریانس بین محیط‌های بزرگ به طور معنی‌داری بزرگتر از واریانس درون محیط‌های بزرگ است. در بخش‌هایی که ارقام Regent وGlobal در راس آنها قرار داشتند هیچ محیطی دیده نمی‌شود این امر بیانگر آن است که این دو رقم در هیچ یک از محیط‌ها بیشترین عملکرد را نداشته و جزء ارقام ضعیف در اکثر محیط‌ها بودند. هم‌چنین رقم Goliath در مرکز بای پلات قرار گرفت و نشان داد که این رقم دارای عکس‌العملی یکسان به اکثر محیط‌ها بوده و جزء ارقام ضعیف در اکثر محیط‌ها به شمار می‌آید. صباغ نیا و همکاران (۱۱) نیز با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از طریق روش GGE بای پلات برای عملکرد عدس در ایران سه محیط بزرگ را شناسایی کردند.

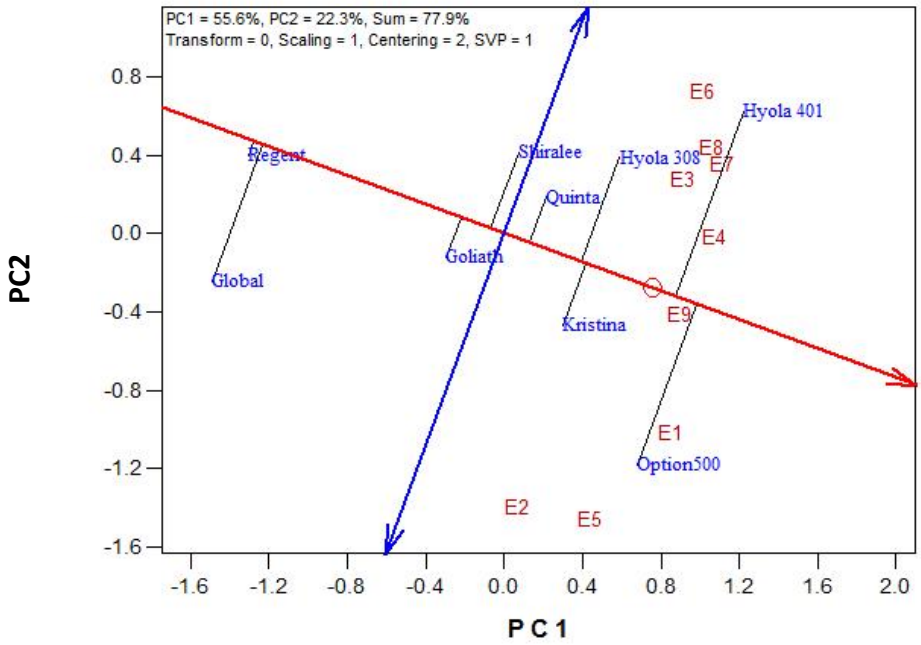
به منظور بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط[1] (AEC) استفاده می‌گردد (۱۷) به این نمودار، بای پلات میانگین در مقابل پایداری نیزگفته می‌شود (۱۸). در این نمودار محور افقی که دارای یک فلش است از دایره کوچکی که بیانگر میانگین محیط است و نیز مبداء مختصات می‌گذرد. تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور تقریبی از عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد. این محور را محور میانگین محیط نیز می‌نامند. نتایج بای پلات مختصات محیط متوسط (شکل ۲) نشان داد که رقم Option500 و هیبرید Hyola401 بیشترین عملکرد را داشته و بعد از آنها رقم Kristina و هیبرید Hyola308 قرار گرفتند. دو رقم Global و Regent با قرار گرفتن در انتهای محور میانگین محیط کمترین عملکرد را نشان دادند. هر چند که ترتیب عملکرد ژنوتیپ‌ها (جدول ۱) با تقریب عملکرد از طریق بای پلات (شکل ۲) کاملاً منطبق نیست اما محاسبه همبستگی رتبه اسپیرمن آنها نشان داد که همبستگی قوی و مثبت (۰/۸۸) بین آنها برقرار است (جدول همبستگی نشان داده نشده است). یان (۱۳) اظهار داشت که تصویر ژنوتیپ‌ها روی محور مختصات محیط متوسط (AEC) یک برآورد مناسب از عملکرد ژنوتیپ‌ها را به دست می‌دهد. وی در بررسی ۳۳ ژنوتیپ گندم زمستانه در هشت محیط همبستگی بین عملکرد واقعی و برآورد آن از طریق بای پلات را ۰/۹۸۲ اعلام نمود.

محور عمودی که دارای دو فلش بوده و از مبداء مختصات می‌گذرد عمود بر محور میانگین محیط است. این محور بیانگر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بوده و پایداری ارقام را تعیین می‌نماید. هر چقدر تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور بلندتر باشد (بدون در نظر

1- Average Environment Coordinate

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

گرفتن جهت) نشان دهنده ناپایداری بیشتر آن‌ها است. با استفاده از این بای پلات (شکل ۲) مشخص گردید که هیبرید Hyola401 و رقم Option500 با وجود بیشترین عملکرد دانه دارای کمترین پایداری عملکرد بودند. در نقطه مقابل Regent و Goliath با عملکردهای پایین پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. به استثنای رقم Global که با عملکرد پایین ناپایدار نیز بود در سایر ژنوتیپ‌ها تقریبا با افزایش میانگین عملکرد بر میزان ناپایداری افزوده می‌شود.



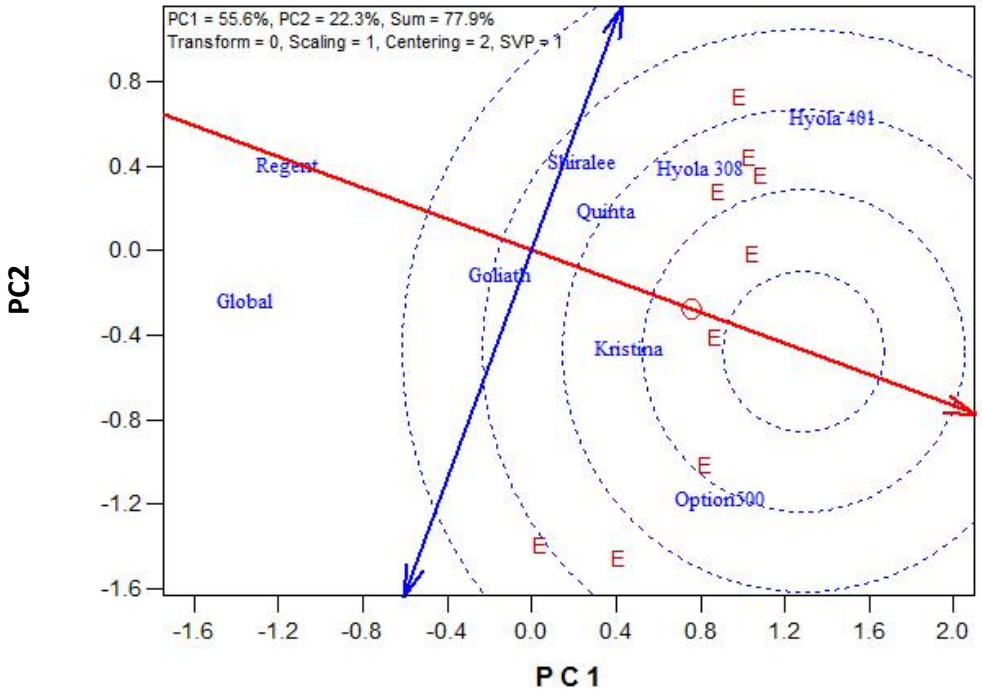
شکل ۲- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های کلزا

لذا در ژنوتیپ‌های تحت بررسی گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری بالا ممکن نبوده و می‌بایست ژنوتیپ‌های حد واسط (دارای عملکرد و پایداری نسبی) گزینش شوند. بدین منظور بای پلات ژنوتیپ ایده‌آل رسم گردید.

ژنوتیپ ایده‌آل ژنوتیپی فرضی است که دارای بیشترین عملکرد و پایداری بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای پلات قرار دارد (۱۴). میزان مطلوبیت ژنوتیپ‌ها به فاصله آن‌ها از ژنوتیپ مطلوب بستگی دارد. مقایسه هیبریدها و ارقام مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل (شکل ۳) نشان داد که Kristina و Option500 تقریباً با فاصله برابر، نزدیک‌ترین ارقام به ژنوتیپ ایده‌آل بودند. عملکرد Option500 (۱۳۵۳/۲ کیلوگرم در هکتار) بیش از Kristina (۱۲۷۷/۷ کیلوگرم در هکتار) بود و به ترتیب دارای میانگین رتبه عملکرد ۳ و ۴ بودند. ژنوتیپ‌های Hyola401، Hyola308، Quinta، Shiralee و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

Goliath در فواصل بعدی از ژنوتیپ ایده‌آل قرار گرفتند. دو رقم Regent و Goliath دورترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل داشتند. ترتیب عملکرد ژنوتیپ‌ها در بای پلات مختصات محیط متوسط (شکل ۲) مشابه بای پلات ژنوتیپ ایده‌آل (شکل ۳) بود. از نظر یان و کانگ (۱۷) این امر زمانی که دامنه PC1 خیلی بیشتر از PC2 باشد اتفاق خواهد افتاد. مقایسه اشکال ۲ و ۳ در این بررسی نظر فوق را تایید می‌کند.



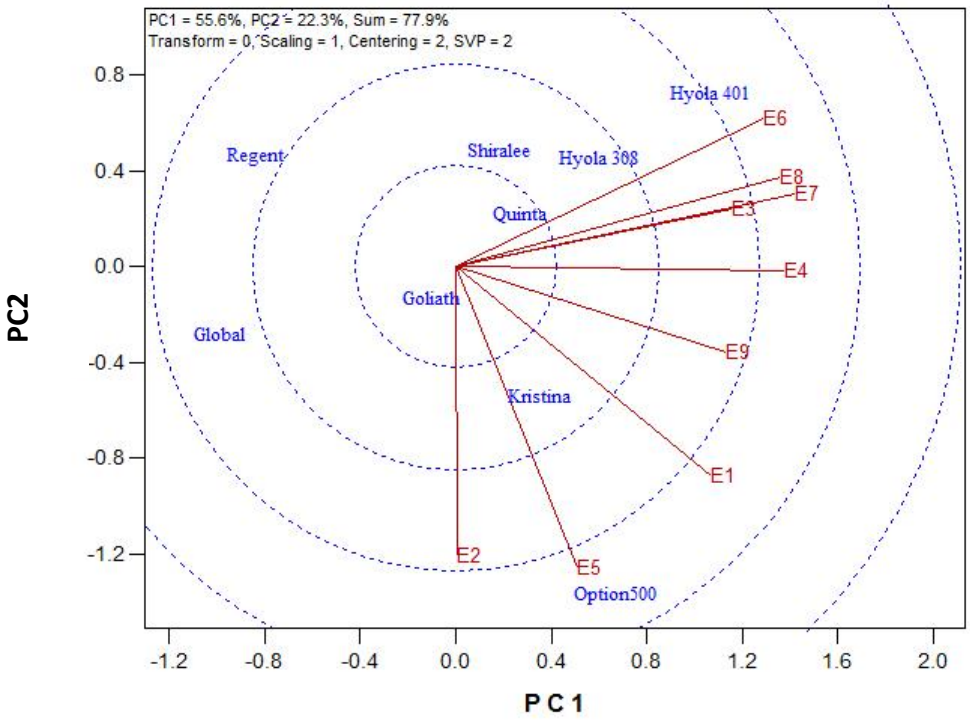
شکل ۳- بای پلات مقایسه هیبریدها و ارقام کلزا با ژنوتیپ ایده‌آل از نظر عملکرد و پایداری

محاسبه کسینوس زاویه بین بردارهای محیط‌ها در نمودار بای پلات تقریبی از همبستگی بین محیط‌ها است. زمانی که زاویه بین دو بردار محیط ۹۰ درجه باشد همبستگی آنها صفر و اگر این زاویه صفر درجه باشد همبستگی بین محیط‌ها ۱+ و اگر ۱۸۰ درجه باشد همبستگی ۱- خواهد بود. با تعیین همبستگی بین محیط‌ها می‌توان در آزمایشات تعیین سازگاری و پایداری ارقام که در چندین سال و مکان اجرا می‌شود، محیط‌های مشابه راشناسایی و حذف نمود که این امر منجر به کاهش هزینه‌ها خواهد شد (۱۵، ۱۷).

بررسی همبستگی بین محیط‌ها (شکل ۴) نشان داد که زاویه بین بردارهای دو سال درون هر مکان متفاوت بوده به طوری که زاویه بین بردارهای محیطی دو سال در گچساران (E_5 و E_6) نزدیک به ۹۰ درجه بوده و بیانگر عدم وجود همبستگی بین این دو محیط و یا به عبارت دیگر تفاوت زیاد شرایط جوی گچساران طی دو سال تحت بررسی بود. در مقابل زاویه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

بین بردارهای محیطی دو سال در پلدختر (E_3 و E_4) کوچک بوده و تشابه شرایط آب و هوایی در دو سال این منطقه را نشان می‌دهد. بیشترین همبستگی بین بردارهای دو سال در منطقه گنبد دیده شد (E_7 و E_8) که نزدیک به ۱+ بود. این امر بیانگر تغییرات جزیی در شرایط آب و هوایی این منطقه طی دو سال تحت بررسی بود. لذا با تکرار این آزمایش در سال‌های بعد در صورتی که زاویه بین بردارهای محیطی در این مکان همچنان نزدیک به هم باشند می‌توان گفت که تغییرات محیطی این منطقه در طی چند سال روی عملکرد کلزا موثر نبوده و می‌توان آزمایشات بررسی ارقام در این منطقه را با تعداد سال‌های کمتری انجام داد. یان و راجان (۱۵) با بررسی ژنوتیپ‌های سویا در چهار منطقه مختلف کانادا طی چند سال به این نتیجه رسیدند که یکی از این مناطق دارای همبستگی بالایی با سایر مناطق بوده و لذا این منطقه را از آزمایشات بررسی ارقام سویا حذف نمودند. مقایسه بردارهای محیطی مناطق درون سال‌های مشابه نیز نشان داد که همبستگی بین محیط‌های سرپل ذهاب و پلدختر در سال دوم (E_2 و E_4) صفر بوده (زاویه ۹۰ درجه) هم‌چنین زاویه بین این دو منطقه در سال اول (E_1 و E_3) نیز تا حدودی به ۹۰ درجه نزدیک است که این امر نمایانگر عدم تشابه این دو منطقه از نظر زراعت دیم کلزا است. هم‌چنین بین دو منطقه گچساران و گنبد در سال اول (E_5 و E_7) همبستگی حدود صفر ولی در سال دوم (E_6 و E_8) نزدیک به ۱+ بود.

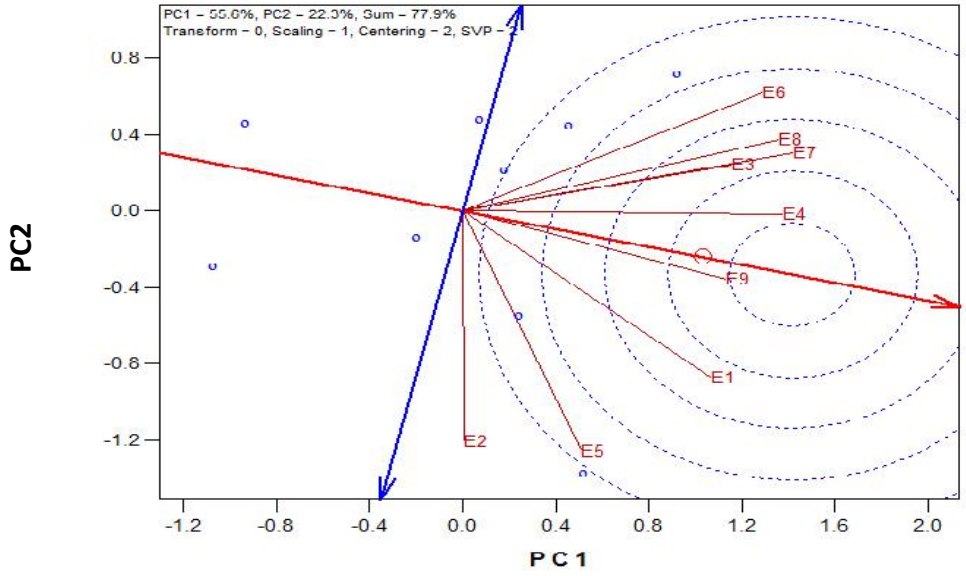


شکل ۴- بای پلات نقشه همبستگی بین محیط‌ها تحت بررسی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

ویژگی مهم دیگر در بای پلات همبستگی بین محیط‌ها، طول بردار محیط است که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و نیز شاخصی برای قابلیت تمایز[1]محیط‌ها است (۱۷). به طوری که بردارهای بلندتر دارای انحراف معیار بیشتر و در نتیجه قابلیت تمایز بیشتری هستند. قابلیت تمایز یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط بوده به طوری که محیط‌های فاقد قابلیت تمایز نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ارقام را ارائه نمایند (۱۷). بررسی بردارهای محیط‌ها نشان داد که اکثر محیط‌ها دارای طول بردارهای بلند بوده که نمایانگر قابلیت تمایز بالای محیط‌ها است. تفاوت بین قابلیت تمایز محیط‌ها کم بوده و محیط‌های مسجد سلیمان، سرپل‌ذهاب سال دوم و پلدختر سال اول به علت دارا بودن طول بردار کوتاه‌تر نسبت به سایر محیط‌ها قابلیت تمایز کمتری داشتند. در مجموع بررسی بای پلات همبستگی محیط‌ها نشان داد که محیط‌های تحت بررسی عمدتاً دارای قابلیت تمایز بالایی بوده و می‌توانند در آزمایشات بررسی ارقام کلزا در شرایط دیم بین ژنوتیپ‌ها تمایز مناسبی ایجاد نمایند.

هنگامی که صحبت از محیط‌های مطلوب می‌شود منظور محیط‌هایی هستند که بیشترین توانایی را در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر دارند. علاوه بر قابلیت تمایز محیط یکی دیگر از ویژگی‌های مهم میزان بیانگری یا نمایندگی[2] محیط آزمایشی از محیط بزرگ است. در روش بای پلات زاویه بین بردار محیطی و محور مختصات محیط متوسط (AEC) مقیاسی برای تعیین میزان بیانگری یک محیط است. هر چقدر این زاویه کوچکتر باشد میزان بیانگری بیشتر بوده و محیط مورد نظر نماینده بهتری از محیط بزرگ هدف خواهد بود. در این بررسی مسجد سلیمان و سال دوم پلدختر (به ترتیب محیط‌های E_9 و E_4) دارای بیشترین میزان بیانگری بودند (شکل ۵).



شکل ۵- بای پلات مقایسه محیط‌ها با محیط ایده‌آل

1- Discriminating ability

2- Representativeness

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

در مقابل سال دوم سرپل‌ذهاب و گچساران (به ترتیب محیط‌های E_2 و E_6) کمترین مقادیر بیانگری را نشان دادند. محیط ایده‌آل محیطی است فرضی که دارای حداکثر قابلیت تمایز و بیانگری باشد و از نظر مکانی در مرکز دوایرمتحدالمرکز بای پلات قرار دارد (۱۷). میزان مطلوبیت محیط‌ها به وسیله فاصله آنها از محیط ایده‌آل سنجیده می‌شود. محیط‌های E_9 و E_4 نزدیک‌ترین محیط‌ها به محیط ایده‌آل بوده و با توجه به طول بردارهای محیطی آنها، می‌توان گفت که این دو محیط به عنوان محیط‌های مطلوب جهت گزینش ژنوتیپ‌های برتر می‌باشند.

در مجموع نتایج نشان داد که GGE بای پلات روشی کارا برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بوده و اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیط‌های تحت بررسی در اختیار قرار می‌دهد. از طریق این روش مشخص گردید که هیبرید Hyola401 علیرغم داشتن بیشترین عملکرد دانه (۱۶۰۷ کیلوگرم در هکتار) ناپایدارترین ژنوتیپ بود. دو رقم Option500 و Kristina با عملکردهای بالا دارای پایداری عملکرد نسبی بودند و شایستگی بیشتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها داشتند.

تمامی محیط‌های تحت بررسی به دو محیط بزرگ گروه بندی شدند. مسجد سلیمان (E_9) در محیط بزرگ دوم و پلدختر (E_3 و E_4) مطلوب‌ترین محیط‌ها در محیط بزرگ اول بودند. این دو منطقه بیشترین تمایز و بیانگری را نشان داده و برای انجام بررسی‌های مقایسه ارقام کلزای بهاره در شرایط دیم به عنوان مناسب‌ترین مناطق تشخیص داده شدند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و معاونت موسسه که امکان انجام آزمایشات را فراهم نمودند کمال تشکر را دارد. همچنین از همکاران محترم آقایان مهندس هوشنگ نارکی، سعید احمدیان، محمد نعمتی و دکتر صید احمدی که در اجرای دقیق آزمایشات در ایستگاه‌های تحقیقاتی و مناطق تلاش نموده‌اند قدردانی می‌شود. از آقای فرهاد قلعه تکنیسین بخش نیز به خاطر تلاش‌های مستمر تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science, 46: 1488-1500.
2. Gauch, H.G.Jr. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials, In: Kang M.S. and H.G. GauchJr (eds.), Genotype by environment interaction. pp: 85-122, CRC Press, Boca Raton, New York.
3. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Science, 37: 311-326.
4. Haldane, J.B.S. 1946. The interaction of nature and nurture. Annals of Eugenics, 13: 197-205.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

5. Huehn, M. 1996. Non-parametric analysis of genotyp×environment interactions by ranks, In: Kang M.S. and H.G. Gauch Jr. (eds.), genotype by environment interaction. pp: 213-228, CRC press, Boca Raton, New York.
6. Jamshidmoghadam, M. and S.S. Pourdad. 2009. Comparison of parametric and non-parametric methods for analysing genotype × environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agricultural Science, 147: 601-612.
7. Javidfar, F., B. Alizadeh, H. Amiri Oghan. and N. Sabaghnia. 2011. Study on genotyp×environment interaction in rapeseed genotypes by GGE biplot method. Iranian Journal of Crop Science, 41(4): 771-779. (In Persian)
8. Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal, 85: 754-757.
9. Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions, Journal of Agricultural Science, 103: 123-135.
10. Pourdad, S.S. and A. Ghaffari. 2009. Comparison of parametric and non-parametric yield stability measures and their relationship in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm dry-lands of Iran. Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology, 3: 35-40.
11. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. Sabaghpour. 2008. Graphical analysis of genotype by environment interaction for lentil yield in Iran. Agronomy Journal, 100: 760-764.
12. Yan, W. 1999. A study on the methodology of cultivar evaluation based on yield trial data- with special reference to winter wheat in Ontario. PhD Thesis, university of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
13. Yan, W. 2000. Singular-value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. Agronomy Journal, 94: 990-996.
14. Yan, W. 2001. GGEbiplot-A widows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111-1118.
15. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
16. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheny and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
17. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, Geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
18. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype -by- environment data. Crop Science, 47: 643-655.
19. Yan, W. and N.A. Tinker. 2005. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting and exploring genotype × environment interaction. Crop Science, 45: 1004-1016.
20. Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial, Agronomy Journal, 80: 388-393.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

Study on Genotype×Environment Interaction Through GGE Biplot for Seed Yield in Spring Rapeseed (*Brassica Napus* L.) in Rain-Fed Condition

Seyyed Saeid Pourdad[1] and Mehdi Jamshid Moghaddam[2]

1- Associate Professor, Dry Land Agricultural Research sub-Institute, Kermanshah
(Corresponding author: s.spourdad@areo.ir)
2- Instructor, Dry Land Agricultural Research sub-Institute, Kermanshah
Received: May 9, 2012 Accepted: July 23, 2013

Abstract

In recent decade use of graphical approach or GGE biplot for study G×E interaction become popular in plant breeding programs. In this approach the effects of genotype and G×E interaction are not separated and selection is based on both of above effects. In this study GGE biplot has been used to study 9 spring rapeseed genotypes over four locations in two years and another location in one year (totally 9 environments). The results of analysis of variance showed that 79.2 percent of total variation was due to environment, 9.3 percent due to genotype and 11.5 percent due to G×E interaction. The polygon-view of GGE biplot recognized six superior genotypes and two mega-environments so that the best genotypes within each environment were determined. The three genotypes located in sectors that no environments were placed in it indicated that these genotypes were poor in most of the environments. Simultaneous evaluation of yield and stability through average environment coordinate biplot showed that Hyola401 hybrid with the highest seed yield was the most unstable genotype. Option500 and Kristina with high seed yield and relative high yield stability selected. These two were the nearest varieties to ideal genotypes. Biplot of correlation among environments revealed that environmental vectors of Sarpol-e-zahab and Pol-e-Dokhtar were near to 90° so, these locations were different environments. All environments had high discriminating ability so that could able to show differences between genotypes. Masjedsolyman and Pol-e-dokhtar (second year) were the nearest environments to ideal environment so, they had the highest discriminating ability and representativeness.

Keywords: Yield stability, Spring rapeseed, Graphic method, Mega-environment, Polygon

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-24]