



به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۴۷-۵۸

ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو با استفاده از روش GGE biplot

سحر صیاد*^۱، منوچهر خدارحمی^۲، حمیدرضا نیکخواه^۳، بهزاد سرخی‌له‌لو^۴، حمید تجلی^۴، منوچهر طاهری^۵، فضل‌اله حسنی^۶، مجید طاهریان^۷، مهرداد محلوچی^۸

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج
۲. استادیار، بخش غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۳. مربی، بخش غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۴. کارشناس ارشد، بخش اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی
۵. مربی، بخش اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، ایران
۶. مربی، بخش اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، ایران
۷. مربی، بخش اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، ایران
۸. مربی، بخش اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۱/۲۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۲۳

چکیده

این پژوهش برای تعیین پایداری عملکرد بر روی ۱۸ لاین امیدبخش جو و دو لاین شاهد شامل نصرت و MB-86-5 در شش منطقه معتدل شامل کرج، اصفهان، بیرجند، ورامین، زرقان و نیشابور بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سال زراعی (۱۳۸۸-۱۳۹۰) انجام شد. بعد از انجام تجزیه مرکب، تجزیه پایداری با استفاده از روش گرافیکی و چندمتغیره GGE biplot انجام شد. در این روش ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۵ و ۱۶ از پایداری بسیار بالایی برخوردار بودند. همچنین ابرمحیط به‌ترتیب شامل ۱. کرج، ورامین و زرقان، ۲. نیشابور و بیرجند و ۳. اصفهان شناسایی شدند. برترین ژنوتیپ‌ها برای این سه ابرمحیط به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۲، ۵ و ۱۶ هستند. بنابراین، با توجه به نتایج پژوهش حاضر، ژنوتیپ‌های ۲ (Kavir/Badia/3/Torsh/9cr.279-07/Bgs/4/Karoon/Kavir) با میانگین عملکرد ۶/۶۲۶ تن در هکتار و ژنوتیپ ۱۶ (ZBL-2640) با میانگین عملکرد ۶/۴۳۸ تن در هکتار بعد از ژنوتیپ شاهد (۱) با میانگین عملکرد ۶/۴۹۲ تن در هکتار به‌منزله سازگارترین ژنوتیپ‌ها شناخته و معرفی می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: ابرمحیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، اقلیم معتدل، پایداری، سازگاری.

مقدمه

جو متعلق به جنس *Hordeum* با تعداد کروموزوم $2n=24$ است. در حال حاضر، تمامی دانشمندان علم گیاه‌شناسی عقیده دارند که تمام ارقام زراعی جو تنها متعلق به یک گونه *H. sativa* Mjessa یا *H. vulgar* هستند (۳). جو گیاهی است که دامنه انتشار و سازش اقلیمی وسیعی دارد و در عین حال، ارزش تجارتي آن به مراتب کمتر از گندم است و به همین دلیل در نقاطی از مناطق خشک که میزان بارندگی بسیار اندک و غیرقابل پیش‌بینی و متغیر است و تکافوی تولید محصول رضایت‌بخش گندم را نمی‌کند، زراعت می‌شود (۳).

به منظور مطالعه پایداری و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط روش‌های آماری زیادی تا کنون استفاده شده‌اند که این روش‌ها به‌طور کلی، به دو گروه تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. از جمله روش‌های چندمتغیره روش *GGE biplot* است. در روش *GGE biplot* برخلاف سایر روش‌ها، گزینش‌ها و تصمیمات بر مبنای آنالیز تصویری اطلاعات و بررسی هم‌زمان اثر متقابل ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط انجام می‌گیرد. این روش قابلیت‌های فراوان و سادگی در تفسیر خروجی‌ها را دارد. لازم به ذکر است که در این روش ارزیابی‌ها بر اساس تصاویر گرافیکی است، نه بر اساس خروجی‌هایی که به صورت جدول و غیره ایجاد شده است. آنچه در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف حائز اهمیت است این است که اثر محیط در بیشتر موارد بسیار بزرگ است، اما قابل بهره‌برداری نیست. تنها اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط است که در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط می‌بایست به صورت توأم بررسی شوند. در واقع روش *GGE* این امکان را می‌دهد که این دو اثر هم‌زمان و به صورت ترسیمی بررسی شوند (۱۵).

با استفاده از روش رگرسیون مکانی^۱ (SREG)، با ترکیب اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (GE)، روش *GGE biplot* ابداع شد (۱۰). با ابداع مدل *GGE biplot* و گسترش این روش، از این روش برای نمایش اثر توأم ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط (GGE) در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد استفاده شد (۹). به همین دلیل، این روش به روش *GGE biplot* معروف است. به‌طور کلی، یک ماتریس مرتبه ۲ می‌تواند به وسیله یک بای‌پلات نمایش داده شود (۶). برتری این روش بر روش‌های دیگر این است که به‌نژادگر می‌تواند به کمک آن تصویری از روابط بین ژنوتیپ و محیط را مجسم کند و بر اساس نمودار گرافیکی که بر اساس اصول *GGE biplot* رسم می‌شود، ژنوتیپ‌های مطلوب را برای ابرمحیط‌های مختلف یعنی گروه‌های بزرگ محیطی که مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌ها در آن گروه محیطی بیشترین عملکرد را دارند (۱۳) انتخاب کرده و نیز دو عامل ژنوتیپ و محیط را به‌طور هم‌زمان بررسی کند. این روش به پژوهشگر اجازه می‌دهد که بر روی قسمتی از اطلاعات که برای ارزیابی رقم، بیشتر مفید است تمرکز داشته باشد. همچنین با استفاده از این روش می‌توان ژنوتیپ پایدار را مشخص کرد. روش AMMI با *GGE biplot* را مقایسه شد و نتایج نشان داد کارایی و دقت مدل *GGE biplot* بالاتر از مدل AMMI است (۱۱).

به منظور بررسی ژنوتیپ‌های جو تعداد ۲۰ لاین در هفت منطقه معتدل به مدت دو سال زراعی مطالعه شد. نتایج به‌دست‌آمده را با استفاده از روش *GGE biplot* تجزیه و در نهایت ضمن معرفی یک ژنوتیپ پایدار نشان دادند که این روش بسیار کارآمد در مطالعه پایداری و سازگاری و نیز معرفی ارقام پایدار هستند (۳). به‌منظور

1. Site regression

وزن کیسه، عملکرد به صورت کیلوگرم در واحد آزمایشی تعیین و به تن در هکتار تبدیل شد.

آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس‌ها انجام شد. با توجه به نتایج این آزمون مقدار کای دو به دست آمده ($\chi^2=18/71$) از کای دو جدول ($24/27 = \alpha_{0.1}$) و $19/68 = \alpha_{0.05}$ کوچک‌تر بود که نشان می‌دهد واریانس اشتباهات آزمایشی همگن است و می‌توان برای مجموعه داده‌ها تجزیه مرکب انجام داد. سپس بعد از انجام تجزیه مرکب، تجزیه پایداری با استفاده از روش GGE biplot و بررسی نمودارهای حاصل از آن انجام شد. مدل GGE biplot بر پایه مقادیر ویژه تفکیک‌پذیر برای دو مؤلفه اول است:

$$Y_{ij} - \bar{Y}_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

در این رابطه، Y_{ij} : میانگین عملکرد ژنوتیپ i در محیط j و \bar{Y}_j : میانگین عملکرد است.

همه ژنوتیپ‌ها در محیط j ، λ_1, λ_2 : مقادیر ویژه برای PC_1 و PC_2 (به ترتیب)، ξ_{i1}, ξ_{i2} : نمرات و PC_2 (به ترتیب) برای ژنوتیپ i ، η_{j1}, η_{j2} : نمرات و PC_2 (به ترتیب) برای محیط j ، ε_{ij} : باقی‌مانده مدل مربوط به ژنوتیپ i در محیط j . مدل رگرسیون مکانی بر پایه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و همچنین اثر ژنوتیپ استوار است و با توجه به اهمیت اثر محیط و لزوم مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای تفسیر پایداری ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد به نظر می‌رسد استفاده هم‌زمان از اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و اثر ژنوتیپ نتایج مؤثری را در برداشته باشد (۱۳). به همین دلیل، در این آزمایش از روش GGE biplot برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌های جو استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹) و همچنین تجزیه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز با نرم‌افزار GGE biplot4.0 انجام شد.

بررسی پایداری، تعداد ۲۵ ژنوتیپ گندم بررسی شد و با استفاده از روش GGE biplot آن‌ها را تجزیه و پایدارترین ژنوتیپ و مکان‌ها را معرفی کردند (۸). پایداری بایستی به‌منزله یک جنبه مهم آزمایش‌های مقایسه عملکرد در نظر گرفته شود زیرا اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌تواند هر گونه پیشرفت ناشی از گزینش را کاهش دهد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، علاوه بر بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، بررسی سازگاری و معرفی ارقام پایدار است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، به بررسی ۱۸ ژنوتیپ امیدبخش جو در مناطق کرج، اصفهان، بیرجند، ورامین، نیشابور، زرقان به همراه دو رقم نصرت و MB-86-5 به‌منزله ارقام شاهد، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و به مدت دو سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ (سال اول) و ۱۳۸۹-۱۳۹۰ (سال دوم) پرداخته شد (جدول ۱). با توجه به اینکه آزمایش‌ها در دو سال و شش مکان انجام شد، مشخصات فنی و زراعی طرح در طول اجرای آزمایش در تمام مناطق یکسان بود و ژنوتیپ‌ها به‌منزله فاکتور ثابت در نظر گرفته شدند (جدول ۲). مساحت برداشت از هر کرت شش مترمربع بوده است. تهیه زمین در ایستگاه‌های مربوطه و تاریخ کاشت در محدوده زمانی مشخص و در آبان‌ماه برای کلیه ایستگاه‌ها توصیه شد. میزان کود مصرفی براساس آزمون خاک در هر ایستگاه بود. برای جلوگیری از خسارت علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش گرانستار و علف‌های هرز نازک‌برگ از علف‌کش پوما اکسترا استفاده شد. در مرحله برداشت میزان عملکرد برای هر رقم در محیط مربوطه محاسبه شد. در پایان فصل محصول با کمباین آزمایشی برداشت شد. سپس عملکرد هر رقم با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و در نهایت پس از کسر

سحر صیاد و همکاران

جدول ۱. شماره و شجره ژنوتیپ‌های جو

ژنوتیپ	شجره
۱	Nosrat
۲	Kavir/Badia/3/Torsh/9cr.279-07/Bgs/4/Karoon/Kavir
۳	Torsh/Rojo//73M4-70
۴	Torsh/Rojo//73M4-70
۵	Triton/Yazd-5
۶	Th.Unk.7//WI2197/Cr.272-3-4/4/Rhn-03/3/NY6005-18/OWB70173-2H-4HF1
۷	LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/Com"S"/3/CWB117-5-9-5
۸	LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/Com"S"/3/Zarza"S"/Agave"S"/Cardo
۹	Beecher/(PI2315/Mf102//Cossack/3/L.527//...)
۱۰	ICNB-105960/Yazd-5
۱۱	Trompilo//Karoon/Kavir/3/Legia/4/Ashar
۱۲	82S:510/Tropi//1-BC-80449
۱۳	82S:510/Tropi//1-BC-80449
۱۴	Zarza'S'/Agave'S'/Cardo/3/(CI9650/3/ Apm/Cota'S)/4/Numar
۱۵	Rojo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/Com"S
۱۶	ZBL-2640
۱۷	ZBL-2642
۱۸	ZBL-2654
۱۹	PINON/3/QUINN/ALOE//CARD0/4/CIRU
۲۰	MB-86-5(Bgs/Dajia//L.1242/3/(L.B.IRAN/Una8271//Gloria'S'/3/Alm/Una80//...)

جدول ۲. خصوصیات مکان‌های آزمایش شده برای دو سال (۱۳۸۸ - ۱۳۹۰)

مکان	ارتفاع (متر)	میانگین بارندگی (میلی‌متر)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
کرج	۱۲۳۶	۲۵۱	۱۴/۱	۵۰/۵۴	۳۵/۵۵
اصفهان	۱۵۵۰/۴	۱۱۳/۳	۱۵/۹	۵۱/۴۰	۳۳/۲۷
بیرجند	۱۴۹۱	۱۷۰	۱۶/۵	۵۹/۱۲	۳۳/۵۹
ورامین	۹۱۸	۱۷۰	۱۵/۵	۵۹/۳۱	۳۵/۱۹
زرقان	۱۵۹۶	۳۳۰/۲	۱۶/۲	۵۲/۴۳	۴۷/۲۹
نیشابور	۱۳/۱۲	۲۶۵/۸	۱۴/۸	۵۸/۴۸	۱۶۲۶

به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳

نتایج و بحث

تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش چندمتغیره و تصویری GGEbiplot

این روش یک روش جدید و چندمتغیره است که با استفاده از نمودارهایی که در اختیار پژوهشگر قرار می‌دهد، کار تفسیر را آسان کرده و قدرت اعتبار آن را افزایش داده است.

تعیین ابرمحیط‌ها و بهترین ارقام در هر مکان

تجزیه مرکب با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل اثرات محیط در سطح احتمال ۰/۰۱ و اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۰/۰۵ معنادار شد. معنادار بودن اثر محیط بدین معناست که محیط‌ها از نظر تأثیر بر عملکرد ژنوتیپ‌ها با هم اختلاف دارند. در بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معناداری در سطح احتمال ۰/۰۱ مشاهده شد. دیگر پژوهشگران نیز در بررسی‌های خود بر روی ژنوتیپ‌های جو به نتایج تقریباً مشابهی مبنی بر معنادار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دست یافتند (۲). با توجه به اینکه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنادار است عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر متفاوت و بنابراین شرط انجام تجزیه پایداری و معرفی ژنوتیپ‌های سازگار برقرار است (۱۳). در بای‌پلات (شکل ۱) یک چندضلعی مشاهده می‌شود که ژنوتیپ و محیط‌های حاضر در آزمایش را نشان می‌دهد. از اطلاعات موجود در این بای‌پلات برای تعیین ابرمحیط‌ها و نیز معرفی بهترین ارقام در هر محیط استفاده می‌شود. در این بای‌پلات توسط خطوطی که بر این چندضلعی عمود شده است، شش بخش قابل مشاهده است. ژنوتیپ‌های موجود در رأس این چندضلعی نشان‌دهنده ژنوتیپ‌های برتر برای مکان‌هایی است که در داخل این چندضلعی واقع شده‌اند. با توجه به نتایج موجود، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۳، ۱۱، ۱۲، ۱۶ در

رأس این چندضلعی قرار گرفته‌اند. مکان‌های بیرجند و نیشابور در بخشی قرار گرفته‌اند که ژنوتیپ ۱۶ در رأس آن قرار گرفته است این بدین معناست که ژنوتیپ ۱۶ بهترین ژنوتیپ برای بیرجند و نیشابور است. مکان‌های کرج، ورامین و زرقان در بخشی واقع شده است که ژنوتیپ ۲ در رأس آن بخش قرار گرفته و این بدین معناست که ژنوتیپ دو بهترین ژنوتیپ برای مکان‌های کرج، ورامین و زرقان است.

باتوجه به شکل اصفهان در بخشی قرار دارد که ژنوتیپ ۵ در رأس آن قرار دارد بنابراین، بهترین ژنوتیپ برای این مکان همان ژنوتیپ ۵ است. مهم‌ترین نکته این است که هیچ محیطی در داخل بخش‌هایی که ژنوتیپ‌های ۳، ۱۱ و ۱۲ در رأس آن قرار گرفته‌اند وجود ندارد که بیانگر این موضوع است که ژنوتیپ‌های ۳، ۱۱ و ۱۲ در هیچ ابرمحیطی برتری ندارد. این بای‌پلات خاصیت گروه‌بندی محیط‌ها را نیز دارد. در واقع می‌تواند ابرمحیط‌های مختلف را شناسایی کند. در این بای‌پلات کرج، ورامین و زرقان به منزله اولین ابرمحیط، نیشابور و بیرجند به منزله دومین ابرمحیط و اصفهان به منزله سومین ابرمحیط شناسایی شدند. چنین بررسی نیز بر روی ۲۰ ژنوتیپ جو در مناطق سرد کشور بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد که در نتیجه آن چند ابرمحیط و ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی با این ابر محیط‌ها (گروه‌های بزرگ محیطی که مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌ها در آن گروه محیطی بیشترین عملکرد را دارند) معرفی شدند (۱). در یک پژوهش در جنوب شرقی اتیوپی بر روی ۱۸ ژنوتیپ جو و ۱۱ محیط با استفاده از روش GGEbiplot، دو محیط بزرگ که هر کدام چند محیط کوچک داشتند و نیز ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی با این محیط‌ها معرفی و از آن‌ها برای تولید و بهره‌وری بیشتر محصول استفاده شد (۷) که با نتایج دیگر پژوهش‌ها مطابقت دارد (۲ و ۱۳).

جدول ۳. تجزیه مرکب برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جوی مطالعه شده

میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
**۷۱/۵۰۸	۷۸۶/۵۹۳	۱۱	محیط
^{ns} ۵۴/۶۵۳	۵۴/۶۵۳	۱	سال
^{ns} ۴۰/۰۶۳	۲۰۰/۳۱۶	۵	مکان
**۱۰۶/۳۲۴	۵۳۱/۶۲۴	۵	سال × مکان
۳/۴۳۱	۸۲/۳۵۷	۲۴	اشتباه اول
**۳/۰۳۱	۵۷/۵۹۰	۱۹	ژنوتیپ
*۱/۰۷۴	۲۲۴/۵۶۹	۲۰۹	ژنوتیپ × محیط
^{ns} ۰/۹۴۳	۱۷/۹۲۶	۱۹	ژنوتیپ × سال
*۱/۱۷۰	۱۱۱/۲۴۰	۹۵	ژنوتیپ × مکان
۰/۸۳۳	۳۷۹/۹۸۱	۴۵۶	اشتباه دوم
	۱۵۳۱/۰۹۳	۷۱۹	کل

*, **, ns. به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنادار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و نبود اختلاف معنادار

شدند که ژنوتیپ ۵ با قرار گرفتن در این بخش به منزله ژنوتیپ برتر در این بخش معرفی شد. مکان‌های کرج، نیشابور در سال‌های اول و دوم هر کدام در بخش‌های جداگانه قرار دارند و به همین دلیل در ابرمحیط بودن این مکان‌ها تردید وجود دارد.

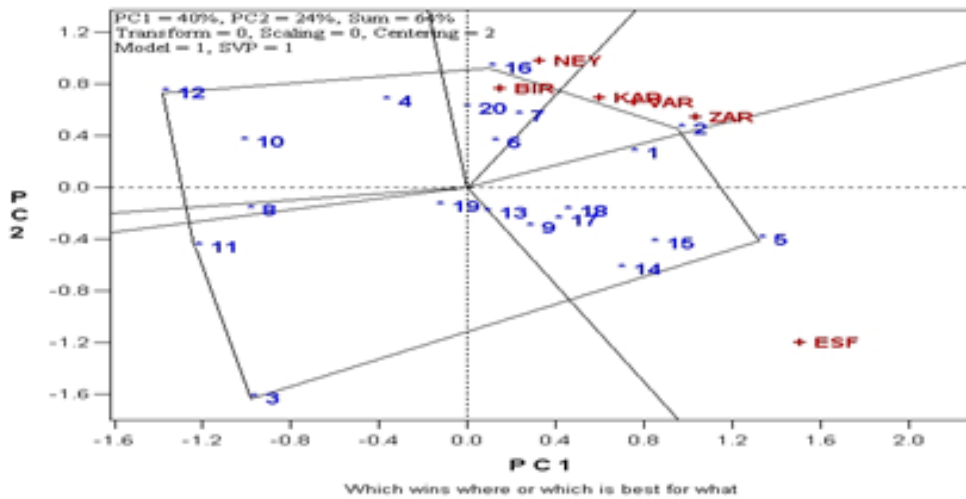
در بای‌پلات شکل ۱ کرج به همراه ورامین و زرقان در ابرمحیط اول واقع شده است و نیشابور همراه با بیرجند در ابرمحیط دوم واقع شده است ولی در بای‌پلات شکل ۲ کرج سال دوم به تنهایی در ابرمحیط دوم واقع شده است و نیشابور همراه با کرج در سال اول در ابرمحیط اول واقع شده‌اند. با این حال، کرج در سال دوم در مرز ابرمحیط سوم قرار گرفته است (بیرجند سال اول و دوم، ورامین سال اول و دوم، اصفهان سال اول و دوم، زرقان سال اول و دوم و نیشابور در سال دوم) قرار گرفته و تمایل به سمت یکی از

در شکل ۲ به بررسی ابرمحیط‌ها بر اساس سال اول و دوم به طور جداگانه پرداخته شده است تا تعیین ابرمحیط‌ها با دلایل محکم‌تری ارائه شود. در این بای‌پلات چندضلعی به پنج بخش و سه ابرمحیط تقسیم شده است. در بخش یک محیط‌های نیشابور و کرج سال اول قرار گرفته است که در نتیجه این محیط‌ها به منزله ابرمحیط اول شناخته شدند که ژنوتیپ ۲۰ به منزله ژنوتیپ برنده برای این ابرمحیط شناسایی شد. همچنین محیط کرج سال دوم با قرار گرفتن در بخش دوم به منزله ابرمحیط دوم شناسایی شد که ژنوتیپ ۱۴ با قرار گرفتن در این ابرمحیط به منزله ژنوتیپ برنده برای این محیط شناسایی شد. محیط‌های بیرجند سال اول و دوم، ورامین سال اول و دوم، اصفهان سال اول و دوم، زرقان سال اول و دوم و نیشابور در سال دوم با قرار گرفتن در این بخش به منزله ابرمحیط سوم شناسایی

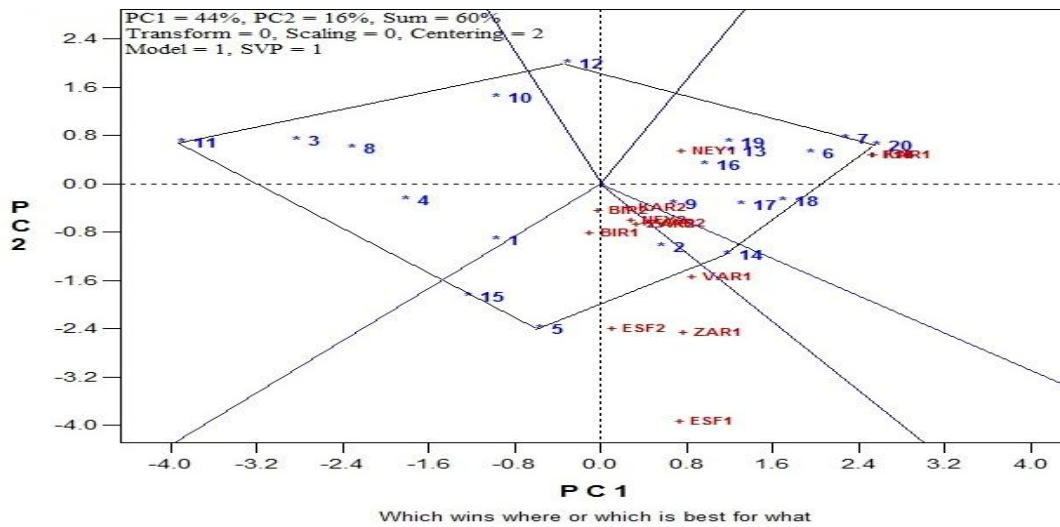
ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو با استفاده از روش GGE biplot

آن‌ها نیز از این بای‌پلات برای گروه‌بندی ژنوتیپ و محیط‌ها استفاده کردند.

این ابرمحیط‌ها دارد، لذا با کمی تأمل می‌توان کرج را به ابرمحیط سوم نیز نسبت داد. دیگر پژوهشگران نیز چنین رویه‌ای در آزمایش‌های خود استفاده کردند (۱۲ و ۱۳).



شکل ۱. نمودار چندضلعی برای تعیین ابرمحیط‌ها و بهترین ژنوتیپ‌ها برای هر مکان



شکل ۲. نمودار چندضلعی برای تعیین ابرمحیط‌ها بر اساس هر مکان و سال به‌طور جداگانه

کرج (سال اول KAR₁ و سال دوم KAR₂) و اصفهان (سال اول ESF₁ و سال دوم ESF₂) و بیرجند (سال اول BIR₁ و سال دوم BIR₂) و ورامین (سال اول VAR₁ و سال دوم VAR₂) و زرقان (سال اول ZAR₁ و سال دوم ZAR₂) و نیشابور (سال اول NEY₁ و سال دوم NEY₂)

میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها

با توجه به شکل بای‌پلات میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۳). به‌طور کلی، ژنوتیپ ۲ با قرار گرفتن در سمت مثبت محور افقی بالاترین میزان عملکرد و ژنوتیپ ۳ با قرار گرفتن در جهت منفی محور کمترین میزان عملکرد را نشان می‌دهد که با توجه به شکل میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌صورت زیر است:

$$3 < 11 < 8 < 12 < 10 < 19 < 4 \approx 2$$

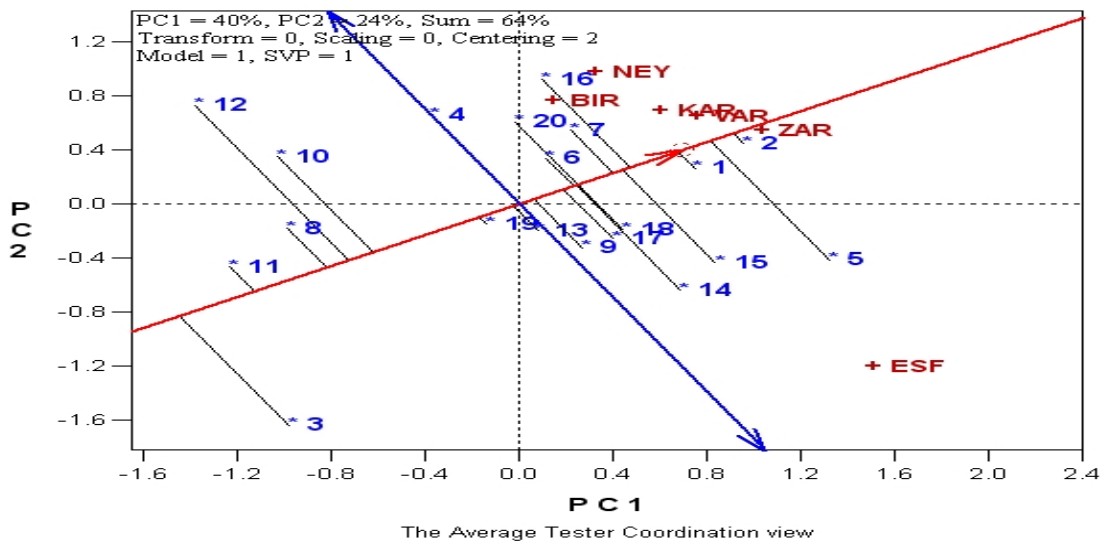
$$13 < 9 < 17 \approx 6 < 14 < 18 \approx 20 < 7 < 15 < 16 < 5 < 2$$

همچنین ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۱۲، ۱۴ به‌علت اینکه با بیشترین طول خط بر محور افقی نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها عمود شده‌اند، بیشترین ناپایداری و نوسان عملکرد را دارند. به‌عکس آن‌ها ژنوتیپ‌های ۲، ۱، ۸، ۱۹، ۱۳، ۱۱ با داشتن کمترین طول خط جزء پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. اما از بین اینها ژنوتیپ‌های ۱ و ۲ با داشتن کمترین واریانس و عملکرد بالاتر از میانگین کل به‌منزله ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. در پژوهشی بر روی ۲۳ ژنوتیپ گندم بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در

سه تکرار از روش GGE bipolt استفاده شد و ژنوتیپ‌ها براساس پایداری عملکرد آن‌ها دسته‌بندی و ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شد (۴). در دیگر پژوهش‌ها نیز از این روش برای مطالعه ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در ۱۴ لاین از ذرت استفاده و ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شد (۶).

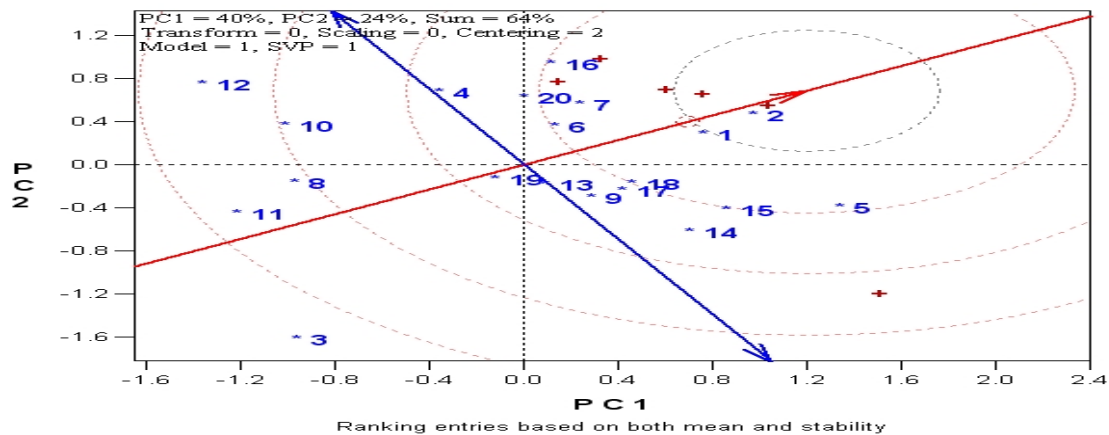
تعیین ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot

همان‌طور که مشاهده می‌شود مرکز دوایر متحدالمرکز جایی است که ژنوتیپ‌های ایده‌آل در آن قرار می‌گیرند. بنابراین، ژنوتیپ ۲ با قرار گرفتن در مرکز دوایر به‌منزله ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ‌های ۱، ۵ و ۷ بعد از آن در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. دیگر پژوهشگران نیز به بررسی ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از روش GGE biplot در لاین‌های دیسومیک گندم- جو پرداختند و توانستند برترین لاین دی سومیک را برای بهره‌وری و تولید بیشتر معرفی کنند (۵).

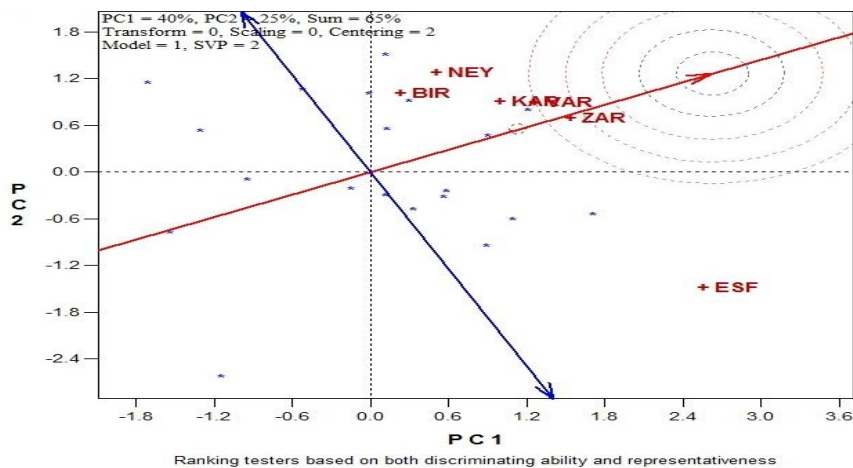


شکل ۳. نمودار میانگین و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جوی مطالعه‌شده

ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو با استفاده از روش GGE biplot



شکل ۴. تعیین ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از روش GGEbiplot



شکل ۵. تعیین محیط ایده‌آل با استفاده از روش GGE biplot

بوده و فاصله عمود آن از این خط کمترین مقدار باشد. در این شکل، بهترین نقطه، مرکز دایره هم‌مرکز است که با علامت پیکان مشخص شده است. سایر محیط‌ها براساس این نقطه گروه‌بندی می‌شوند. محیطی که فاصله کمتری از مرکز داشته باشد، محیط بهتری است. مکان‌های زرقان، ورامین و کرج از بین شش مکان که آزمایش شدند به‌علت نزدیکی به مرکز دایره متحد‌المرکز به‌منزله ایستگاه‌های ایده‌آل شناخته شدند. ایستگاه‌های نیشابور و بیرجند در گروه بعدی و پس از آن‌ها قرار گرفتند و با توجه به فاصله زیادی که اصفهان با مرکز این دایره داشت به عنوان

تعیین محیط ایده‌آل با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot

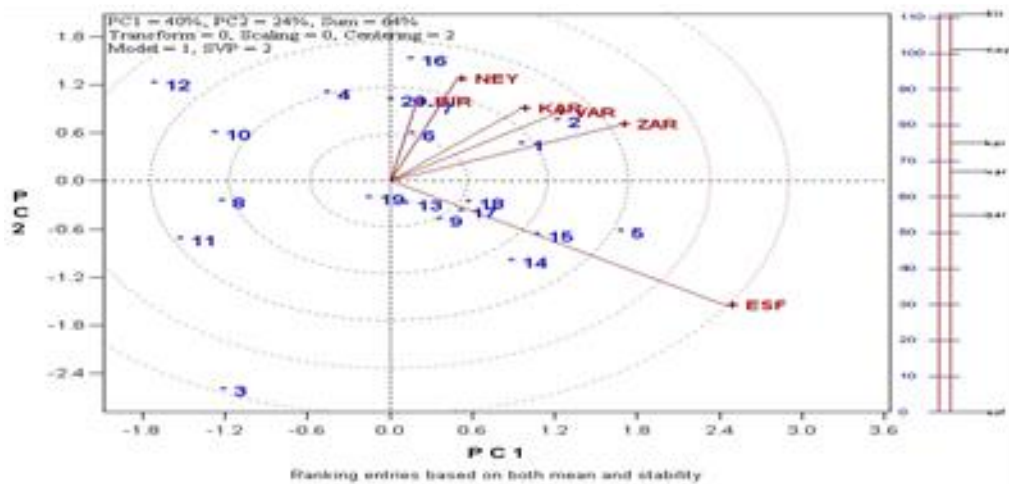
بر طبق نمودار، رتبه‌بندی محیط‌ها را براساس محیط ایده‌آل نشان می‌دهد (شکل ۵). محیط ایده‌آل برای میانگین داده‌های دو سال و بر پایه مفاهیم قابلیت نمایندگی و تشخیص محیط‌های مختلف شناسایی می‌شود. محیط ایده‌آل، نشان‌دهنده ایده‌آل‌ترین الگوی پاسخ ژنوتیپی است. بدین منظور، از مبدأ مختصات خطی به میانگین محیط‌ها وصل می‌شود و به دو طرف ادامه پیدا می‌کند. بهترین محیط، محیطی است که متمایل به انتهای مثبت این محور

بزرگ‌تر از ۹۰ درجه به معنای هم‌بستگی منفی بین محیط‌هاست. با توجه به این توضیح و نیز با توجه به نمودار بین مکان‌های بیرجند، نیشابور، کرج، ورامین و زرقان به علت وجود زاویه کم همبستگی بالایی وجود دارد که نشان‌دهنده پاسخ مشابه ژنوتیپ‌ها در این مکان‌هاست. هم‌بستگی منفی بین بیرجند و اصفهان بیانگر این است که رتبه عملکرد این ژنوتیپ‌ها عکس هم است یعنی ژنوتیپ‌هایی که در مکان بیرجند رتبه نخست عملکرد را داشته در اصفهان رتبه آخر را نشان داده است. مکان‌های نیشابور- اصفهان با داشتن هم‌بستگی نزدیک به صفر سبب ایجاد عملکرد مستقل ژنوتیپ‌ها در این مکان‌ها شدند. با توجه به اینکه در این پژوهش مکان‌های کرج، ورامین و زرقان هم‌بستگی نزدیکی داشتند و با در نظر گرفتن اینکه این نتایج به صورت مشابه طی چند سال تکرار شود می‌توان به منظور صرفه‌جویی و کاهش هزینه‌ها از یکی از این مکان‌ها استفاده کرد.

ضعیف‌ترین ایستگاه تشخیص داده شد. در دیگر پژوهش‌ها نیز از روش GGE biplot برای تعیین محیط ایده‌آل در ژنوتیپ‌های جو در مناطق سرد استفاده شد و چند محیط ایده‌آل را که در آن ژنوتیپ‌های مذکور جو بهتر از هم متمایز شدند معرفی شد (۱). در یک آزمایش به منظور بررسی عملکرد جو تحت شرایط دیم تعداد ۱۸ لاین جو را در چهار ایستگاه بررسی کردند. نتایج با استفاده از تجزیه گرافیکی GGE biplot بررسی و دو محیط بزرگ و لاین‌های برتر در آن محیط‌ها معرفی شد (۵).

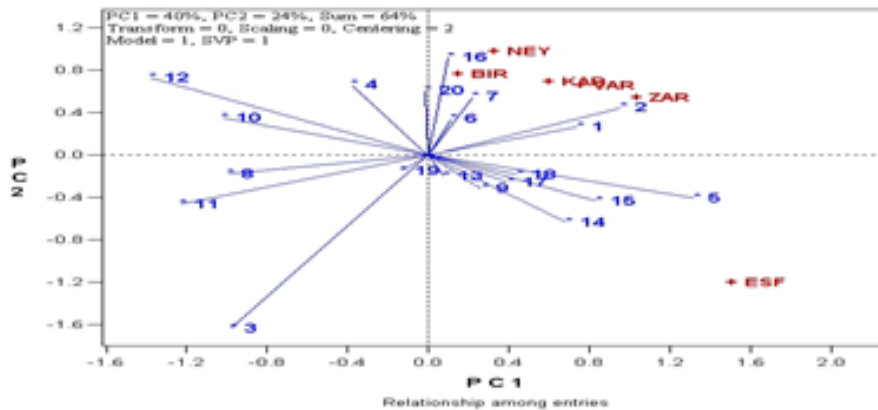
بررسی روابط بین محیط‌ها با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot

در این بای‌پلات، هم‌بستگی بین محیط‌ها از طریق زاویه‌ای که بین آن‌ها وجود دارد، تعیین می‌شود. بردار کنار این گراف در واقع نشان‌دهنده میزان زاویه بین مکان‌هاست. زاویه بین بردارهایی که کوچک‌تر از ۹۰ درجه باشد نشان از هم‌بستگی مثبت بین آن‌ها دارد. زاویه ۹۰ درجه بین بردارها نیز نشان‌دهنده مستقل بودن محیط‌هاست. زاویه



شکل ۶. بررسی روابط بین محیط‌ها با استفاده از روش GGE biplot (بردار کنار گراف نشان‌دهنده زاویه بین مکان‌هاست که بیانگر میزان همبستگی بین مکان‌هاست).

ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو با استفاده از روش GGE biplot



شکل ۷. بررسی روابط میان ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش GGE biplot

۱۶ (ZBL-2640) با میانگین عملکرد ۶/۴۳۸ بعد از ژنوتیپ ۱ (نصرت) با میانگین عملکرد ۶/۴۹۲ با داشتن سازگاری بیشتر نسبت به بقیه در این روش به‌منزله ژنوتیپ‌های سازگار معرفی شدند. در پایان پیشنهاد می‌شود که ژنوتیپ‌های یک، ۲، ۱۶ که از نظر عملکرد و پایداری به‌منزله ژنوتیپ برتر انتخاب شده‌اند در آینده در آزمایش‌های پژوهشی-تطبیقی و پژوهشی-ترویجی استفاده و همچنین در اختیار زارعان قرار گیرد.

منابع

۱. پورداد س و مقدم م ج (۱۳۹۱) بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به روش GGE بای‌پلات در گلرنگ بهاره. تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۶): ۱۰۸-۹۹.
۲. کوچکی ا، سرخی‌ال‌لوب و اسلام‌زاده حساری م (۱۳۹۱) پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش جو در مناطق سرد ایران با استفاده از روش GGE biplot. به‌نژادی نهال و بذر. ۱(۴): ۲۸.
۳. نورمحمدی ق، سیادت ع و کاشانی ع (۱۳۸۴) زراعت غلات. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۰ ص.

بررسی روابط میان ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot

با توجه به این شکل، ژنوتیپ‌ها به چندین گروه از نظر هم‌بستگی تقسیم می‌شوند. در این پژوهش ژنوتیپ‌های ۲، ۱، ۷، ۶، ۱۶ به دلیل هم‌بستگی بالا در گروه ۱ قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های ۵، ۹، ۱۹، ۱۷، ۱۵، ۱۴ و ۱۳ در گروه دوم، ژنوتیپ‌های ۳، ۸، ۱۹، ۱۱ در گروه سوم و در نهایت ژنوتیپ‌های ۴، ۱، ۱۲ و ۲۰ در گروه چهارم قرار گرفتند. پایداری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در ژنوتیپ‌های گلرنگ در شش مکان بدون تنش رطوبتی بررسی شد. نتایج با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot بررسی شد و در نهایت شش ژنوتیپ برتر و چهار محیط بزرگ‌شده و ژنوتیپ‌های برتر در آن معرفی شد (۱).

در روش GGE biplot ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۵ و ۱۶ از پایداری بسیار بالایی برخوردار بودند. در این روش، سه ابرمحیط به ترتیب شامل ۱. کرج، ورامین، زرکان، ۲. نیشابور و بیرجند و ۳. اصفهان شناسایی شدند. برترین ژنوتیپ‌ها برای این سه ابرمحیط به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲، ۱۶ و ۵ هستند. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده ژنوتیپ‌های ۲ (Kavir/Badia/3/Torsh/9cr.279-07/Bgs/4/Karoon/) با میانگین عملکرد ۶/۶۲۶ تن در هکتار و ژنوتیپ

- model. Plant and seed improvement. 28(3): 503-518.
12. Sabaghnia N, Dehghani H and Sabaghpour SH (2008) Graphic analysis of genotype \times environment interaction for lentil (*Lens culinaris* Medik) yield in Iran. Agronomy. 100: 760-764.
 13. Yan W, Hunt A, Sheng H and Szlavnic L (2000) Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on The GGEbiplot. Crop Science. 40: 597-605.
 14. Yan W (2002) Singular value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. Agronomy. 94: 99-996.
 15. Yan W and Kang MS (2003) GGEbiplot Analysis: A Graphical Tool For Breeders ,Geneticists and Agronomists. Boca.CRC press. Boca Raton. Fl, Usa.
 16. Yan WK, Baoluo MS, Sheila M and Paul WL (2007) GGEbiplot vs. Ammi analysis of genotype-by-environment data. Crop Science. 47: 643-653.
 ۴. نیکخواه ح ر، مرتضویان م، حسنی م، شریف حسینی ف، طاهری م، محلوجی م و محمدی م (۱۳۸۵) دوازدهمین کنگره ژنتیک ایران. صص. ۶-۱۲.
 5. Ahmadi J, Vaezi B and Fotokian H (2012) Graphical analysis of multi-environment trials for barley yield using AMMI and GGEbiplot under rain-fed conditions. Plant physiology and breeding. Issue1. 43p.
 6. Choukan R (2011) Genotype, environment and genotype \times environment interaction effects on the performance of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. Crop Breeding. 1(2): 97-103.
 7. Farshadfar E, Safari H and Jamshidi B (2012) GGEbiplot of adaptation in wheat substitution lines. Agriculture and crop science. 4(13): 877-888.
 8. Farshadfar E Mohamadi H, Aghaee M and Vaisi Z (2012) GGEbiplot of analysis of genotype \times environment in wheat barley disomic additional genotypes. Crop science. 6(6): 1074-1079.
 9. Gabriel KR (1971) The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika. 58: 453-467.
 10. Jalata Zerihun (2011) GGEbiplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeum Vulgare* L.) genotype in southeaster Ethiopia. Plant breeding and genetics. 5(1): 57-59.
 11. Mohamadi R, Armium M, Zadhasan E, Ahmadi M and Sadeghzadeahari D (2012) Genotype \times environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE biplot