دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی عملکرد ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا تحت تنش خشکی با استفاده از تجزیه GGE بای‌پلات

احمدرضا دادرس[۱]، حبیب ا.. سمیع‌زاده[۲] و حسین صبوری[۳]

۱- دانش آموخته مقطع دکتری دانشگاه گیلان و استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس (نویسنده مسوول: hos.sabouri@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۱۰

چکیده

ارزیابی ارقام و لاین‌های سویا تحت تنش خشکی به به‌نژادگران در شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار کمک می‌کند. در این راستا آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط نرمال و تنش خشکی در دو مکان رشت و گنبد (در چهار محیط) طرح‌ریزی شد. نتایج تجزیه مرکب عملکرد دانه در بوته نشان داد که اثر تنش، مکان، ژنوتیپ، اثر متقابل تنش در مکان، ژنوتیپ در تنش، ژنوتیپ در مکان و ژنوتیپ در تنش در مکان معنی‌دار است. در این مطالعه از روش GGE بای‌پلات برای بررسی ۱۲۱ رقم و لاین‌های پیشرفته سویا در چهار محیط استفاده شد. نتایج حاصل از روش بای‌پلات نشان داد که مؤلفه اول ٦٦ و مؤلفه دوم ۲۲ درصد (در مجموع ۸۸ درصد) از کل تغییرات را توجیه نمودند که نشاندهنده اعتبار نسبتاً خوب بای‌پلات در توجیه تغییرات G+GE است. نتایج روش گرافیکی نشان داد که محیط‌های گنبد (تنش و نرمال) نسبت به محیط‌های رشت (تنش و نرمال) در رتبه بندی و تعیین سازگاری کاملاً متفاوت بودند. در بررسی بای‌پلات چندضلعی مشاهده شد که در RD (مکان رشت تحت تنش خشکی)، GN (مکان گنبد نرمال) و GD (مکان گنبد تحت تنش خشکی) ژنوتیپ ۳۷ و ۳٤ بیشترین عملکرد را داشتند و علاوه‌براین می‌توان این سه محیط را به‌عنوان یک محیط کلان (Mega-Environment) در نظر گرفت. تعدادی از ژنوتیپ‌ها در موقعیتی قرار گرفتند که هیچ محیطی درآنجا قرار نداشت. این ژنوتیپ‌ها در اکثر محیط‌ها دارای عملکرد پایین بودند. در نمودار رتبه پایداری ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ٤۹، ٦۳، ٤۲، ۸٦، ۳۹و ٤٦ دارای عملکرد متوسط و سازگاری بالایی داشتند که دارای ترکیب مناسبی از پایداری (سازگاری) و عملکرد بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، تنش‌های محیطی، تجزیه مرکب، روش گرافیکی GGE، محیط کلان

مقدمه

سویای زراعی (*Glycine max*) پس از ذرت و گندم مقام سوم را از نظر تولید دانه و از نظر ارزش غذایی پس از ذرت دومین رتبه را در کشور امریکا دارد و در کشورهایی مثل آمریکا گیاه دانه‌ای مهمی تلقی می‌شود (۲). بر اساس گزارش فائو سطح زیر کشت سویا در جهان در سال ۲۰۱۲ حدود ۱۰۴۹۹۷۲۵۳ هکتار با میانگین عملکرد ۲۳۰۳ کیلوگرم در هکتار و در ایران در سال ۲۰۱۲ حدود ۸۰۰۰۰ هکتار و با میانگین عملکرد حدود ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (۱۱). دانه سویا حاوی پروتئین، لیپید، هیدرات‌کربن و عناصر معدنی است، پروتئین و لیپید قسمت اعظم ارزش تجاری سویا را تشکیل می‌دهد، سویا به‌طور متوسط حاوی ۱۸ درصد روغن و ۴۴ درصد پروتئین است که می‌تواند مهم‌ترین ماده اولیه صنایع روغن‌کشی و تولید فرآورده‌های پروتئینی و خوراک دام باشد، در حال حاضر ارزان‌ترین و سهل‌ترین منبع پروتئین گیاهی، آرد بدون روغن سویا می‌باشد که این محصول حدود ۵۰ درصد پروتئین دارد (۱۷). در مقایسه با سایر محصولات، سطح زیر کشت سویا با وجود غنی بودن آن از لحاظ پروتئین و روغن، توسعه زیادی نیافته است. حساسیت شدید سویا به محیط و کیفیت خاک مثل شوری از دلایل این امر قلمداد می‌شود (۱۵). تنش خشکی به‌عنوان یک محدودیت بزرگ در تولید و عملکرد پایدار سویا محسوب می‌شود. خشکسالی هر ساله خسارت‌های هنگفتی به محصولات گیاهی در جهان بخصوص ایران که به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، وارد می‌نماید (۳۴). برای توسعه ارقام پر محصول تحت شرایط خشکی، مهم‌ترین معیاری که به‌طور سنتی مورد استفاده قرار گرفته انتخاب مستقیم برای پایداری عملکرد در چند محیط است. اما این راهکار وقت‌گیر و پر هزینه است، زیرا عملکرد، یک صفت پیچیده و کمی با وراثت‌پذیری پایین می‌باشد که بسیار تحت تأثیر عوامل محیطی مثل ناهمگنی خاک و آب و هوا قرار می‌گیرد (۱۸). درک رابطه بین عملکرد گیاه زراعی و محیط از دیرباز موضوع مهمی برای به‌نژادگران و متخصصان ژنتیک گیاهی بوده است. نمود گیاه، یا فنوتیپ مشاهده شده، تابعی از ژنوتیپ (واریته یا رقم)، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط است. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط زمانی رخ می‌دهد که ارقام یا ژنوتیپ‌های مختلف به شکل متفاوت به محیط‌های گوناگون واکنش نشان دهند (۲۰). عملکرد یک ژنوتیپ در یک محیط متشکل از اثر اصلی محیط (E)، اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط (GE) است (۲۹). فالکونر (۹) عنوان کرد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند جنبه‌های مختلفی داشته باشد مثلاً یک اختلاف محیطی خاص می‌تواند روی برخی از ژنوتیپ ها بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها تأثیر داشته باشد و عکس العمل ژنوتیپ‌های مختلف معمولاً به دلیل پاسخ متفاوت ژن‌ها و با قدرت تظاهر متفاوت آن‌ها در محیط‌های مختلف است. اثر متقابل ژنوتیپ× محیط همبستگی بین اثر

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]

ژنوتیپی و فنوتیپی را کاهش داده و پیشرفت گزینش ژنوتیپ‌ها به ویژه در شرایط تنش خشکی را کاهش می‌دهد. تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی بردن به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به کار می‌رود با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد (۲۴،۷). شناسایی ارقام یا لاین‌هایی که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی از عملکرد مطلوبی بر خوردار باشند، معمولاً به علت معنی‌دار بودن برهم کنش موجود میان ژنوتیپ و محیط، بسیار پیچیده است (۲۶). تجزیه برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط با عنوان تجزیه پایداری در پژوهش‌های متعدد به روش‌های آماری پارامتری (یک متغیره و چند متغیره) و ناپارامتری انجام شده است. یکی از مهم‌ترین روش‌های پارامتری چندمتغیره، روش GGE بای‌پلات است که بر پایه ریشه راکد منفرد (Singular Value Decomposition) بنا شده است. در این روش اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط در هم آمیخته و تفکیک نشده است. روش بای‌پلات اولین بار توسط گابریل (۱۲) و سپس توسط کمپتون (۱۴) و زوبل و همکاران (۳۵)، کوپر و دلاسی (۶) و در سال‌های اخیر توسط یان و همکاران (۳۰) با اصطلاح "GGE بای‌پلات" معرفی شد. کانگ[1] (به نقل از منبع ۲۵) بر این عقیده است که آنچه برای به‌نژادگران و تولید کنندگان محصولات زراعی مهم است، گزینش بر اساس اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط به صورت توأم است و لذا باید به صورت توأم بررسی شود. در روش گرافیکی یا GGE بای‌پلات اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط از هم تفکیک نمی‌شود و انتخاب ژنوتیپ برتر بر اساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد. یان و همکاران (۳۲) در تشریح این روش، بر پایه همین استدلال آن را ایده آل تر از سایر روش‌ها مثل AMMI عنوان کردند. با توجه به اینکه شناسایی و تولید ارقام متحمل به تنش خشکی سویا از مهم‌ترین اهداف به‌نژادگران محسوب می‌شود، این پژوهش نیز در رأستای ارزیابی لاین‌ها و ارقام مختلف تحت تنش خشکی و شرایط نرمال در دو منطقه در شمال کشور با استفاده از روش GGE بای‌پلات طرح‌ریزی شد

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی شامل ۱۲۱ رقم و لاین پیشرفته سویا (۱۰۰ این پیشرفته به همراه ۲۱ رقم) بود که در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش و در دو مکان رشت و گنبد کاووس (مجموعاً در چهار محیط شامل مکان رشت شرایط نرمال و تنش، مکان گنبد شامل شرایط نرمال و تنش) در سال زراعی ۱۳۹۳ کشت شد (جدول ۱). در متن حاضر از علامت اختصاری RN برای مکان رشت شرایط نرمال، RD برای مکان رشت تحت تنش خشکی، GN برای مکان گنبد شرایط نرمال و GD برای مکان گنبد تحت تنش خشکی استفاده شد. طرح آزمایشی مورد استفاده، طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر کرت آزمایشی دارای سه ردیف به طول دو متر با فاصله خطوط کاشت ۳۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف، ۱۰ سانتی‌متر بود. تراکم بوته حدود ۳۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. در طی دوره رشد برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی و همچنین علف کش سوپرگالانت استفاده شد. عملیات کاشت برای هر دو محیط (تنش خشکی و بدون تنش) و هر دو مکان یکسان و بصورت دستی انجام شد.

1- kang

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]

جدول ۱- اطلاعات ارقام و لاین‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر

Table 1. Information of studied varieties and advanced lines in present research

ردیف	مشخصات	ردیف	مشخصات	ردیف	مشخصات
۱	❋(1) Nemaha × Savoy	۴۲	Sahar × Gorgan 3 (1)	۸۳	کاسپین
۲	(2) Nemaha × Savoy	۴۳	Sahar × Gorgan 3 (3)	۸۴	سحر
۳	Nemaha × Savoy (4)	۴۴	Hamilton × Katoul (3)	۸۵	کتول
۴	(5) Nemaha×Savoy	۴۵	Hamilton × Katoul (2)	۸۶	ویلیامز
۵	Kottman × Kitimisharo (1)	۴۶	Sahar × Katoul (3)	۸۷	SG20
۶	Kottman × Kitimisharo (2)	۴۷	Sahar × Katoul (4)	۸۸	صفی آبادی
۷	Kottman × Kitimisharo (3)	۴۸	Sahar × Katoul (5)	۸۹	L504
۸	Spry × Kitimisharo (1)	۴۹	Sahar × Katoul (7)	۹۰	سلکسیون۷
۹	Spry × Kitimisharo (2)	۵۰	Sahar × Katoul (8)	۹۱	سلکسیون۵۳
۱۰	Spry × Kitimisharo (4)	۵۱	Sahar × Katoul (9)	۹۲	سلکسیون۵۵
۱۱	Spry × Kitimisharo (5)	۵۲	Hamilton × Gorgan 3 (3)	۹۳	سلکسیون۸۱
۱۲	Charleston × Mustang (1)	۵۳	Williams × Katoul (9)	۹۴	سلکسیون۱۰۶
۱۳	Charleston × Mustang (2)	۵۴	Williams × Katoul (5)	۹۵	سلکسیون ۱۷۰
۱۴	Charleston × Mustang (3)	۵۵	Williams × Katoul (4)	۹۶	Hamilton × Sepid (8)
۱۵	Spry × Savoy (3)	۵۶	Sahar × Williams (8)	۹۷	Sahar × Sepide (1)
۱۶	Spry × Savoy (4)	۵۷	Williams × Katoul (2)	۹۸	Sepide × T1SRF (5)
۱۷	Spry × Savoy (5)	۵۸	Sahar × Williams (10)	۹۹	Hamilton × Fora (3)
۱۸	Williams × K778 (3)	۵۹	Sahar × K778 (1)	۱۰۰	Hamilton × K778 (3)
۱۹	Williams × K778 (4)	۶۰	Sahar × K778 (3)	۱۰۱	Sahar × K779 (5)
۲۰	Williams × K778 (5)	۶۱	Sahar × K778 (7)	۱۰۲	Sepide × K778 (3)
۲۱	Williams × Hamilton (1)	۶۲	Clary × Nigeria (10)	۱۰۳	For a × Macon (3)
۲۲	Williams × Hamilton (2)	۶۳	Sahar × Hamilton (3)	۱۰۴	For a × LD 10 (1)
۲۳	Williams × Hamilton (3)	۶۴	Sahar × Hamilton (4)	۱۰۵	Williams × K778 (2)
۲۴	Williams × Hamilton (4)	۶۵	Sahar × Hamilton (8)	۱۰۶	Crawford × Lan (3)
۲۵	Hamilton × Katoul (12)	۶۶	Graham × Nigeria (9)	۱۰۷	Crawford × Vilana (4)
۲۶	Hamilton × Williams (2)	۶۷	Sahar × Hamilton (10)	۱۰۸	Williams × Vilana (4)
۲۷	Hamilton × Williams (3)	۶۸	Graham × Nigeria (2)	۱۰۹	Mustang × Delsoy 4210
۲۸	Gorgan3 × K778 (1)	۶۹	Clary × Nigeria (9)	۱۱۰	Spry × Savoy
۲۹	Gorgan3 × K778 (2)	۷۰	Graham × Nigeria (8)	۱۱۱	Pershing × Epps
۳۰	Gorgan3 × K778 (3)	۷۱	Graham × Nigeria (8)	۱۱۲	Williams × Diana (1)
۳۱	Gorgan3 × K778 (8)	۷۲	Graham × Nigeria (5)	۱۱۳	(4) Sahar × Collombus
۳۲	Gorgan 3 × K778 (9)	۷۳	Clary × Nigeria (5)	۱۱۴	(13) Sahar × Collombus
۳۳	(10) Gorgan3×K778	۷۴	Clary × Nigeria (3)	۱۱۵	Sahar × Crawford (1)
۳۴	(11) Gorgan3 × K778	۷۵	H7	۱۱۶	Black Williams × Lan (4)
۳۵	Gorgan3 × K778 (12)	۷۶	L17	۱۱۷	(10) Epps Black Williams ×
۳۶	(2) Gorgan3 × Williams	۷۷	WEb	۱۱۸	Sahar × K188(5)
۳۷	Gorgan3 × Williams (4)	۷۸	PE	۱۱۹	Sahar × Hamilton (1)
۳۸	Gorgan3 × Williams (7)	۷۹	DW	۱۲۰	Sahar ×LBK (1)
۳۹	Hamilton × Katoul (8)	۸۰	M7	۱۲۱	DPK×Fora(1)
۴۰	Hamilton × Katoul (4)	۸۱	M9		
۴۱	Gorgan3 × Katoul (4)	۸۲	ساری		

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت. برای محیطی که آبیاری نرمال داشت، مقدار آب آبیاری و دوره تناوب با توجه به روابط موجود در منابع (۱) به گونه‌ای اعمال شد که رطوبت خاک در محدوده رطوبتی ظرفیت زراعی تا حداکثر تخلیه رطوبتی باقی بماند و آبیاری در محیط تنش تا استقرار گیاه در زمین (حدود ۵ تا ۶ برگی) مطابق محیط بدون تنش انجام شد و پس از آن، تنش آبی اعمال شد. زمان اعمال تنش برابر با شرایط رطوبتی ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد. تعیین این زمان نیز با نمونه‌برداری از خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متر برای تعیین میزان رطوبت انجام شد. به منظور جلوگیری از اثر بارندگی در مزرعه تحت تنش خشکی در منطقه رشت، از پوشش پلاستیکی استفاده شد. پس از رسیدگی صفت عملکرد دانه در بوته معادل با وزن دانه در کل غلاف‌های بوته اندازه‌گیری شد. برای این منظور، پنج بوته به طور تصادفی از خطوط میانی و با احتساب حاشیه، از هر کرت انتخاب شد. پس از ثبت داده‌ها، به‌منظور انجام تجزیه واریانس ابتدا مفروضات تجزیه واریانس از جمله نرمال بودن و یک‌نواختی واریانس اشتباهات آزمایشی آزمون شد. سپس تجزیه مرکب برای صفت عملکرد دانه در بوته با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 انجام شد و با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ× محیط تجزیه گرافیکی با استفاده از روش GGE بای‌پلات (۲۸،۳۱) بر اساس تجزیه به مقادیر منفرد انجام شد، در این روش واریانس فنوتیپی قابل تفکیک به اجزای خود یعنی واریانس ژنوتیپی، واریانس محیطی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است که در معادله P=G+GE+E یا P-E=G+GE دیده می‌شود.

زمانی‌که این معادله‌ها در قالب اثرها نوشته می‌شوند که واحد آن برابر با واحد مقادیر مورد اندازه‌گیری است به معادله زیر تبدیل می‌شود:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + y_{ij} \qquad y_{ij} - \mu - \beta_j = \alpha_i + y_{ij}$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]

y_{ij} = عملکرد مورد انتظار ژنوتیپ iام در محیط jام
α_i= اثر اصلی ژنوتیپ iام
μ= میانگین کل مشاهدات
β_j = اثر اصلی محیط jام
Φ_{ij} = اثر متقابل ژنوتیپ i ام در محیط jام

به جای تلاش برای جدا کردن G و GE، مدل GGE بای پلات، G، GE را با هم نگه می‌دارد و ترکیب GGE را به دو عبارت ضرب‌پذیر تقسیم می‌کند:

$$y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

که در آن g_{i1} و e_{1j} به ترتیب مقادیر اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j هستند، g_{i2} و e_{2j} 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. در واقع یک بای‌پلات GGE از طریق رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} یک نمودار پراکنش ایجاد می‌کند (۲۰). به عبارت دیگر این روش نوعی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای مجموع اثر اصلی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است که در آن از رویه تجزیه به مقادیر منفرد استفاده می‌شود. داده‌های حاصل از ژنوتیپ و محیط به صورت یک ماتریس دو طرفه تجزیه و تحلیل می‌شود و مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به دست می‌آید (۳۱،۲۸). نرم‌افزار GGE بای‌پلات (۳۱) به طور خودکار تمامی این مراحل را انجام می‌دهد و نمودارهای مورد نیاز را محاسبه و اجرا می‌کند. در این مطالعه چهار نوع نمودار بای‌پلات مورد تفسیر قرار گرفت که عبارت بودند از ۱) نمودار بای‌پلات برای تعیین مناسب‌ترین ژنوتیپ برای هر کدام از محیط‌ها ۲) رتبه بندی نمودار بای‌پلات برای رتبه‌بندی گرافیکی ارقام و لاین‌ها با مد نظر قرار دادن همزمان عملکرد دانه و پایداری ۳) نمودار بای‌پلات برای رتبه‌بندی ارقام و لاین‌ها بر اساس ژنوتیپ فرضی ایده‌آل و ۴) نمودار بای‌پلات برای گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس نقشه همبستگی بین محیط‌های تحت بررسی است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب آزمایش نشان داد که اثر تنش، مکان، ژنوتیپ، اثر متقابل تنش × مکان، ژنوتیپ × تنش، ژنوتیپ × مکان و ژنوتیپ × تنش × مکان معنی‌دار است. سهم اثر اصلی تنش به میزان ۲۶/۴۶ با بیشترین درصد از مجموع مربعات کل بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن تمام اثرات اصلی و اثرات متقابل حاکی از آن است که واکنش ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا از نظر عملکرد دانه در کل غلاف تحت شرایط محیطی مختلف متفاوت بودند.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد وزن دانه در کل غلاف‌ها در چهار محیط

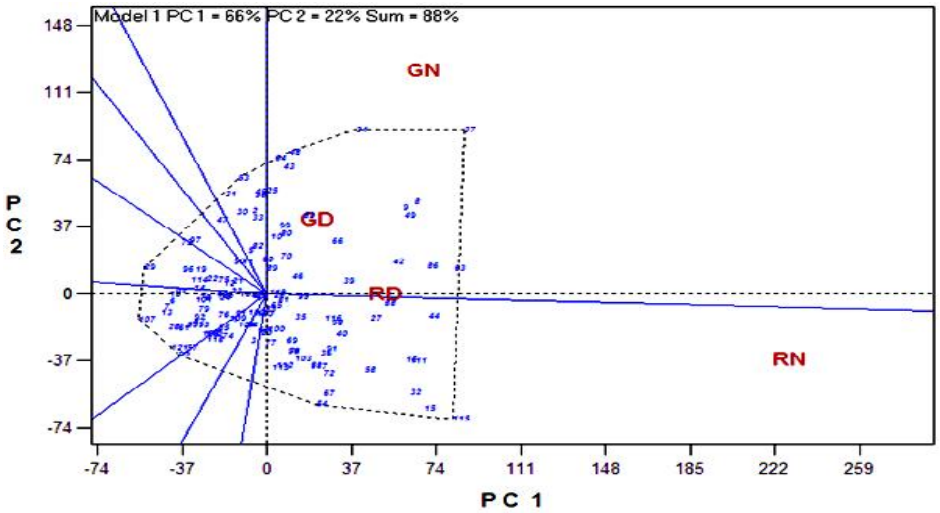
Table 2. Combined analysis of variance for grain yield of total pods across four environments

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درصد از تنوع کل
تنش	۱	۱۳۰۳۹۳/۶۰	۱۳۰۳۹۳/۶۰**	۲۶/۴۶
مکان	۱	۸۳۱۳/۸۷	۸۳۱۳/۸۷**	۱/۶۸
تنش×مکان	۱	۱۳۴۱۷/۳۴	۱۳۴۱۷/۳۴**	۲/۷۳
خطای اول	۱	۷۵۱/۹۶	۹۳/۹۹	۰/۱۵
ژنوتیپ	۱۲۰	۱۰۳۴۰۷/۲۸	۸۶۱/۷۳**	۲۰/۹۷
ژنوتیپ × تنش	۱۲۰	۴۸۷۵۲/۴۹	۴۰۶/۲۷**	۹/۸۹
ژنوتیپ × مکان	۱۲۰	۶۲۳۷۶/۷۱	۵۱۹/۸۱**	۱۲/۶۶
ژنوتیپ × تنش× مکان	۱۲۰	۳۴۴۱۹/۵۳	۲۸۶/۸۳**	۶/۹۸
خطای دوم	۹۶۰	۹۱۰۹۱/۹۶	۹۴/۸۹	۱۸/۴۸
کل	–	۴۹۲۹۲۴/۷۴	–	–
ضریب تغییرات	–	–	۳۵/۹۴	–

یکی از موارد استفاده نرم‌افزار GGE بای‌پلات نمودار چندضلعی مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که اطلاعات خوبی در اختیار به‌نژادگر قرار می‌دهد. از این روش در پژوهش‌های متعدد بر روی گیاهان مختلف مثل گندم (۳۰،۲۹)، سویا (۴،۵،۱۰) و پنبه (۳،۸) استفاده شده است. این نمودار برای ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا در چهار محیط در شکل ۱ آمده است. نتایج حاصل از روش بای‌پلات نشان داد که مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۶۶ و ۲۲ درصد و در مجموع ۸۸ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند که نشان‌دهنده اعتبار نسبتاً خوب بای‌پلات در توجیه تغییرات G+GE است. اگر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در مجموع نتوانند بیشتر تغیرات را توجیه نمایند می‌توان تصور کرد که ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ× محیط است (۳۳). ولی دلیلی بر بی اعتباری بای‌پلات نیست (۳۲). در شکل ۱ مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند به وسیله خطوطی به یکدیگر وصل می‌شوند و سپس از مبدأ مختصات، خطوطی عمود بر اضلاع این چند ضلعی رسم می‌شود و در نهایت محیط‌های بزرگی تشکیل می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که در رأس این چند ضلعی قرارگرفتند می‌توانند بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه در بوته باشند چون که بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند. در محیط RN (مکان رشت شرایط نرمال)، ژنوتیپ ۱۱۵ بیشترین عملکرد را داشت و در RD (مکان رشت تحت تنش خشکی)، GN (مکان گنبد شرایط نرمال) و GD (مکان گنبد تحت تنش خشکی) ژنوتیپ ۳۷ و ۳۴ بیشترین عملکرد را داشت. علاوه بر این می‌توان این سه محیط را به‌عنوان یک محیط کلان (Mega-Environment) در نظر گرفت. در سمت چپ منحنی چند ضلعی، قسمت‌هایی که ارقام ۱۰۷، ۲۹، ۹۰، ۵۳ که در رأس آنها قرار گرفته‌اند هیچ محیطی مشاهده نمی‌شود و این می‌تواند نشان‌دهنده این حقیقت باشد که این ارقام در هیچ یک از این محیط‌ها عملکرد مطلوبی نداشته و جز ارقام و لاین‌های ضعیف می‌باشند.

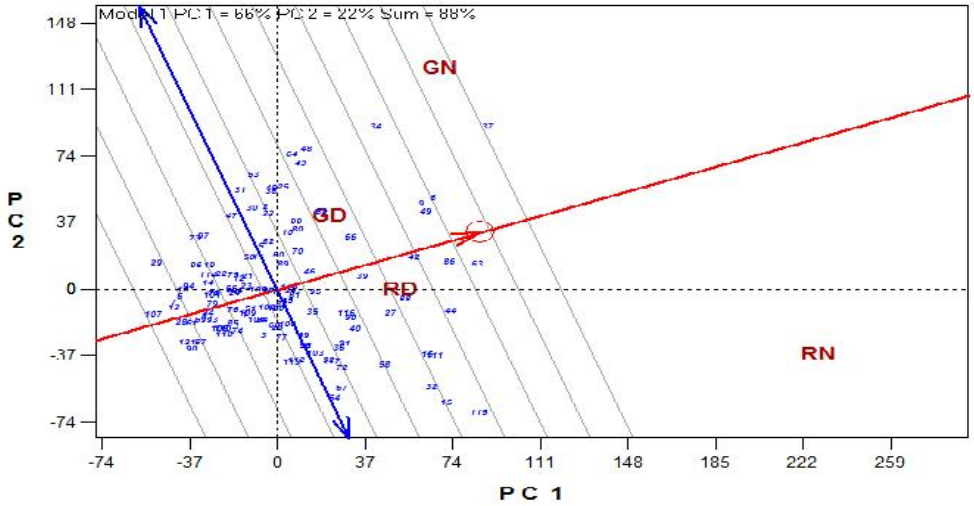
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]



شکل ۱- گروه‌بندی ارقام ولاین‌های پیشرفته سویا با روش GGE بای‌پلات در چهار محیط
Figure 1. Grouping of soybean varieties and advanced lines by GGE Biplot method across four environments

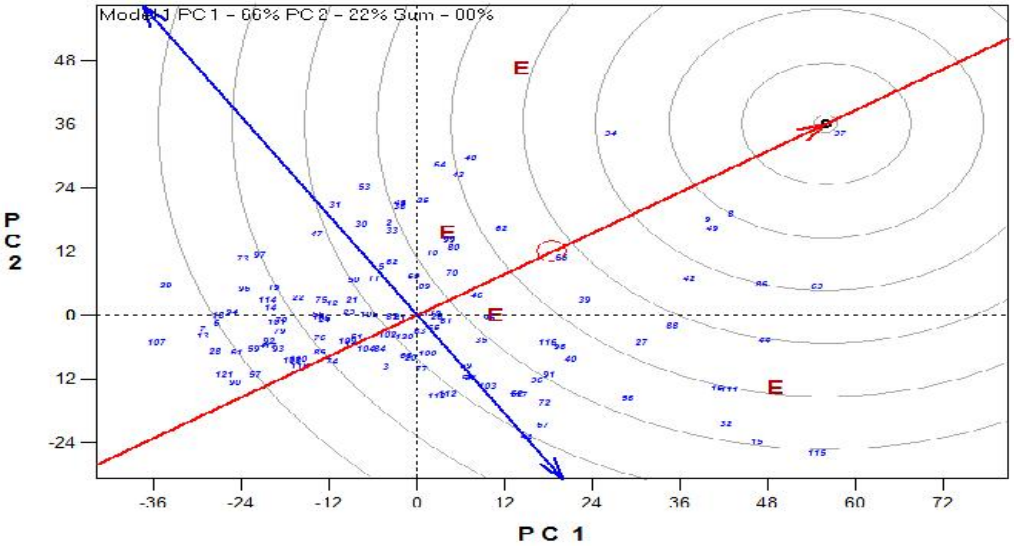
برای بررسی پایداری و عملکرد ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا از نمودار محور پایداری، مختصات محیط متوسط (Average Tester Coordinate) استفاده می‌شود (شکل ۲). پایداری فقط به‌عنوان تعدیل کننده میانگین عملکرد حایز اهمیت است (۲۷). یک نتیجه منطقی از مفهوم GGE آن است که معیار پایداری تعیین شده به وسیله GEI، فقط هنگامی مفید است که همراه با میانگین عملکرد G در نظر گرفته شود و روش بای‌پلات GGE یک راه حل عالی برای تلفیق میانگین عملکرد و پایداری و تبدیل آن‌ها به یک معیار مناسب است که می‌توان از آن برای ارزیابی گرافیکی استفاده نمود (۳۱). به این شکل بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری نیز گفته می‌شود (۳۲). در این شکل محوری که دارای یک پیکان است میزان پایداری را نشان می‌دهد و هر ژنوتیپی به آن محور نزدیکتر باشد پایدارتر است (۳۰). و محوری که دو پیکان روی آن وجود دارد سمت چپ آن کمتر از میانگین عملکرد وسمت رأست آن بیشتر از میانگین عملکرد کل را نشان می‌دهد. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۳۷ و ۳۴ دارای عملکرد بالا و سازگاری پایین می‌باشند و ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۴۹، ۶۳، ۴۲، ۸۶، ۳۹و ۴۶ دارای عملکرد متوسط و سازگاری بالایی می‌باشند ژنوتیپ‌های ۷۹، ۷۶، ۹۳، ۱۳، ۷ و ۶ دارای عملکرد پایین و سازگاری خوبی می‌باشند ژنوتیپ‌های ۲۹، ۹۰، ۷۳، ۹۷ و ۹۶دارای عملکرد پایین و سازگاری پایین می‌باشد.



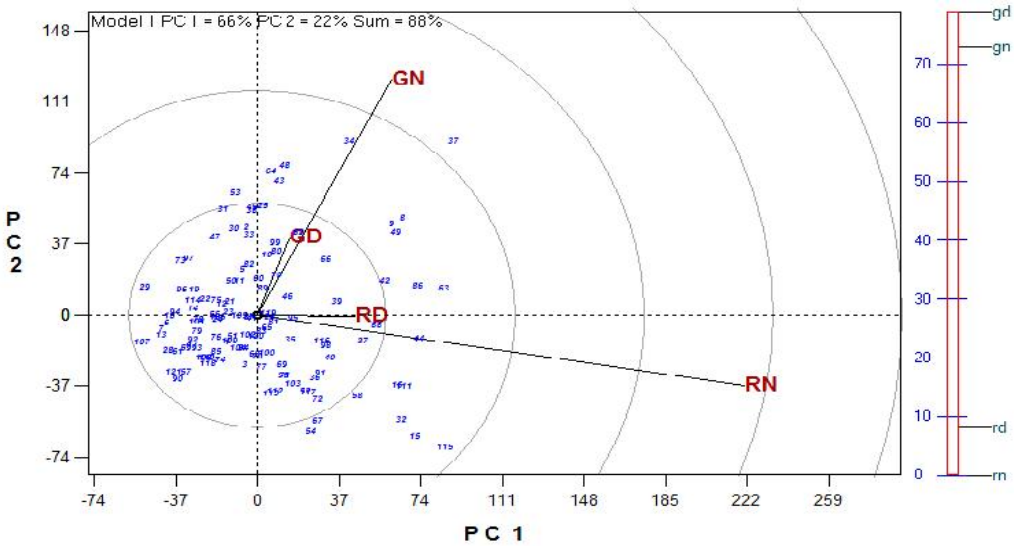
شکل ۲- ارزیابی همزمان عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌های سویا در شرایط محیطی مختلف
Figure 2. Simultaneous evaluation of grain yield and stability of soybean genotypes across different environments

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]

نمودار ژنوتیپ ایده‌آل، بر اساس تعیین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی رسم می‌شود که ژنوتیپی است که دارای بیشترین عملکرد و پایداری بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای‌پلات قرار می‌گیرد (۳۱). چنین ژنوتیپی باید واجد حداقل نقش در اثر متقابل ژنوتیپ× محیط باشد و دارای بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا باشد و ژنوتیپ ایده‌آل فرضی با یک دایره کوچک روی محور میانگین‌ها نشان داده می‌شود. هر ژنوتیپی که به ژنوتیپ ایده‌آل فرضی نزدیک‌تر باشد مطلوب‌تر می‌باشد. در شکل ۳، ژنوتیپ ۳۷ کمترین فاصله را از مرکز دایره و ژنوتیپ ایده‌آل فرضی دارد. لذا به‌عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ در این آزمایش شناسایی شد. ژنوتیپ‌های دیگری که به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک بودند ۸، ۹، ۴۹، ۳۴، ۶۳، ۸۶ و ۴۲ بودند. در مقابل ژنوتیپ‌های ۱۰۷، ۲۹، ۹۰، ۱۲۱، ۲۸، ۷، ۱۳، ۵۷، ۶، ۱۸ و ۹۴ به‌عنوان نامناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها در این آزمایش بودند.



شکل ۳- مقایسه ژنوتیپ‌های سویا بر اساس پایداری و عملکرد دانه با ژنوتیپ فرضی ایده‌آل
Figure 3. Comparison of soybean genotypes based on stability and grain yield with the ideal genotype



شکل ۴- بای‌پلات روابط متقابل بین محیط‌های مختلف
Figurer 4. Biplot of interrelationships among different environments

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]

شکل ۴، را می‌توان شمای برداری بای‌پلات GGE نامید. در این شکل محیط‌ها از طریق خطوطی به نام بردارها با مبدأ بای‌پلات مرتبط هستند. در این نمودار کسینوس زاویه بین دو بردار نشان‌دهنده تقریبی از همبستگی بین محیط‌ها است. زمانی که زاویه بین دو بردار محیط ۹۰ درجه باشد همبستگی آنها صفر، اگر این زاویه صفر درجه باشد همبستگی بین محیط‌ها ۱ + و اگر ۱۸۰ درجه باشد همبستگی ۱- است. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود محیط مکان رشت در شرایط نرمال و رشت تنش دارای زاویه کوچک می‌باشند و نشان دهنده همبستگی نسبتاً زیاد (جدول ۱) این دو محیط می‌باشد و این در صورتی است که محیط رشت نرمال با محیط گنبد نرمال و گنبد تنش زاویه بزرگ و نزدیک ۹۰ درجه دارد و این بیانگر همبستگی کم این محیط‌ها با هم است. و دلیل دیگر همبستگی کم این محیط‌ها با هم این است که بین مکان رشت و گنبد اختلافات زیادی مشاهده شده است.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین محیط‌ها

Table 3. Correlation coefficients among environments

Names	GD*	GN	RD	RN
GD	1	0.551	0.022	0.13
GN	0.551	1.	0.193	0.292
RD	0.022	0.193	1.	0.412
RN	0.13	0.292	0.412	1

*: RN (مکان رشت شرایط نرمال)، RD (مکان رشت شرایط تنش خشکی)، GN (مکان گنبد شرایط نرمال)، GD (مکان گنبد شرایط تنش خشکی).

یکی دیگر از ویژگی‌های جالب شمای برداری بای‌پلات آن است که طول بردارهای محیطی، انحراف استاندارد درون هر محیط را برآورد می‌کند که این امر معیاری از توانایی تمایز محیط‌ها است، هر چه طول بردار بلندتر باشد، محیط توانایی بهتری برای تمایز دارد (۳۱). در شکل ۴، مشاهده می‌شود که طول بردار مکان رشت شرایط نرمال و مکان گنبد شرایط نرمال بلند است که بیان کننده تمایز خوب این محیط‌ها نسبت به دو مکان رشت و گنبد تحت تنش است که دارای طول بردار کوتاه‌تری می‌باشند.

مطابق پیشنهاد بسیاری از محققین از آنجایی که در مدل رگرسیون مکانی، محیط بیشترین نقش را در توجیه تغییرات دارد به منظور استفاده از آن بهتر است از روش گرافیکی GGE بای‌پلات استفاده شود. با استفاده از این روش بهتر می‌توان اثر متقابل ژنوتیپی در محیط را تفسیر نمود. از این روش در گیاهان مختلف از جمله ذرت (۱۹)، سویا (۱۳)، ذرت (۵)، گندم (۲۱،۲۲) و جو (۲۳،۱۶) از این روش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها بهره بردند.

منابع

1. Alizadeh, A. 2011. Soil, Water, Plant Relationship. Ferdowsi University of Mashhad Iran, 722 pp (In Persian).
2. Arzani, A. 2011. Breeding Field Crops - Fourth Edition. Isfahan University of Technology Publication Center, 627 pp.
3. Blanche, S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Science, 46: 946-949.
4. Changizi, M., R. Choukan, E. Majidi Heravan, M.R. Bihamta and F. Darvish. 2014. Evaluation of genotype×environment interaction and stability of corn hybrids and relationship among univariate parametric methods. Canadian Journal of Plant Science, 94: 1255-1267.
5. Choukan, R. 2011. Genotype, environment and genotype×environment interaction effects on the performance of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. Crop Breeding Journal, 1: 97-103.
6. Cooper, M. and I.H. DeLacy. 1994. Relationships among analytical methods used to study genotypic variation and genotype-by-environment interaction in plant breeding multi-environment experiments. Theoretical and Applied Genetics, 88: 561-572.
7. Cornelius, P.L. and J. Crossa. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. Crop Science, 39: 998-1009.
8. Dimitrios, B., G. Christos, R. Jesus and B. Eva. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE biplots. Agronomy Journal,100: 1230-1236.
9. Fallconer, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. 2nd ed. Longman Press. London, UK. 384 pp.
10. Fan, X.M., M.S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal, 99: 220-228.
11. FAO. 2014. Food Agriculture Organization statistics on line. ttp://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor
12. Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika, 58: 453-467.
13. Jandong, E.A., M.I. Uguru and B.C. Oyiga. 2011. Determination of yield stability of soybean genotypes across diverse soil pH levels. Journal of Applied Biosciences, 43: 2924-2941.
14. Kempton, R.A. 1984. The use of bi-plots in interpreting variety-by-environment interactions. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 103: 123-135
15. Khajepoor, M.R. 1992. Principles of Agronomy. Isfahan University of Technology Publication, 412 pp (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]

16. Koocheki, A.R., B. Sorkhilaleloo and M.R. Eslamzadeh Hesari. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. Seed and Plant Improvement Journal, 28: 533-543 (In Persian).
17. Latifi, N. 1996. Soybean farming. Mashad jahad daneshgahi publication, 11 pp.
18. Manavalan, L.P., S.K. Guttikonda, L.S.P. Tran and H.T. Nguyen. 2009. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. Plant and Cell Physiology, 50: 1260-1276.
19. Meseka, S.K., A. Menkir and A.E.S. Ibrahim. 2008. Yield potential and yield stability of maize hybrids selected for drought tolerance. Journal of Applied Biosciences, 3: 82-90.
20. Moghaddam, M., P. Safari and S.F. Danyali. 2012. GGE Biplot Analysis: A graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists. First Edition. Parivar publication, 375 pp.
21. Mohammadi, R., M. Armion, E. Zadhasan, M.M. Ahmadi and D. Sadeghzadeh Ahari. 2012. Genotype×nvironment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE bipot model. Seed and Plant Improvement Journal, 28: 503-518 (In Persian).
22. Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amri and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. Crop and Pasture Science, 61: 92-101.
23. Mortazavian, S.M.M., H.R. Nikkhah, F.A. Hassani, M. Sharif-al-Hosseini, M. Taheri and M. Mahlooji. 2014. GGE-biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. Journal of Agricultral Science and Technology, 16:609-622.
24. Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1971. Environmental and genotype environment components of variability. III. Multiple line and crosses. Heredity, 23: 339-356.
25. Pourdad, S.S. and J.M. Moghaddam. 2013. Study on Genotype×Environment Interaction Through GGE Biplot for Seed Yield in Spring Rapeseed (*Brassica Napus* L.) in Rain-Fed Condition. Journal of Crop Breeding, 5: 1-14.
26. Shiri, M., M. Valizadeh, E. Magjidi, A. Sanjari and A. Gharib-Eshghi. 2010**.** Evaluation of wheat tolerance indices to moisture stress condition. Electronic Journal of Crop Production, 3: 153-171 (In Persian).
27. 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.120 pp
28. Yan, W., P.L. Cornelius, J. Crossa and L.A. Hunt. 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. Crop Science, 41: 656-663.
29. Yan, W. and L.A. Hunt. 2002. Biplot analysis of diallel data. Crop Science, 42: 21-30
30. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheny and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment nvestigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
31. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists.CRC Press, Boca Raton, 605 pp
32. 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.
33. 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.
34. Zare, M., H. Zeinali Khaneghah and J. Daneshian. 2004. An evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. Iranian Journal Agronomy Plant Science, 35: 859-867 (In Persian).
35. 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 2026-02-12]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]

Evaluation of Soybean Varieties and Advanced Lines Yield under Drought Stress Conditions using GGE Biplot Analysis

Ahmad Reza Dadras[1], Habibollah Samizadeh[2] and Hossein Sabouri[3]

1- Former Ph.D. Student, University of Guilan and Research Assistant Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanjan, Iran.
2- Associate Professor, University of Guilan
3- Associate Professor, Gonbad-Kavous University (Corresponding author: hos.sabouri@gmail.com)
Received: August 25, 2015 Accepted: November 1, 2015

Abstract

Evaluation of varieties and soybean lines under drought stress helps to breeders for detecting of stable and high-yielding genotypes. In this regard an experiment was conducted in randomized complete block design with three replications under normal and drought stress conditions across two locations (four environments). The results of combined analysis of grain yield/plant revealed effects of stress, location and genotype, interaction of stress × location, genotype × stress, genotype × location and genotype × stress × location were significant. In the present study was used GGE biplot method for assessment of 121 varieties and advanced lines of soybean across four environments. The results of biplot method showed that first and second components explained 66 and 22 percent (in total 88 percent) of total variation respectively. That is showing relatively good reliability in explanation of G+GE variation. The results of graphical method showed Gonbad environments (normal and stress) and Rasht environments (normal and stress) were different each other in ranking and determine of adaption. In investigation of polygon biplot was observed in Rasht location under drought stress condition (RD), Gonbad location under normal condition (GN) and Gonbad location under drought condition (GD) genotypes 37 and 34 had the highest yield. In addition these three environments can be considered as one Mega-Environment. Several genotypes were located in sectors that no environments were placed. These genotypes had low yield in most environments. In stability ranking graph, genotypes 8, 9, 49, 63, 42, 86, 39 and 46 had moderate yield and high adaption and those had suitable combination of stability (adaptation) and yield.

Keywords: Combined analysis, Environmental stress, InteractionGGE Graphical method, Mega-Environment

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.18]