

بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای پایداری عملکرد دانه گلرنگ از طریق روش GGE بای پلات

Investigation of Genotype × Environment Interaction for the Stability of Safflower Seed Yield through the GGE Biplot Analysis

بهروز واعظی^۱، جعفر احمدی^{۲*}، هوشنگ نارکی^۳ و ولی‌اله یوسفی^۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۲

(مقاله پژوهشی)

چکیده

گلرنگ به‌عنوان گیاهی متحمل به شوری و خشکی و سازگار با شرایط آب و هوایی ایران دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. آزمایش‌های ناحیه‌ای ارقام جدید نقش مهمی در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی جهت جستجوی ارقام با عملکرد و پایداری بالا ایفا می‌کنند. در این مطالعه ۱۵ رقم و لاین اصلاح شده گلرنگ همراه با رقم محلی اصفهان و رقم سینا به‌عنوان شاهد در منطقه گرمسیر گچساران در شرایط دیم به مدت سه سال زراعی (۸۶-۱۳۸۴) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار از نظر پایداری عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر اصلی محیط و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در سطح احتمال پنج درصد روی پایداری عملکرد دانه گلرنگ معنی‌دار گردیدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ۴۵/۲ درصد از کل تغییرات، مربوط به اثر محیط و ۲۶ درصد متعلق به اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود. دو مؤلفه اصلی اول و دوم اکثر (۹۲/۴ درصد) تغییرات موجود را توجیه نمودند. ژنوتیپ‌های سینا، Cyprus Bergon, Syrian و Cw-4440 کم‌ترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل داشتند و بنابراین برترین ژنوتیپ‌ها بودند و ژنوتیپ‌های Esfahan, Cw-74 و Hartman با بیش‌ترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها محسوب شدند.

واژه‌های کلیدی: شوری، خشکی، شرایط دیم، تجزیه واریانس مرکب

۱. مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویر احمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران
۲ و ۴. به‌ترتیب استاد و دانشجوی دکتری، گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران
۳. کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویر احمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

* نویسنده مسئول Email: ahmadi@eng.ikiu.ac.ir

دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی موردنیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی، دارای ارزش و اهمیت غذایی ویژه‌ای هستند. علی‌رغم تولید سالیانه دانه‌های روغنی در کشور به میزان ۲۷۱ هزار تن، بخش عمده‌ای از روغن مصرفی از منابع خارجی تأمین می‌شود. بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (یونس سینکی، ۱۳۸۷). از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب‌وهوایی ایران، گلرنگ به‌عنوان گیاه مقاوم به شوری و خشکی و با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، دارای جایگاه ویژه‌ای می‌باشد (باسیل و کافکا^۱، ۲۰۰۲). گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. متعلق به تیره آستراره بوده و بومی ایران است. گلرنگ به‌دلیل ویژگی‌های مطلوب و خاص نظیر کاربردهای دارویی و غذایی، تولید روغن نباتی با کیفیت بالا حاوی بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع خصوصاً لینولئیک و اولئیک، تولید کنجاله به‌عنوان مکمل غذایی برای دام و مقاومت نسبتاً زیاد به تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری، از اهمیت خاصی در کشور برخوردار است (پورداد، ۱۳۸۵؛ باقری و همکاران، ۱۳۹۱). گونه‌های مختلف این گیاه از اسپانیا تا شمال آفریقا و از غرب آسیا تا هندوستان پراکنده شده‌اند (ویس^۲، ۲۰۰۰).

آزمایش‌های چندمحیطی ارقام جدید نقش مهمی در برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی جهت شناسایی ارقام با عملکرد بالا و پایدار ایفا می‌کنند. در فرآیند رهاسازی ارقام جدید با استفاده از آزمایش‌های چندمحیطی، بیش‌ترین تأکید بر برتری عملکرد و پایداری این ارقام نسبت به ارقام رایج می‌باشد. فنوتیپ مشاهده شده در آزمایشات پایداری برای گیاهان زراعی تابعی از سه عامل ژنوتیپ (G)، محیط (E) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (G × E) است. معمولاً ارزیابی ژنوتیپ‌ها در مطالعات چندمحیطی محدود به اثر اصلی ژنوتیپ (G) می‌شود و عموماً از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط چشم‌پوشی می‌شود (یان و تینکر^۳، ۲۰۰۶). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نتیجه واکنش متفاوت ارقام به محیط‌های مختلف است و اهمیت آن مشروط به ایجاد تغییرات مهم و معنی‌دار در رتبه ژنوتیپ‌ها می‌باشد (هالدن^۴، ۱۹۴۶). سازگاری به شرایط محیطی، مهم‌ترین مسئله‌ای است که تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط قرار می‌گیرد. وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان‌دهنده این است که بهترین ژنوتیپ در یک محیط ممکن است که در

محیط‌های دیگر بهترین ژنوتیپ نباشد (پرکینز و جینکر^۵، ۱۹۷۱). آگاهی از ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به به‌نژادگران کمک می‌کند تا بتوانند ژنوتیپ‌ها را با دقت بیش تری ارزیابی کرده و ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد بالا را انتخاب کنند (روی^۶، ۲۰۰۰). بنابراین آزمایش‌های چندساله و بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها در چندین محیط به شناخت کارایی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف کمک می‌کند (اسکاپیم^۷ و همکاران، ۲۰۰۰).

روش‌های آماری بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به دو نوع پارامتری و ناپارامتری، و روش‌های پارامتری نیز به دو گروه یک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. روش‌های سنتی تجزیه داده‌های آزمایش‌های چندمحیطی شامل تجزیه واریانس (ANOVA)، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و رگرسیون خطی (LR) می‌باشد (زویل^۸ و همکاران، ۱۹۸۸). روش تجزیه واریانس فقط می‌تواند اثرات اصلی جمع‌پذیر را توصیف کند (سندکور و کوکران^۹، ۱۹۸۰). در مقابل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک مدل ضرب‌پذیر است و نمی‌تواند اثرات اصلی جمع‌پذیر را توصیف کند (زویل و همکاران، ۱۹۸۸). مدل رگرسیون خطی ترکیبی از مؤلفه‌های ضرب‌پذیر و جمع‌پذیر می‌باشد که اثرات اصلی و اثر متقابل را تشریح می‌کند اما چون اثر متقابل با اثر اصلی اختلاط می‌یابد، این امر قدرت معنی‌داری عمومی آزمون را تهدید می‌کند (رایت^{۱۰}، ۱۹۷۱). با استفاده از ادغام مؤلفه‌های جمع‌پذیر و ضرب‌پذیر در یک تجزیه قدرتمند حداقل مربعات، مدل اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) معرفی شد (زویل و همکاران، ۱۹۸۸) که می‌تواند به‌طور مؤثر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را تشریح کند. پس از معرفی و گسترش تجزیه بای‌پلات این روش منجر به خلق فن ساده گرافیکی برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش‌های مقایسه عملکرد ناحیه‌ای شد (گابریل^{۱۱}، ۱۹۷۱). مدل GGE بای‌پلات اثر محیط را حذف کرده و اثر اصلی G را با اثر متقابل GE ادغام می‌کند (یان و همکاران، ۲۰۰۰). توجه هم‌زمان به اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در دامنه‌ای از محیط‌ها نکته بسیار مهمی است که باید در انتخاب ژنوتیپ‌ها مدنظر قرار گیرد تا انتخابی مناسب صورت پذیرد. علاوه بر این، اثر محیط که بعضاً بخش بسیار بزرگی از تغییرات ناشی از آن است نیز باید از ارزیابی‌ها حذف

5. Perkins and Jinks
6. Roy
7. Scapim
8. Zobel
9. Snedecore and Cochran
10. Wright
11. Gabriel

1. Bassil and Kaffka
2. Weiss
3. Yan and Tinker
4. Haldane

طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار از نظر پایداری و ثبات عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. بذور هر ژنوتیپ در کرت‌هایی به مساحت ۶ مترمربع شامل ۵ خط چهار متری با فواصل ردیف ۳۰ سانتی متری کشت شد (۳۳ بذر در مترمربع). کشت بذور لاین‌ها برای سه سال زراعی به ترتیب در روزهای ۱۴، ۱۶ و ۱۲ آذر ماه انجام گرفت. پس از آماده‌سازی زمین که در سال قبل در آیش بود، مقدار کود مصرفی بر اساس توصیه بخش مدیریت منابع ایستگاه تحقیقاتی گچساران شامل ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع فسفات آمونیوم بود. میزان بارندگی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران در طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ تا ۸۶-۱۳۸۵ به تفکیک ماهیانه در جدول ۲ نشان داده شده است.

عملکرد دانه لاین‌ها در هر سه سال و پس از برداشت محصول اندازه‌گیری شد. برای تعیین وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه واریانس مرکب برای سه سال بر روی عملکرد دانه انجام گرفت. در مرحله بعد رسم نمودارهای بای پلات اثر ژنوتیپ + اثر ژنوتیپ × محیط انجام گرفت. مدل مورد استفاده در روش GGE بای پلات به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1} e_{i1} + g_{i2} e_{i2} + \varepsilon_{ij}$$

که در آن میانگین ژنوتیپ i در محیط j ، μ میانگین کل، β_j اثر اصلی محیط j ، g_{i1} و e_{i1} به ترتیب مقادیر اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j هستند؛ g_{i2} و e_{i2} به ترتیب مقادیر ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j را نشان می‌دهند و ε_{ij} باقی‌مانده غیرقابل توضیح به وسیله اثرهای اولیه و ثانویه است. رایج‌ترین روش برای به‌کارگیری معادله بالا استفاده از تجزیه به مقادیر منفرد است که معادله به صورت زیر تبدیل می‌شود:

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

در این رابطه λ_1 و λ_2 به ترتیب مقادیر منفرد برای اولین و دومین مؤلفه اصلی بزرگ، η_{1j} و η_{2j} به ترتیب بردار ویژه محیط j برای PC_1 و PC_2 ، ξ_{i1} و ξ_{i2} به ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ i برای PC_1 و PC_2 و ε_{ij} باقی‌مانده مدل است.

به عبارت دیگر این روش نوعی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای مجموع اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که در آن از راهبرد تجزیه به مقادیر منفرد استفاده می‌شود. داده‌های منتج از ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به صورت یک ماتریس دوطرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استخراج می‌شوند (یان^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۰). برای تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و رسم

شود. براین اساس استفاده از G+GE یا به اختصار GGE می‌تواند با رعایت دو معیار بالا امکان انتخاب‌های ارزشمندتر را فراهم آورد. نمودار بای پلات حاصل از اثرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را GGE Biplot می‌نامند. با توجه به مزیت‌های روش GGE بای پلات، استفاده از این مدل برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پیشنهاد شده است (کروسا^۱ و همکاران، ۲۰۰۲؛ یان و کنگ^۲، ۲۰۰۳؛ لافونت^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). پس از ابداع روش بای پلات، به دلیل سادگی تفسیر گرافیکی نتایج حاصل بلافاصله استفاده از این مدل گسترش یافت (کمپتون^۴، ۱۹۸۴؛ زوبل و همکاران، ۱۹۸۸) و در مطالعات زیادی برای گیاهان مختلف شامل کلزا (جاویدفر و همکاران، ۱۳۸۹؛ مصطفوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ پورداد و جمشید مقدم، ۱۳۹۲)، گندم دوروم (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ محمدی و امری^۵، ۲۰۱۱؛ محمدی و امری، ۲۰۱۳) سیب‌زمینی (بج^۶ و همکاران، ۲۰۱۲)، نخود (پانده^۷ و همکاران، ۲۰۱۳)، ذرت (میتروویچ^۸ و همکاران، ۲۰۱۲)، جو (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۱؛ رودریگز^۹ و همکاران، ۲۰۰۸؛ آبای و بچورنستاد^{۱۰}، ۲۰۰۹؛ تسهایه^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۲؛ توروسپکوف^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۳)، کاج بیابانی (کوریا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۰) و سورگوم (راکشیت^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۲) با موفقیت همراه بوده است.

هدف از این تحقیق، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از طریق روش گرافیکی GGE بای پلات در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهار و شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد بالا و پایدار برای منطقه گچساران و سایر نواحی گرم و خشک ایران مثل استان‌های مرکزی، اصفهان، یزد و کرمان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۱۶ رقم و لاین اصلاح شده گلرنگ (جدول ۱) به همراه رقم شاهد محلی اصفهان و سینا در شرایط گرم و دیم منطقه گچساران به مدت سه سال زراعی (۸۶-۱۳۸۴) در قالب

1. Crossa
2. Yan and Kang
3. Laffont
4. Kempton
5. Mohammadi and Amri
6. Bach
7. Pande
8. Mitrovic
9. Rodriguez
10. Abay and Bjørnstad
11. Tsehaye
12. Turuspekov
13. Correia
14. Rakshit

واعظی و همکاران: بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای پایداری... نمودارهای بای پلات، از نرم افزارهای MSTAT-C و GGE Biplot استفاده گردید.

نتایج

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۳) اثرات اصلی محیط و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شدند. معنی دار بودن اثر محیط نشان داد که محیطها از نظر عملکرد ژنوتیپها با هم اختلاف دارند و معنی دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیانگر این است که عملکرد نسبی ژنوتیپها از محیطی به محیط دیگر اختلاف داشته و پایداری عملکرد دانه می تواند مورد بررسی قرار گیرد. از میان سه منبع تغییرات (ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) بیشترین سهم تنوع در عملکرد مربوط به سال (محیط) بود (۴۵/۱۶). سهم اثر اصلی برای ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ترتیب برابر با ۱۳/۶۵ و ۱۲/۳۶ درصد از مجموع مربعات کل بود. نسبت مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به مجموع مربعات اثر اصلی ژنوتیپ حدود یک بود که این امر حاکی از وجود اثر GE متوسط برای عملکرد دانه می باشد. در آزمایشات مشابه انجام گرفته در مقایسه چند محیطی ارقام کلزا در سال اول ۶۳ و در سال دوم ۶۱ درصد از کل تغییرات مربوط به مکانها بود (جاویدفر و همکاران، ۱۳۸۹)، هم چنین در گلرنگ پاییزه ۸۰ درصد تغییرات به محیطها نسبت داده شد (جمشید مقدم و پورداد، ۲۰۰۹).

در جدول ۴ مقادیر متوسط عملکرد ژنوتیپها در سالهای مختلف و کل سالها ارائه شده است. متوسط عملکرد ژنوتیپها برابر با ۱۲۷۶/۵۸ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین آن برای ژنوتیپ Cyprus Bergon با عملکرد ۲۱۱۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار در سال دوم و کمترین آن برای رقم شاهد محلی اصفهان با عملکرد ۳۶۷/۷۸ کیلوگرم در هکتار در سال اول بود. میانگین عملکرد دانه برای تمام ژنوتیپها برابر ۹۶۲/۰۳، ۱۶۷۳/۷۷ و ۱۱۹۳/۹۴ به ترتیب برای سالهای اول، دوم و سوم بود. نتایج حاصل از مدل GGE بای پلات نشان داد که مؤلفه های اصلی اول و دوم به ترتیب ۶۰/۴ و ۳۳/۸ درصد و در مجموع ۹۴/۲ درصد کل تغییرات را توجیه کرده اند، که بیانگر معتبر بودن بای پلات در توجیه تغییرات G+GE بود (شکل ۱). در شکل ۱ ژنوتیپهای Cyprus Bergon و سینا در سال ۱۳۸۴ عملکرد بهتری داشته اند و در واقع این دو ژنوتیپ همراه با ژنوتیپ Leasaf در یک گروه قرار گرفتند. هم چنین سالهای ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ به هم نزدیک تر بودند و لذا ژنوتیپها در این دو سال

عملکرد مشابهی نشان دادند که با دقت در جدول ۴ نیز می توان به این مطلب پی برد.

برای بررسی هم زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپها از نمودار مختصات محیط متوسط (شکل ۲) استفاده شد (یان و کنگ، ۲۰۰۳؛ یان و همکاران، ۲۰۰۷). در این نمودار محور افقی (PC1) معرف اثر اصلی ژنوتیپ و محور عمودی (PC2) نشان دهنده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می باشد که معیاری از ناپایداری ژنوتیپها را نشان می دهد (یان، ۲۰۰۲). در این شکل ژنوتیپهایی که در سمت راست محور دو سر پیکان (محور اثر متقابل ژنوتیپ × محیط که عمود بر محور میانگین محیط بوده و میزان پایداری ارقام را تعیین می کند) قرار گرفته اند، از نظر عملکرد برتر از میانگین کل و ژنوتیپهای سمت چپ محور؛ عملکرد کمتری از میانگین کل دارند (شکل ۲). بر این اساس ژنوتیپ سینا بیشترین عملکرد و بعد از آن ژنوتیپهای Cyprus Bergon، Syrian، و Cw-4440 در رتبه های بعدی قرار گرفتند. ژنوتیپ Hartman کمترین عملکرد را تولید نمود که در جدول ۴ نیز این نتایج مشاهده شد و نتایج حاصله از شکل ۲ مطابق با میانگین عملکرد ژنوتیپها در جدول ۴ می باشد. هرچه طول خط عمود بر محور میانگین محیطی بلندتر باشد نشان دهنده ناپایداری بیش تر ژنوتیپها است. بنابراین ژنوتیپ Kino-76 با عملکردی پایین تر از میانگین کل و ژنوتیپ Dincer با عملکرد بالاتر از میانگین کل ژنوتیپها از بالاترین پایداری برخوردار بودند. هم چنین ژنوتیپهای S-Esfahan، S-541 و Cw-74 به ترتیب کمترین پایداری عملکرد دانه را نشان دادند. جاویدفر و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در ژنوتیپهای کلزا به روش GGE بای پلات، ژنوتیپ Olara برای اراک، Consul برای شهرکرد و SLM046 برای سایر مناطق مورد مطالعه شامل اصفهان، اسلام آباد، سنج، زرقان، زنجان، کرج و همدان به عنوان ارقام مناسب معرفی نمودند.

جدول ۱: ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد استفاده در آزمایش در شرایط دیم گچساران

Table 1: Safflower genotypes used in the experiment in Gachsaran under rain-fed condition.

منشاء Origin	ژنوتیپ Genotype	ردیف Number	منشاء Origin	ژنوتیپ Genotype	ردیف Number
Egypt	مصر Pi-250536	10	Iran	ایران Sina	1
Egypt	مصر Pi-250537	11	Syria	سوریه Syrian	2
USA	آمریکا Hartman	12	Egypt	مصر Pi-537636	3
USA	آمریکا Gila	13	USA	آمریکا Cw-4440	4
Iran	ایران Esfahan	14	Canada	کانادا Leasaf	5
Egypt	مصر Pi-537636-S	15	Cyprus	قبرس Cyprus Bergon	6
Egypt	مصر Pi-198290	16	USA	آمریکا Cw-74	7
Turkey	ترکیه Dincer	17	Mexico	مکزیک Kino-76	8
			USA	آمریکا S-541	9

جدول ۲: میزان بارندگی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران در طی سال‌های زراعی (۸۶-۱۳۸۳)

Table 2: The amount of precipitation in Gachsaran rain-fed station on cropping years (2004-2006)

میزان بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Yearly amount of rainfall (mm)			ماه Month
2005-2006	2004-2005	2003-2004	
0.0	0.0	0.0	Oct. مهر
31.3	74.4	3.5	Nov. آبان
133.1	32.0	181.3	Dec. آذر
64.4	282.0	159.8	Jan. دی
84.1	102.3	70.5	Feb. بهمن
29	2.2	93.9	Mar. اسفند
167.3	65.0	5.8	Apr. فروردین
2	2.8	0.4	May. اردیبهشت
511.2	560.7	515.2	Total جمع

جدول ۳: تجزیه واریانس مرکب سه‌ساله برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط دیم گچساران (۸۵-۱۳۸۳)

Table 3: Combined analysis of variance for grain yield of safflower genotypes in Gachsaran under rain-fed condition (2004-2006)

درصد نسبت به مجموع مربعات کل %SST	میانگین مربعات MS	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
45.16	6.72**	2	محیط Environment
6.23	0.309	6	تکرار / محیط Rep/ Environment
13.66	0.254**	16	ژنوتیپ Genotype
12.37	0.115*	32	ژنوتیپ × محیط Genotype × Environment
22.58	0.07	96	خطای آزمایش Experiment error

* و **: به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

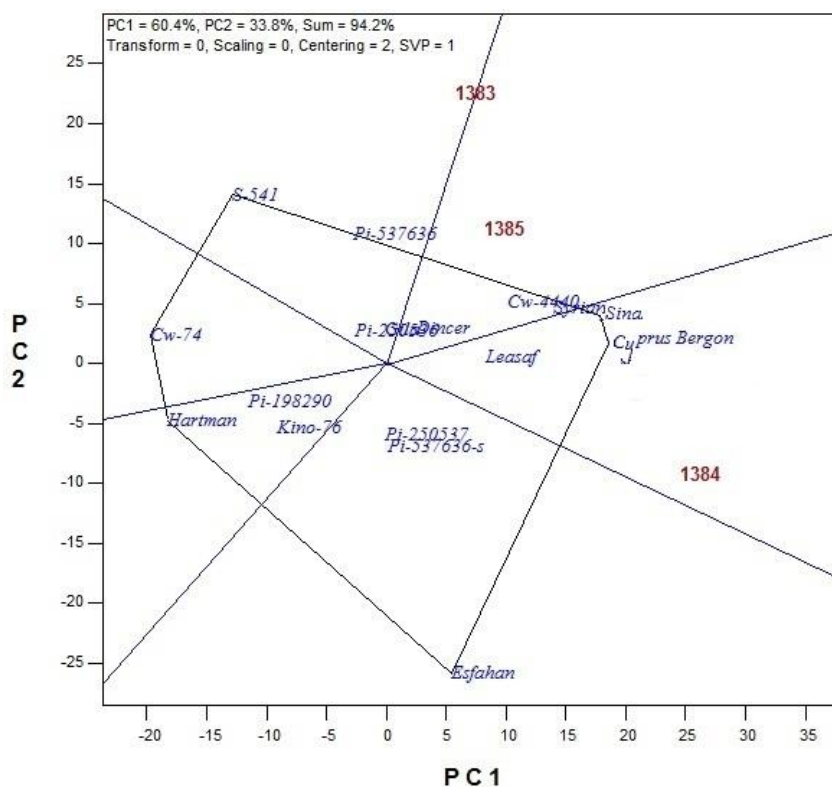
* and **: Significant at 5% and 1% probability level, respectively

%SST: Percentage relative to total sum of squares

جدول ۴: میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در سه سال (۸۵-۱۳۸۳).

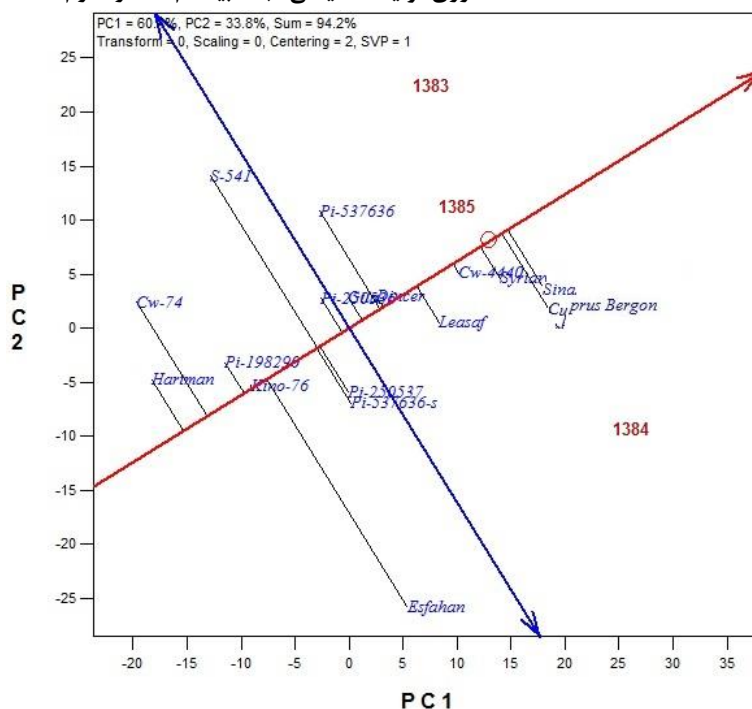
Table 4: Mean of grain yield of safflower genotypes on three years (2004-2006)

میانگین سه سال Mean of three years	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Mean of grain yield (kg.ha ⁻¹)			ژنوتیپ Genotypes
	2006	2005	2004	
1540.22	1371.77	2078.33	1170.56	Sina
1499.22	1408.77	1965.00	1123.89	Syrian
1339.46	1446.71	1475.00	1096.67	Pi-537636
1442.54	1233.18	1895.00	1199.44	Cw-4440
1396.31	1353.09	1859.17	976.67	Leasaf
1529.68	1340.71	2118.33	1130.00	Cyprus Bergon
1047.16	1162.03	1146.67	832.78	Cw-74
1102.67	895.24	1530.00	882.78	Kino-76
1221.96	1231.44	1228.33	1206.11	S-541
1262.87	1178.61	1588.33	1021.67	Pi-250536
1223.12	1069.36	1736.67	863.33	Pi-250537
995.24	918.22	1282.50	785.00	Hartman
1292.73	1144.31	1661.67	1072.22	Gila
1145.74	1037.79	2031.67	367.78	Isfahan Local
1224.78	1150.74	1735.83	787.78	Pi-537636-S
1103.71	1097.52	1414.17	799.44	Pi-198290
1334.43	1257.44	1707.50	1038.33	Dincer
1276.58	1193.94	1673.77	962.03	میانگین Mean



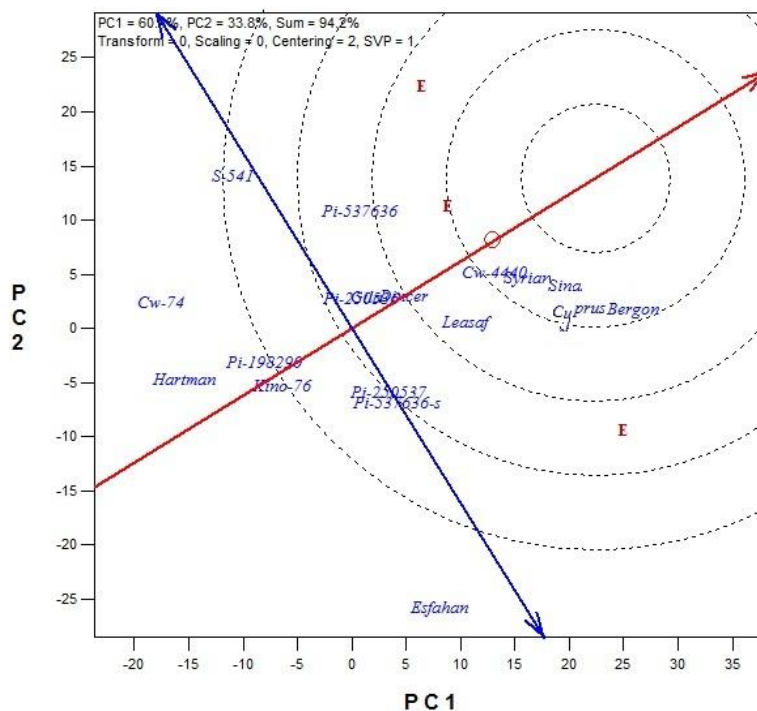
شکل ۱: نمودار چندضلعی GGE بای پلات مربوط به عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ

Fig. 1: Safflower genotypes grain yield GGE biplot polygonal graph



شکل ۲: ارزیابی همزمان عملکرد دانه و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ

Fig. 2: Simultaneous evaluation of safflower genotypes based on both grain yield and yield stability



شکل ۳: بای پلات مقایسه ژنوتیپ‌های گلرنگ با رقم ایده‌آل از نظر عملکرد و پایداری

Fig. 3: The comparison of yield and stability of safflower genotypes with ideal genotype biplot

بنابراین برترین ژنوتیپ‌ها بودند و ژنوتیپ‌های Esfahan، Cw-74 و Hartman با بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها محسوب شدند. در مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه گندم دوروم دیم با استفاده از مدل GGE بای پلات ژنوتیپ‌های ICAMOR-TA04-62، ICAMOR-TA04-1 و Ammar-8 به دلیل داشتن پتانسیل

رقم ایده‌آل که به وسیله یک دایره کوچک مشخص شده است (شکل ۳) به عنوان رقم برخوردار از بالاترین عملکرد و پایداری در کلیه محیط‌ها تعریف می‌شود و ژنوتیپ‌ها بر اساس فاصله‌شان با رقم ایده‌آل رتبه‌بندی می‌شوند (یان و کنگ، 2003). با توجه به شکل ۳، ژنوتیپ‌های Sina، Syrian، Cyprus، Bergon و Cw-4440 کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل داشته

واعظی و همکاران: بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای پایداری... بالای عملکرد و پایداری مشابه رقم شاهد (ساجی) عمل کردند و به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش برای جایگزینی با رقم ساجی معرفی شدند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). هم‌چنین در مطالعه بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از طریق روش GGE بای‌پلات برای عملکرد دانه ارقام کلزا بهاره در شرایط دیم مشخص شد که هیبرید Hyola401 علی‌رغم داشتن بیش‌ترین عملکرد دانه، ناپایدارترین ژنوتیپ بود و دو رقم Option500 و Kristina با عملکردهای بالا دارای پایداری نسبی بوده و شایستگی بیش‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند (پورداد و جمشیدی مقدم، ۱۳۹۲).

بحث

روش‌های مختلفی به منظور غربال کردن ژرم‌پلاسم و لاین‌های اصلاحی برای صفات مهم زراعی وجود دارد که در میان گزینه‌های موجود، آزمایشات مزرعه‌ای به عنوان ابزار قدرتمندی برای شناسایی منابع گیاهی منعکس کننده شرایط طبیعی برای مواد انتخاب شده می‌باشند. با توجه به نتایج جدول ۳ می‌توان اظهار داشت که اثر محیط در این تحقیق نسبت به سایر مطالعات مشابه (جاویدفر و همکاران، ۱۳۸۹؛ جمشیدی مقدم و پورداد، ۲۰۰۹) پایین‌تر می‌باشد. یک دلیل مهم می‌تواند یکسان بودن شرایط آب و هوایی نظیر مشابه بودن میزان دما و بارندگی در طی مدت سه سال اجرای آزمایش حاضر باشد. یکی از ویژگی‌های مهم روش GGE بای‌پلات نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به صورت یک چندضلعی است که بهترین و آسان‌ترین راه برای مشاهده الگوهای اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به منظور تفسیر مؤثر بای‌پلات و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار مربوط به هر محیط می‌باشد (گائوچ و زوبل^۱، ۱۹۹۷؛ یان و همکاران، ۲۰۰۰؛ یان و کنگ، ۲۰۰۳). نمودار چندضلعی (شکل ۱) برای تعیین بهترین ژنوتیپی که در کدام محیط از عملکرد بهتری برخوردار است استفاده شد (یان و همکاران، ۲۰۰۰). این چندضلعی از وصل کردن ژنوتیپ‌هایی به دست آمد که بیش‌ترین فاصله را از مبدا داشتند و سایر ژنوتیپ‌ها درون این چندضلعی مستقر شدند (یان و راجکان^۲، ۲۰۰۲). در نمودار چندضلعی (شکل ۱) ژنوتیپ‌های S-541، Cyprus Bergon، Hartman، Sina، و رقم شاهد محلی اصفهان که در رئوس چندضلعی قرار گرفته و دورترین فاصله را از مبدا بای‌پلات داشتند در زمره ژنوتیپ‌های واکنش‌پذیر شناسایی شدند. ژنوتیپ‌های Gila، Dincer و Pi-250536 که

نزدیک به مبدا بای‌پلات قرار گرفته‌اند در همه محیط‌ها دارای رتبه یکسانی بوده و به تغییر محیط‌ها واکنش کم‌تری نشان دادند (یان و کنگ، ۲۰۰۳). ژنوتیپ S-541 بهترین ژنوتیپ برای شرایط آب و هوایی سال ۱۳۸۳ و ژنوتیپ‌های Cyprus Bergon و سینا بهترین ژنوتیپ‌ها برای شرایط آب و هوایی سال ۱۳۸۴ بودند. برای سال ۱۳۸۵ هیچ ژنوتیپ برتری در بای‌پلات نمایش داده نشده است که دلیل آن می‌تواند کم بودن اختلاف بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در آن سال باشد. با توجه به این‌که هیچ محیطی در بخش‌هایی که ژنوتیپ‌های Hartman، Cw-74 و Esfahan (رقم شاهد) در راس چندضلعی قرار گرفته‌اند وجود ندارد (شکل ۱)، لذا ژنوتیپ‌های مذکور در هیچ یک از محیط‌ها بهترین نبودند. جالب توجه است که رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شکل ۲ (فقط بر اساس میانگین عملکرد) و شکل ۳ (بر اساس میانگین عملکرد و پایداری) تقریباً یکسان هستند که دلیل این امر، بزرگ‌تر بودن اثر G از GE و دامنه PC1 از PC2 می‌باشد. در کل می‌توان چنین نتیجه گرفت که GGE بای‌پلات روشی قوی و سودمند برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و اطلاعات ارزشمندی درباره ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مورد مطالعه در اختیار محققین قرار می‌دهد. روش GGE بای‌پلات با بهره‌گیری از روش‌های آماری چندمتغیره و رسم نمودارهای دوبعدی، علاوه بر تجزیه و تحلیل مناسب داده‌ها، کار تفسیر نتایج را تسهیل می‌نماید و از این‌رو یک روش مناسب برای تجزیه پایداری است. واعظی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها و ارقام گلرنگ با استفاده از آماره‌های پایداری، واریانس پایداری شوکلا، اکواریانس ریک^۳، واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی، ضریب رگرسیونی فیلی و ویلکینسون^۴، میانگین مربعات انحراف از رگرسیون، ضریب تشخیص خطی، آمار غیر پارامتریک رتبه‌بندی و انحراف معیار رتبه و هم‌چنین آماره عملکرد-پایداری، ژنوتیپ‌های CW-440، Syrian، Sina، Cyprus Bergon و Gila را به عنوان ژنوتیپ‌های انتخابی از نظر عملکرد و پایداری معرفی کردند. جمشیدی مقدم و پورداد (۱۳۹۲) با ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره با استفاده از معیارهای ناپارامتری هان و نتارازو، ژنوتیپ Gila را، بر اساس شاخص برتری فاکس^۵ و همکاران، رقم Sina را، بر اساس آماره عملکرد-پایداری، ژنوتیپ‌های S-541، Sina و Syrian را و با استفاده از روش GGE بای‌پلات، ژنوتیپ‌های Cyprus Bergon، Syrian و Sina را به عنوان ژنوتیپ‌های برتر

3. Wrick's ecovalence
4. Finlay and Wilkinson
5. Fox

1. Gauch and Zobel
2. Yan and Rajcan

شناسایی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، ژنوتیپ‌های سینا، Syrian، Cyprus Bergon و Cw-4440 ژنوتیپ‌های پایدار برای سه سال بودند و برای کشت در شرایط دیم گچساران و سایر مناطق مشابه با آب و هوای گرم و خشک مثل استان‌های مرکزی، اصفهان، یزد و کرمان پیشنهاد می‌شوند.

منابع

- باقری، ح.، عندلیبی، ب. و عظیمی مقدم، م. ر. ۱۳۹۱. اثر کاربرد ماده ضدتعلق آترزین بر بهبود صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط دیم. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۴ (۲): ۱-۱۶.
- پورداد، س. س. ۱۳۸۵. گلرنگ (ترجمه). مرکز نشر سپهر، تهران. ۱۲۳ صفحه.
- پورداد، س. س. و جمشید مقدم، م. ۱۳۹۲. مطالعه بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از طریق روش GGE بای‌پلات برای عملکرد دانه ارقام بهاره کلزا (*Brassica napus L.*) در شرایط دیم. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، ۵ (۱۲): ۱-۱۴.
- جاویدفر، ف.، علیزاده، ب.، امیری اوغان، ح. و صباغ‌نیا، ن. ۱۳۸۹. مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ژنوتیپ‌های کلزا به روش GGE بای‌پلات. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۱ (۴): ۷۷۱-۷۷۹.
- جمشیدی مقدم، م. و پورداد، س. س. ۱۳۹۲. ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ با استفاده از معیارهای ناپارامتری و روش GGE بای‌پلات در شرایط دیم. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۲۹ (۱): ۴۵-۶۳.
- کوچکی، ا. ر.، سرخی الله لو، ب. و اسلام‌زاده حصاری، م. ر. ۱۳۹۱. پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش جو در مناطق سرد ایران با استفاده از روش GGE Biplot. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۱-۲۸ (۴): ۵۳۳-۵۴۳.
- محمدی، ر.، آرمیون، م.، زادحسن، ا.، احمدی، م. م. و صادق‌زاده اهری، د. ۱۳۹۱. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه گندم دوروم دیم با استفاده از مدل GGE بای‌پلات. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۱-۲۸ (۴): ۵۰۳-۵۱۸.
- محمدی، ر.، آرمیون، م.، زادحسن، ا. و اسکندری، م. ۱۳۹۲. تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه در گندم دوروم. نشریه زراعت دیم ایران، ۱ (۴): ۱-۱۶.
- مصطفوی، خ.، محمدی، ع.، خدارحمی، م.، ضابط، م. و زراع، م. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد ارقام تجاری کلزا به محیط‌های مختلف با استفاده از روش گرافیکی GGE Biplot. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸ (۴): ۱۳۳-۱۴۳.
- واعظی، ب.، احمدی، ج. و نارکی، ه. ۱۳۹۰. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط دیم. گرمسیر. مجله علوم زراعی ایران، ۱۳ (۲): ۳۹۵-۴۰۷.
- یونس سینکی، ن. ۱۳۸۷. بررسی وضعیت کمی و کیفی روغن موجود در ارقام مختلف گلرنگ تولید شده در سال ۸۷. ماهنامه آفتابگردان، ۱۱: ۲۷.
- Abay, F. and Bjørnstad, A. 2009. Specific adaptation of barley varieties in different locations in Ethiopia. *Euphytica*, 167: 181-195.
- Bach, S., Yada, R. Y. Bizimungu, B. and Sullivan, J. A. 2012. Genotype by environment interaction effects on fibre components in potato (*Solanum tuberosum L.*). *Euphytica*, 187: 77-86.
- Bassil, B. S. and Kaffka, S. R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) to saline soils and irrigation. II. Crop response to salinity. *Agriculture Water Management*, 54: 81-92.
- Correia, I., Alía, R., Yan, W., David, T., Aguiar, A. and Almeida, M. H. 2010. Genotype × Environment interactions in *Pinus pinaster* at age 10 in multi-environment trial in Portugal: a maximum likelihood approach. *Annals of Forest Science*, 67: 612.
- Crossa, J., Cornelius, P. L. and Yan, W. 2002. Biplots of linear-bilinear models for studying crossover genotype × environment interaction. *Crop Science*, 42: 136-144.
- Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58: 453-467.
- Gauch, H. G. and Zobel, R. W. 1977. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, 37: 311-326.
- Haldane, J. B. S. 1946. The interaction of nature and nurture. *Annals of Eugenics*, 13: 197-205.
- Jamshidmoghadam, M. and Pourdard, S. S. 2009. Comparison of parametric and non-parametric methods for analyzing genotype × environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius L.*). *Journal of Agricultural Science*, 147: 601-612.
- Kempton, R. A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *The Journal of Agricultural Science*, 103: 123-135.

- Laffont, T., D'Egidio, M. G. and Wright, K. 2007. Numerical and graphical measures to facilitate the interpretation of GGE-biplot. *Crop Science*, 47: 990-996.
- Mitrovic, B., Stanisavljevi, D., Treski, S., Stojakovic, M., Ivanovic, M., Bekavac, G. and Rajkovic, M. 2012. Evaluation of experimental maize hybrids tested in multi-location trials using AMMI and GGE biplot analysis. *Turkish Journal of Field Crops*, 17 (1): 35-40.
- Mohammadi, R. and Amri, A. 2011. Genotype × Environment interaction and genetic improvement for yield and yield stability of rainfed durum wheat in Iran. *Euphytica*, 192: 227-249.
- Mohammadi, R. and Amri, A. 2013. Genotype x Environment interaction for durum wheat grain yield and selection for drought tolerance in irrigated and droughted environments in Iran. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 14 (4): 265-274.
- Pande, S., Sharma, M., Gaur, P. M., Basandrai, A. K., Kaur, L., Hooda, K. S., Basandrai, D., Kiran Babu, T., Jain, S. K. and Rathore, A. 2013. Biplot analysis of genotype × environment interactions and identification of stable sources of resistance to *Ascochyta* blight in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Australasian Plant Pathology*, 42: 561-571.
- Perkins, J. M. and Jinks, J. L. 1971. Environmental and genotype environment components of variability: III. Multiple line and crosses. *Heredity*, 23: 339-356.
- Rakshit, S., Ganapathy, K. N., Gomash, S. S., Rathore, A., Ghorade, R. B., Nagesh Kumar, M. V., Ganesmurthy, K., Jain, S. K., Kamtar, M. Y., Sachan, J. S., Ambekar, S. S., Ranwa, B. R., Kanawade, D. G., Balusamy, M., Kadam, D., Sarkar, A., Tonapi, V. A. and Patil, J. V. 2012. GGE biplot analysis to evaluate genotype, environment and their interactions in sorghum multi-location data. *Euphytica*, 185: 465-479.
- Rodriguez, M., Rau Domenico, R., Papa, R. and Attene, G. 2008. Genotype by environment interactions in barley (*Hordeum vulgare* L.): different responses of landraces, recombinant inbred lines and varieties to Mediterranean environment. *Euphytica*, 163: 231-247.
- Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd. UK.
- Scapim, C. A., Oliveira, V. R., Braccini, A. L., Cruz, C. D., Andrade, C. A. B. and Vidigal, M. C. G. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, 23: 387-393.
- Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. 1980. Statistical methods. 7th Ed. The Iowa State University Press, Iowa, 593p.
- Tsehaye, Y., Bjørnstad, Å. and Abay, F. 2012. Phenotypic and genotypic variation in flowering time in Ethiopian barleys. *Euphytica*, 188: 309-323.
- Turuspekoy, Y., Sariev, B., Chudinov, V., Sereda, G., Tokhetova, L., Ortaev, A., Tsygankov, V., Doszhanov, M., Volis, S. and Abugaliev, S. 2013. Genotype × Environment interaction patterns for grain yield of spring barley in different regions of Kazakhstan. *Russian Journal of Genetics*, 49 (2): 196-205.
- Weis, E. A. 2000. Oilseed Crops. Blackwell Science, Ltd, Oxford. 364pp.
- Wright, A. J. 1971. The analysis and prediction of some two factor interactions in grass breeding. *The Journal of Agricultural Science*, 76: 301-306.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. T. L. and Szlavnie, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Science*, 40: 596-605.
- Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S. and Cornelius, P. L. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. *Crop Science*, 47: 643-655.
- Yan, W. and Kang, M. S. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press. Boca Raton.
- Yan, W. and Rajcan, I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.
- Yan, W. and Tinker, N. A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86: 623-645.
- Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*, 94: 990-996.
- Zobel, R. W., Wright, M. J. and Gauch, H. G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, 80: 388-393.

Investigation of Genotype × Environment Interaction for the Stability of Safflower Seed Yield through the GGE Biplot Analysis

Vaezi¹, B., Ahmadi^{2*}, J., Naraki³, H. and Yousefi⁴, V.

Abstract

Safflower is an important drought and salt tolerant plant adapted to the climate conditions of Iran. Multi-environment trials play an important role in crop breeding programs to identify genotypes with high and stable yield. In the present study, yield stability of 17 safflower genotypes were tested under the rainfed condition in a three years trials based on randomized complete block design with 3 replications at Gachsaran Agricultural Research Station during 2004-2006 cropping seasons. The results of the combined analysis of variance showed that main effects of genotype and environment on the stability of Safflower Seed Yield were significant at 1%, and GEI was significant at 5% probability level. The results of analysis of variance showed that 45.2% of total variation was due to environment while 26.0% of variation was belonged to genotype and G×E interaction. GGE (G plus GE) biplot model was used to evaluate seed yield stability in safflower genotypes. The first two principle components (PC1 and PC2) together explained 94.2% of the total variability, therefore most of the information could be graphically displayed in the PC1 vs. PC2 biplot. The biplot of comparison of the safflower genotypes with the ideal genotype revealed that Sina, Syrian, Cyprus Bergon and Cw-4440 were the closest genotypes to the ideal cultivar, and Esfahan, Cw-74 and Hartman had the most distance from the ideal cultivar.

Keywords: Salt, Drought, Rainfed condition, Combined analysis of variance

1. Instructor, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Yasuj, Iran.

2 and 4. Professor and PhD Student, Respectively, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

3. MSc, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Yasuj, Iran.

*: Corresponding author

Email: ahmadi@eng.ikiu.ac.ir