"مقاله پژوهشی"

ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های سویا تحت شرایط آلوده به بیماری پوسیدگی ذغالی با استفاده از روش GGE بای‌پلات

علی قربانی‌پور[۱]، بابک ربیعی[۲]، سیامک رحمانپور[۳] و سید علی اکبر خداپرست[۴]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران، (نویسنده مسوول: Ghorbanipur.ali@gmail.com)
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳- بخش دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ایران
۴- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۱
صفحه: ۲۳۴ تا ۲۴۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: مهم‌ترین هدف در تمام برنامه‌های اصلاحی محصولات زراعی افزایش عملکرد است و بهبود عملکرد نیازمند استفاده از روش‌های آماری کارآمد برای تعیین ژنوتیپ‌های برتر است. در تعیین برتری ژنوتیپ‌ها علاوه بر عملکرد بالا، پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف نیز باید در نظر گرفته شود .تجزیه بای‌پلات روش مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و افزایش کارایی انتخاب است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه ۱۳۰ ژنوتیپ مختلف سویا در دو شرایط محیطی طبیعی (بدون بیماری) و تنش بیماری (القای مصنوعی بیماری پوسیدگی ذغالی) در طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ (چهار محیط) در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار کشت شدند و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها از طریق روش GGE بای‌پلات مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه مرکب عملکرد دانه نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار است. نتایج حاصل از تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها به‌روش GGEبای‌پلات نشان داد که مولفه اول (اثر اصلی ژنوتیپ) ۷۰ درصد و مولفه دوم (اثر متقابل ژنوتیپ در محیط) ۱۴ درصد و در مجموع دو مولفه اصلی ۸۴ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند که نشان‌دهنده اعتبار نسبتاً خوب بای‌پلات در توجیه تغییرات ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط (G+GE) بود. در بررسی بای‌پلات چند ضلعی مشاهده شد که بیش‌ترین عملکرد دانه در محیط E_2 (وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۳) و E_4 (وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۴) متعلق به ژنوتیپ شماره ۶۶ بود، اما ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۵، ۴۳، ۶۳، ۶۶، ۷۵، ۷۶، ۷۷ و ۸۹ دارای ترکیب مناسبی از پایداری و عملکرد بودند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، تعداد قابل توجهی از ژنوتیپ‌ها دارای مقاومت یا تحمل مناسبی نسبت به بیماری پوسیدگی ذغالی بودند. برخی از این ژنوتیپ‌ها مانند ژنوتیپ شماره ۶۶ ضمن اینکه هیچ‌گونه علائمی از بیماری پوسیدگی ذغالی در دو سال اجرای آزمایش نشان ندادند، دارای عملکرد دانه مناسبی نیز بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، ژنوتیپ، GGE-بای‌پلات، Macrophomina phaseolina

مقدمه

گیاهان در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی به‌طور پیوسته در معرض تنش‌های مختلفی قرار دارند. عوامل مختلفی از جمله عوامل زنده (حشرات، قارچ‌ها، ویروس‌ها و علف‌های هرز) و غیر زنده (خشکی، شوری، دماهای بالا و پایین، غرقابی و تشعشع)، رشد گیاهان عالی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. سویا به تعداد زیادی از عوامل بیماری‌زا حساس بوده و بیش‌ترین خسارت به آن از طریق بیمارگرهایی وارد می‌شود که گیاهچه و ریشه گیاه را مورد هدف قرار می‌دهند. یکی از این عوامل بیماری‌زای خاکزاد که ریشه و طوقه را مورد حمله قرار می‌دهد، قارچ Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid است که عامل بیماری پوسیدگی ذغالی یا پژمردگی می‌باشد. این قارچ پلی‌فاژ بوده و بیش از ۵۰۰ گونه گیاهی در ۱۰۰ خانواده، اعم از تک لپه و دو لپه، از جمله گیاهان زراعی مهم مانند سویا، پنبه، ذرت، آفتابگردان، سورگوم را آلوده می‌کند (۳،۱۲). در حال حاضر مهم‌ترین و مؤثرترین روش برای کنترل قارچ M. phaseolina استفاده از ارقام مقاوم یا متحمل است (۱۰،۱۱). مطالعات زیادی به منظور شناسایی ارقام مقاوم و متحمل سویا نسبت به بیماری پوسیدگی ذغالی در داخل و خارج از کشور انجام شده است (۲۴،۲۲،۱۶،۲۸). به‌علت فقدان روش‌های کارآمد برای ارزیابی بیماری در شرایط مزرعه‌ای و همچنین تأثیر عوامل محیطی بر میزان مقاومت گیاه نسبت به بیماری، شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری با محدودیت‌هایی روبه رو است که باعث شده ژنوتیپ‌های با سطح بالای مقاومت به بیماری هنوز شناسایی نشده باشند (۱۷).

درک روابط بین عملکرد گیاه زراعی و محیط از دیر باز موضوع مهمی برای به‌نژادگران و متخصصان ژنتیک گیاهی بوده است. نمود گیاه با فنوتیپ مشاهده شده، تابعی از ژنوتیپ (واریته یا رقم)، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط زمانی رخ می‌دهد که ارقام یا ژنوتیپ‌های مختلف به شکل متفاوت به محیط‌های گوناگون واکنش نشان می‌دهند (۱۸). به رغم اینکه 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 آزمایش‌ها ارزیابی ژنوتیپ‌ها دخیل بوده و در زمان گزینش ژنوتیپ‌های برتر، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط باید به صورت توأم مد نظر قرار گیرد (۳۱). اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند جنبه‌های مختلفی داشته باشد، مثلاً یک اختلاف محیطی خاص می‌تواند روی برخی از ژنوتیپ‌ها بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها تأثیر داشته باشد و عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف معمولاً به دلیل پاسخ متفاوت ژن‌ها و قدرت تظاهر متفاوت آنها در محیط‌های مختلف است (۳۱). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط همبستگی بین اثرات ژنوتیپی و فنوتیپی را کاهش داده و پیشرفت حاصل از گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول و پایدار به‌ویژه در شرایط

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]

تنش را کاهش می‌دهد. تجزیه پایداری مهمترین روشی است که برای پی بردن به اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط به کار می‌رود و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد (۶). شناسایی ارقام و لاین‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از عملکرد مطلوبی برخوردار باشند، معمولاً به علت معنی‌دار بودن برهمکنش موجود میان ژنوتیپ و محیط، بسیار پیچیده است (۲۵).

روش بای‌پلات یکی از مهمترین روش‌های پارامتری چند متغیره است که اولین بار در سال ۱۹۷۱ توسط گابریل به منظور خلاصه کردن ماتریس داده‌های چند متغیره و نمایش آن به صورت قابل تفسیر بکار رفت. بای‌پلات ابزار مناسبی برای توصیف و خلاصه نمودن ماتریس اطلاعات در تجزیه توصیفی داده‌ها می‌باشد. بای‌پلات اکثر تنوع موجود در یک ماتریس دو طرفه داده‌ها را نمایش می‌دهد. محققان روش GGE biplot را برای آزمایش‌های ناحیه‌ای پیشنهاد کردند (۳۳). با توجه به اینکه شناسایی و تولید ارقام متحمل به تنش‌های زیستی و غیر زیستی از مهمترین اهداف به‌نژادگران محسوب می‌شود، این پژوهش نیز با هدف ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف سویا تحت آلودگی مصنوعی به بیماری پوسیدگی ذغالی و شرایط نرمال در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ با استفاده از روش GGE biplot انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

کشت ژنوتیپ‌های مختلف سویا در شرایط محیطی مختلف در این تحقیق ۱۳۰ ژنوتیپ سویا (جدول ۱) تحت دو شرایط محیطی طبیعی (بدون بیماری) و تنش بیماری (القای مصنوعی بیماری) در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ (چهار محیط شامل عدم وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۳ (E_1)، وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۳ (E_2)، عدم وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۴ (E_3) و وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۴ (E_4)) در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت شدند. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح لاتیس نشان داد که تفاوت بین بلوک‌های ناقص از نظر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود و از این‌رو، تجزیه واریانس داده‌ها به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد.

هر کرت شامل چهار خط دو و نیم متری با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌های ۱۰ سانتی‌متر بود. شخم اولیه به عمق ۳۰ سانتی‌متر و دیسک به عمق ۱۵ سانتی‌متر انجام شد و سپس تسطیح زمین توسط ماله صورت گرفت. کود نیتروژنه به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره با توجه به نتایج آزمایش خاک به نسبت مساوی در سه مرحله شامل قبل کاشت، زمان گل‌دهی و زمان غلاف‌دهی به کرت‌ها اضافه شد. کودهای فسفره و پتاسه نیز به‌ترتیب از منبع فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به مقدار ۲۰۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت استفاده شدند. بذرهای ارقام مختلف سویا با سم کربوکسین تیرام یک در هزار به مدت ۲۰ دقیقه ضد عفونی شدند و پس از آن به‌صورت دستی و به‌طور یکنواخت در عمق سه سانتی‌متر خاک کشت شدند. اولین آبیاری سه روز قبل از کاشت و آبیاری‌های بعدی هفته‌ای یک بار انجام شد. کنترل علف‌های هرز در سه نوبت به‌صورت دستی انجام شد.

مایه‌زنی قارچ عامل بیماری

آلودگی ژنوتیپ‌ها به قارچ Macrophomina phaseolina در مرحله بعد از گل‌دهی گیاهان با استفاده از روش خلال دندان انجام گرفت و وجود سختینه‌ها در روی ریشه و طوقه به‌عنوان ملاک تشخیص بوته‌های آلوده از سالم قرار گرفت (۵،۲۹). برای آلوده‌سازی در شرایط مزرعه، ابتدا جدایه با نام So.8 که از بوتهٔ آلودهٔ سویا در مزرعهٔ تحقیقاتی کرج جداسازی و خالص‌سازی شده بود، روی محیط کشت سیب‌زمینی–دکستروز–آگار (PDA) تکثیر شد تا کشت سه روزه به‌دست آید. دیسک‌های هفت میلی‌متری تهیه شده از حاشیهٔ کلونی قارچ در مرکز تشتک‌های پتری نه سانتی‌متری حاوی محیط کشت جدید PDA قرار داده شدند. سپس در شرایط سترون خلال دندان‌های ضدعفونی شده در هر تشتک با فواصل یکسان و در دو طرف دیسک میسلیومی قرار داده شدند. بدین ترتیب تشتک‌های پتری در شرایط تاریکی و دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت هفت روز نگهداری شدند. پس از اینکه خلال دندان‌ها با پرگنه میسلیوم و میکرواسکلروت‌های قارچ پوشانده شدند، برای مایه‌زنی بوته‌ها در صبح به مزرعه منتقل شدند.از هر تکرار تعداد چهار بوته مایه‌زنی شد. برای مایه‌زنی ابتدا سوراخی به اندازه قطر خلال دندان با درفش در ارتفاع ده سانتی‌متری از سطح زمین روی ساقه‌ها به‌طور افقی ایجاد شد و سپس خلال‌های آلوده به گونه‌ای که آوندهای گیاه به‌طور کامل قطع نشود به درون ساقه گیاه فرو برده شدند (۵،۲۹). جهت مایه‌زنی بوته‌ها در تیمار شاهد نیز از خلال دندان استریل استفاده شد. در هر دو شرایط تنش (بیماری) و بدون تنش بیماری، پس از رسیدگی بوته‌ها در انتهای فصل رشد، از دو خط وسط هر کرت و پس از حذف نیم متر از طرفین هر خط، بوته‌ها از بخش سطح خاک کف بر شده و برای اندازه‌گیری عملکرد دانه به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از جداسازی غلاف‌ها از بقیه اندام‌های گیاه، دانه‌ها از غلاف جدا شده و با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه در بوته به دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای انجام تجزیه پایداری و شناسایی ژنوتیپ‌های با پایداری محصول مناسب و در عین حال با عملکرد مطلوب و مقاوم به بیماری، تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به روش GGE- بای‌پلات توسط نرم‌افزار GGE- بای‌پلات انجام شد. در این روش ژنوتیپ‌ها بر مبنای مقادیر صفات اندازه‌گیری شده تحت دو شرایط بدون بیماری و بیماری پوسیدگی ذغالی و طی دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ ارزیابی شدند. روش GGE- بای‌پلات یکی از روش‌های بررسی برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط بوده که در آن اثر ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام پایدار بر اساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد (۲۰). بنابراین روش GGE- بای‌پلات ابزار مناسبی برای گروه‌بندی محیط‌های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]

متنوع و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار به شرایط محیطی مختلف می‌باشد (۳۲).

جدول ۱- ژنوتیپ‌های سویای مورد مطالعه در این تحقیق

Table 1. The studied soybean genotypes in this research

شماره Number	ژنوتیپ Genotype	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	شماره Number	ژنوتیپ Genotype
1	AGS 358 (3)	34	A 3237	67	Telar	100	N.S-L-11-6
2	AGS 359 (4)	35	A 3935	68	Nekador	101	Mercory
3	Hartwig	36	Columbus	69	Hatcheson	102	Roanak
4	Gloy	37	Union	70	Cliford	103	Pance Vacka B
5	2-L.80-5914	38	Stressland-B	71	Hood	104	L.52
6	B-R22 Bijelina	39	Stressland-C	72	Kaspian	105	Sort 126 S.M.A.B
7	LN 89-3394	40	GN3074	73	Sari	106	ERFurt
8	L.D 9	41	Pek - Cak - taj	74	AGS 346 (2)	107	VINIMK 9186
9	Kenwood	42	Swift	75	AGS (5)	108	PA 83
10	Fowler	43	G.3× Hamilton (10)	76	AGS 367 (6)	109	VESTAG 97
11	TN 4.94	44	DPX × Yougetsu (2)	77	AGS 364 (8)	110	Hack
12	Manacon	45	DPX × Yougetsu (3)	78	AGS 380 (9)	111	Hadgson
13	Fowler	46	DPX × Darby (2)	79	Doles	112	CM - 1070
14	Cysne	47	DPX × Darby (3)	80	GN2050	113	S - 12 - 49
15	Sort 62	48	Williams × DPX (6)	81	DI 74	114	S.R.F × Columbus
16	Sort 126 S.M.A.B	49	Hamilton × Sahar (3)	82	D42.I4	115	Budgoszkasz
17	Wars zawska	50	Hamilton × Nemaha (6)	83	Linford	116	Rounest
18	Bonus	51	9242	84	Clean	117	Poplu - 18 - 35
19	Clean	52	S 24 - 92	85	LH-2500	118	Tokyo Brown
20	Stressland-A	53	CX 232	86	M 7	119	Century 84
21	5601-46-6-1 C	54	Karbine	87	TN 6.90	120	RCAT ANGORA
22	Harbinskaia 111-	55	Harbinskaia 3971 B	88	T 215	121	S19 - 90
23	Bean – Comet B	56	Dikmanova - Cierna	89	Kabalovskaja B	122	Black Tokyo
24	Delsoy 4210	57	Dornburger	90	Kabalovskaja	123	Cul.9132
25	Comet (NRM) B	58	Banjaluka B	91	8-L.65-3266	124	AP - 1394
26	B-R23 Bijelina	59	Harasoy	92	Black Hawck	125	PRO - 280
27	Bijelina 54/68	60	Motte	93	Illinoi	126	S 14 - H 4
28	NS-16 B	61	K.S 4895	94	L.2	127	SENTRY
29	B-R3 (Bijelina)	62	Essex	95	S3-941-8-1-8	128	Spirit
30	Grangelb	63	AGS 381 (10)	96	L.8	129	Salin
31	Mishel	64	TN 5.95	97	Darby	130	Interprise
32	Calland	65	Delsoy 4710	98	NE-3297		
33	Si-bi-va- 1207	66	EJC (Edi. Jappan)	99	ST.Pazova 54/18		

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه (جدول ۲) نشان داد که اختلاف بین محیط‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده وجود تنوع کافی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد. وجود تنوع در پاسخ ژنوتیپ‌های سویا به محیط‌های مختلف نشان می‌دهد که امکان بهبود عملکرد دانه و بهره‌برداری از تنوع ژنتیکی وجود دارد. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای می‌باشد که چندین عامل از قبیل تراکم بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه آن را کنترل می‌کنند. به این دلیل عملکرد دارای تغییرپذیری زیادی بوده و بستگی به رقم، محیط رشد و اثر متقابل آنها دارد (۱۱). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیانگر این است که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی نشان داده و پایداری عملکرد دانه می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد (۳۰). اطلاعات حاصل از اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط کمک می‌کند تا ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار با دقت بیشتری ارزیابی و انتخاب شوند (۲۳). نتایج مشابهی در مطالعه سایر پژوهش گران (۱۹،۲۷) گزارش شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه سویا در چهار محیط

Table 2. Combined analysis of variance for soybean grain yield in four environments

منابع تغییر	Source	درجه آزادی(Df)	میانگین مربعات(Mean of squares)
محیط	Environment	3	4591.79**
تکرار در محیط	Rep. (Environment)	8	66.03
ژنوتیپ	Genotype	129	651.83**
ژنوتیپ*محیط	G*E	387	80.99**
خطا	Error	1032	26.15

**، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

**; Significant at 1 % propability level.

میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل از این جدول در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بالاترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۳ با ۵۰/۴ گرم در بوته در محیط E_1، ژنوتیپ شماره ۵۰ با عملکرد ۴۳/۶۶ گرم در بوته در محیط E_1، ژنوتیپ شماره ۶۶ با ۵۱/۹ گرم در بوته در محیط E_1 و ژنوتیپ شماره ۷۶ با ۵۱/۴ گرم در بوته در محیط E_1 بود (جدول ۳). ژنوتیپ‌های شماره ۵ با عملکرد دانه ۵/۲۱ گرم در محیط E_4، شماره ۸۸ با

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]

عملکرد دانه ۵/۲ گرم در محیط E_2، ژنوتیپ شماره ۹۳ با عملکرد دانه ۴/۹۳ گرم در محیط E_2، ژنوتیپ شماره ۱۰۴ با عملکرد دانه ۴/۸۳ گرم در محیط E_2 و ژنوتیپ شماره ۱۲۲ با عملکرد دانه ۵/۴۲ گرم در محیط E_4 دارای کم‌ترین عملکرد دانه در بوته بودند (جدول ۳). عملکرد دانه از صفات مهمی است که میزان کاهش آن تحت شرایط تنش، معیار تحمل یا حساسیت گیاهان نسبت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آلودگی به بیماری پوسیدگی ذغالی تحت تأثیر قرار گرفت و به‌طوریکه از میزان آن در همه ژنوتیپ‌ها کاسته شد که مقدار آن در تعدادی از ژنوتیپ‌ها که حساسیت بیشتری نسبت به این بیماری داشتند بیشتر بوده و در ژنوتیپ‌های مقاوم کمتر بود. کاهش عملکرد قابل توجه در ژنوتیپ‌هایی رخ می‌دهد که علائم بیماری را بیشتر بروز دادند (۱۴).

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در چهار محیط

Table 3. Mean of seed yield of soybean genotypes in four environments

شماره Number	E1	E2	E3	E4	میانگین Mean	شماره Number	E1	E2	E3	E4	میانگین Mean
1	33.41	32.85	27.01	32.06	31.33	36	24.64	17.33	27.12	16.31	21.35
2	18.03	13.70	17.2	15.56	16.12	37	8.61	8.22	13.87	11.2	10.47
3	50.04	44.44	27.89	23.04	36.35	38	10.13	9.6	14.23	7.01	8.49
4	17.07	16.94	17.61	13.44	16.27	39	12.48	9.12	15.52	12.25	12.59
5	11.89	5.72	13.94	5.21	9.19	40	13.66	9.1	16.15	13.58	13.1
6	12.95	6.49	26.01	7.03	13.12	41	13.68	6.93	16.32	6.03	10.74
7	14.27	10.27	28.80	8.99	15.58	42	25.37	9.63	25.38	13.87	18.56
8	15.48	11.08	13.20	6.43	11.55	43	25.14	17.79	44.02	28.29	28.81
9	15.5	11.09	13.21	9.87	12.41	44	25.96	18.78	14.58	13.14	18.12
10	29.75	26.30	25.99	16.59	24.66	45	19.17	18.58	21.53	20.47	19.94
11	22.20	8.27	0.75	11.89	23.28	46	21.18	20.07	27.01	20.08	22.26
12	15.46	11.18	16.33	10.96	12.81	47	12.5	12.46	19.26	10.64	13.74
13	18.79	6.17	14.49	6.65	11.52	48	16.95	12.83	16.44	11.55	14.44
14	27.40	11.87	19.35	11.16	17.45	49	16.56	14.96	32.59	9.86	18.49
15	10.23	7.91	15.4	6.49	10.12	50	43.66	34.54	37.98	37.34	38.37
16	19.75	9.04	16.05	10.98	13.95	51	16.56	6.66	9.9	7.34	10.11
17	19.53	7.39	16.67	9.58	13.29	52	23.71	6.6	26.37	9.08	16.44
18	11.02	6.09	20.90	6.31	11.08	53	17.44	16.65	22.4	12.63	17.28
19	8.11	5.64	7.8	5.49	6.76	54	22.67	13.38	17.82	14.98	17.21
20	15.05	8.90	19.96	11.84	13.94	55	17.65	9.78	9.65	9.35	10.93
21	15.55	8.91	17.5	10.03	13.1	56	17.52	14.58	17.73	9.2	12.46
22	24.96	10.98	22.66	9.6	17.05	57	17.34	8.05	21.78	10.07	14.31
23	16.19	11.09	17.1	11.77	14.04	58	28.16	11.04	32.44	9.5	20.28
24	12.22	10.39	20.94	11.8	13.83	59	34.44	8.17	27.81	12.08	20.63
25	14.04	11.54	23.24	9.33	14.54	60	23.56	16.04	19.6	15.2	18.7
26	20.80	17.28	38.69	10.7	21.87	61	11.75	7.4	16.76	11.15	11.77
27	17.28	16.18	17.2	10.72	15.34	62	11.35	7.91	21.56	12.36	13.29
28	15.16	8.45	20.43	7.1	12.79	63	50.53	31.93	25.58	24.03	33.02
29	11.81	6.10	12.5	7.23	9.41	64	34.32	21.34	14.3	8.6	19.64
30	13.83	6.12	13.8	7.5	10.24	65	16.64	9.93	14.25	14.1	13.73
31	15.64	10.14	21.05	9.59	14.1	66	71.9	34.84	46.81	41.15	48.67
32	17.15	12.84	19.29	19.2	17.12	67	15.57	11.82	23.1	15.64	16.53
33	17.87	11.08	34.12	17.08	20.04	68	19.24	17.48	14.47	12.21	15.85
34	14.62	8.07	15.89	14.14	13.18	69	19.28	10.86	30.87	12.54	15.89
35	16.90	9.80	20.65	9.89	14.3	70	9.79	7.73	18.88	8.01	11.10
$LSD_{5\%}$	4.82	3.21	5.5	4.1	-	$LSD_{5\%}$	4.82	3.21	5.5	4.1	-
$HSD_{5\%}$	6.79	4.8	7.2	5.2	-	$HSD_{5\%}$	6.79	4.8	7.2	5.2	-

E_1، E_2، E_3 و E_4 به‌ترتیب عدم وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۳، وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۳، عدم وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۴ و وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۴

E_1, E_2, E_3 and E_4, natural conditions in 2014, disease conditions in 2014, natural conditions in 2015 and disease conditions in 2015 respectively

ادامه جدول ۳- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در چهار محیط

Continued Table 3. Mean of seed yield of soybean genotypes in four environments

شماره Number	E1	E2	E3	E4	میانگین Mean	شماره Number	E1	E2	E3	E4	میانگین Mean
71	10.98	9.1	19.91	8.96	12.21	101	10.95	6.68	15.51	8.91	10.51
72	41.14	8.82	36.6	12.96	24.88	102	22.84	14.7	30.24	20.12	21.98
73	22.06	17.2	21.35	9.13	17.44	103	16.74	9.82	17.82	8.75	13.28
74	22.42	6.26	30.55	5.56	19.7	104	11.8	4.83	19.43	13.07	12.28
75	32.97	25.2	39.23	34.07	32.87	105	16.25	7.21	8.83	6.44	9.68
76	51.4	50.25	48.27	44.35	48.57	106	19.26	12.24	27.28	22.45	20.31
77	34.87	32.23	21.27	17.3	26.17	107	21.06	17.91	23.11	18.72	20.2
78	22.2	8.85	28.37	11.56	17.75	108	22.33	14.28	28.14	16.68	20.36
79	12.27	11.2	15.99	13.94	13.35	109	35.61	17.94	27.1	12.06	23.19
80	12.68	11.29	13.56	12.21	12.43	110	13.86	8.96	17.84	8.41	12.27
81	21.32	15.3	13.08	11.85	15.39	111	31.72	14.68	29.16	14.17	22.43
82	35.27	14.15	19.8	5.24	18.61	112	13.17	7.79	16.34	10.59	11.97
83	19.03	6.85	30.57	10.35	16.7	113	21.2	9.09	17.23	10.29	14.45
84	17.5	10.12	17.64	8.96	13.56	114	22.61	6.93	22.26	7.98	14.94
85	19.46	10.16	18.54	8.16	14.08	115	41.97	42.06	38.33	22.53	36.22
86	30.42	8.56	19.86	12.01	17.71	116	20.96	17.99	26.55	24.26	22.44
87	17.14	8.69	27.09	15.49	17.1	117	12.2	9.14	19.11	9.47	12.48
88	6.35	2.2	9.14	7.47	6.29	118	29.3	12.03	26.31	21.09	22.18
89	18.52	8.31	38.7	23.01	22.21	119	23.76	7.3	29.93	10.55	17.88
90	13.03	10.61	14.14	9.36	11.79	120	37.87	18.92	25.2	18.69	25.15
91	23.85	8.48	24.73	11.23	17.07	121	20.01	11.14	30.42	13.06	18.66
92	27.4	9.28	23.46	11.12	17.82	122	18.64	7.39	17.78	5.42	12.31
93	13.04	4.83	12.8	7.79	9.62	123	33.04	9.91	27.51	10.96	17.86
94	10.17	9.47	10.74	9.68	10.01	124	9.1	5.55	8.28	7.1	7.48
95	29.58	8.24	24.7	16.81	19.83	125	77.17	8.96	27.06	10.98	16.19
96	19.11	8.48	18.4	15.55	15.39	126	19.63	7.2	21.06	7.06	13.74
97	23.01	8.12	21.77	8.05	15.24	127	26.4	8.77	23.23	9.21	16.9
98	23.09	14.25	25.4	11.27	18.5	128	30.54	13.2	24.66	8.59	19.25
99	17.44	11.1	15.67	11.52	13.93	129	30.11	12.95	28.62	14.65	21.58
100	28.71	12.14	19.74	9.2	17.45	130	26.51	10.57	28.98	10.14	19.09
LSD5%	4.82	3.21	5.5	4.1	-	LSD5%	4.82	3.21	5.5	4.1	-
HSD5%	6.79	4.8	7.2	5.2	-	HSD5%	6.79	4.8	7.2	5.2	-

ترتیب عدم وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۳، وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۳، عدم وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۴ و به‌E4 و E3، E2، E1 وجود بیماری پوسیدگی ذغالی در سال ۹۴

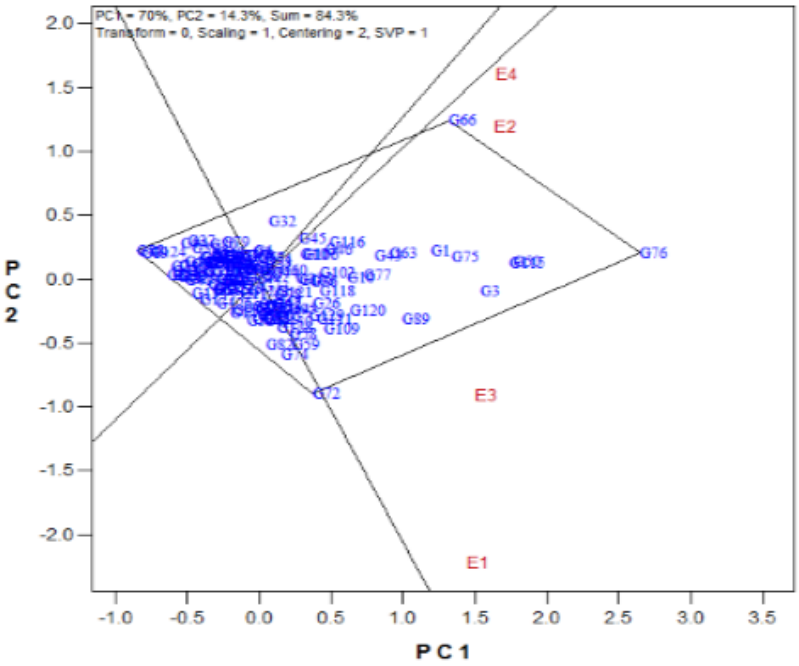
E1, E2, E3 and E4, natural conditions in 2014, disease conditions in 2014, natural conditions in 2015 and disease conditions in 2015 respectively

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]

تجزیه GGE- بای‌پلات

با توجه به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، تجزیه واریانس مرکب قادر به تبیین پایداری ژنوتیپ‌ها نمی‌باشد. لذا جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از تجزیه گرافیکی GGE- بای‌پلات براساس روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) استفاده گردید. یکی از موارد استفاده از نرم‌افزار GGE- بای‌پلات رسم نمودار چند ضلعی مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که اطلاعات خوبی در اختیار به‌نژادگر قرار می‌دهد. این نمودار برای ژنوتیپ‌های سویا در چهار محیط در شکل ۱ آمده است. نتایج حاصل از روش بای‌پلات نشان داد که مؤلفه‌های اول (اثرات اصلی ژنوتیپ) و دوم (اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط) به‌ترتیب ۷۰ و ۱۴ درصد و در مجموع ۸۴ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند که نشان‌دهنده اعتبار نسبتاً خوب بای‌پلات در توجیه تغییرات G+GE است. در مطالعه بابایی و همکاران (۳) دو مولفه اول و دوم در مجموع ۵۸ درصد از واریانس مربوط به اثر ژنوتیپ به اضافه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمودند. سیلویرا و همکاران (۲۶) در ارزیابی سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های سویا، سهم اثرات غیر افزایشی از واریانس کل را ۶۶ درصد و سهم مولفه‌های اول و دوم از اثر متقابل را به‌ترتیب ۴۳ و ۲۳ درصد گزارش کردند. اگر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در مجموع نتوانند بیشتر تغییرات را توجیه کنند، می‌توان تصور کرد که دلیل آن، ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است و دلیلی بر بی‌اعتباری بای‌پلات نیست (۳۳). نمودار چند وجهی یکی از مهمترین ویژگی‌های روش بای‌پلات جهت تعیین بهترین ژنوتیپ برای هر محیط و شناسایی ابر محیط‌ها می‌باشد (۱۷). چند ضلعی مشاهده شده از اتصال ژنوتیپ‌هایی حاصل می‌شود که بیشترین فاصله را از مبدأ مختصات دارند، به‌طوریکه سایر ژنوتیپ‌ها داخل این چند وجهی قرار می‌گیرند. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند به‌وسیله 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 می‌شوند. ژنوتیپ‌هایی که در رأس این چند ضلعی قرارگرفتند، می‌توانند بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه در بوته باشند، چون بیش‌ترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند. در محیط E_1 و E_3 ژنوتیپ شماره ۷۲ و درمحیط‌های E_2 و E_4 ژنوتیپ شماره ۶۶ بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند. در سمت چپ منحنی چند ضلعی، قسمت‌هایی که ژنوتیپ‌های شماره ۸۸ و ۱۲۴ 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 ژنوتیپ‌های حساس سویا در این تحقیق بودند. تعیین ابر محیط‌ها به محقق کمک می‌کند تا در مطالعات آینده از تکرار آزمایش در محیط‌های مشابه و خرج هزینه‌های هنگفت جلوگیری نماید. بهارتیا و همکاران (۴) و راموس و همکاران (۲۱) گزارش کردند که در تجزیه GGE بای‌پلات ژنوتیپ‌های سویا در هشت بخش و در هر بخش ژنوتیپ‌های برتر در رئوس هشت ضلعی قرار گرفتند.



شکل ۱- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های سویا با روش GGE بای‌پلات در چهار محیط

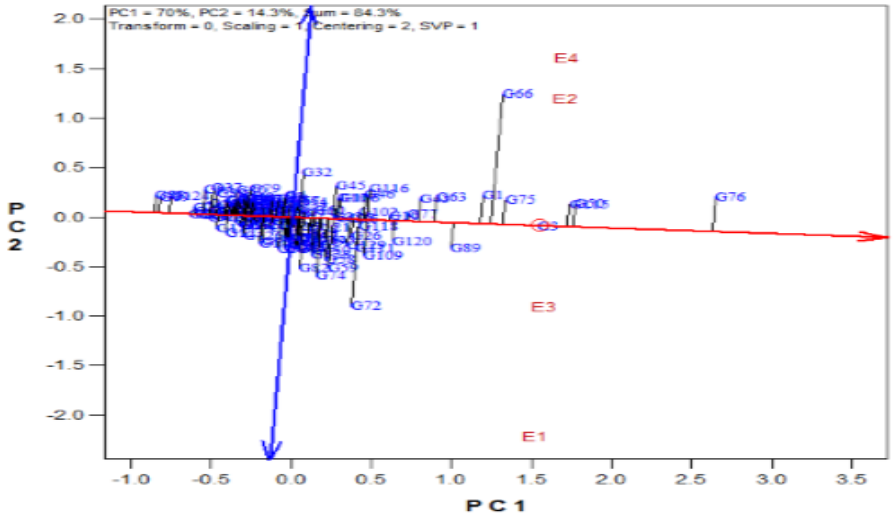
Figure 1. Grouping of soybean genotypes by GGE Biplot method across four environments

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]

برای بررسی پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌های سویا از نمودار محور پایداری، مختصات محیط متوسط استفاده شد (شکل ۲). پایداری فقط به‌عنوان تعدیل‌کننده میانگین عملکرد حائز اهمیت است (۳۰). 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 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 (۲۰). به این شکل بای پلات میانگین در مقابل پایداری نیز گفته می‌شود (شکل ۲). در این شکل، محوری که دارای یک پیکان است (محور افقی)، میزان پایداری را نشان می‌دهد و هر ژنوتیپی به آن محور نزدیکتر باشد پایدارتر است و محوری که دو پیکان روی آن وجود دارد (محور عمودی)، میزان عملکرد را نشان می‌دهد به طوریکه ژنوتیپ‌های واقع در سمت چپ آن کمتر از میانگین عملکرد و سمت راست آن بیشتر از میانگین عملکرد کل را نشان می‌دهد (۳۳). بر این اساس ژنوتیپ شماره ۶۶ دارای عملکرد بالا و سازگاری عمومی پایین می‌باشند و ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۷۲، ۷۵ و حتی ۷۶ دارای عملکرد بالا و سازگاری عمومی بالایی می‌باشند. ژنوتیپ‌های شماره ۸۸ و ۱۲۴ نیز دارای عملکرد پایین و سازگاری خوبی بوده و ژنوتیپ‌های شماره ۳۷، ۳۸، ۷۹ و ۸۰ دارای عملکرد پایین و سازگاری پایین می‌باشند. توجه شود که در این نمودار، ممکن است ژنوتیپی در یک محیط خاص دارای عملکرد بالایی باشد و به عبارت دیگر سازگاری خوبی به آن محیط داشته باشد. به‌عنوان نمونه، ژنوتیپ شماره ۶۶ که به محیط E_2 نزدیک‌تر است، در این شرایط محیطی عملکرد خوبی داشته است. در آزمایشات سازگاری تنها توجه به پایداری عملکرد دانه مورد نظر نیست و باید هر دو ویژگی عملکرد دانه بالا و پایدار را در نظر گرفت، چرا که در این حالت ممکن است ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا با پایداری نسبی که منجر به افزایش تولید در یک محیط خاص خواهد شد نادیده گرفته شوند (۱۳).

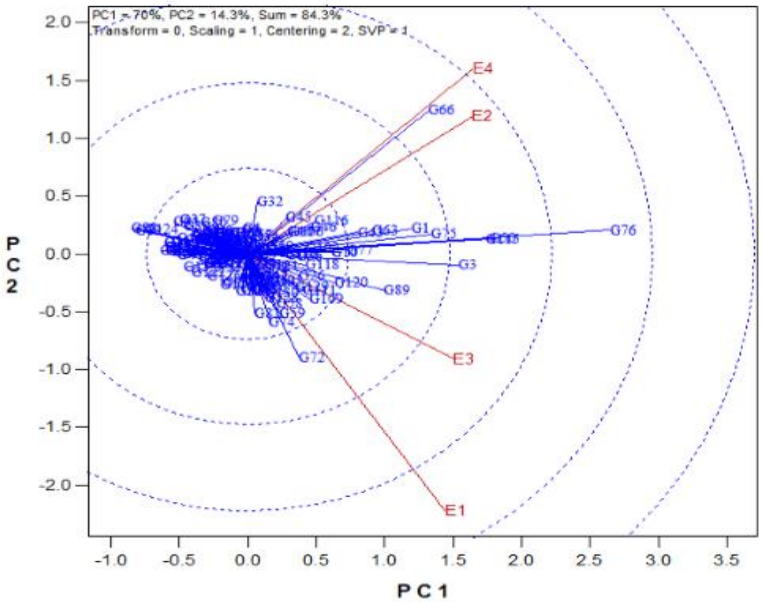
آکمل و همکاران (۱) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های برخوردار از بالاترین عملکرد، لزوما پایدارترین ژنوتیپ‌ها نخواهند بود و ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین ممکن است از پایداری بالایی برخوردار باشند.



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

در شکل ۳ 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 محیطی ۹۰ درجه باشد، همبستگی آن‌ها صفر، اگر این زاویه صفر درجه باشد همبستگی بین محیط‌ها همبستگی مثبت یک و اگر ۱۸۰ درجه باشد همبستگی منفی یک- است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، محیط‌های E_2 و E_4 دارای زاویه کوچک می‌باشند که نشان دهنده همبستگی نسبتاً زیاد این دو محیط می‌باشد و این در صورتی است که محیط E_1 با محیط‌های E_2 و E_4 زاویه بزرگ و نزدیک ۹۰ درجه دارد و این بیانگر همبستگی کم این محیط‌ها با هم است. دلیل دیگر همبستگی کم این محیط‌ها با هم این است که بین دو شرایط وجود و عدم وجود بیماری اختلافات زیادی مشاهده شده است (شکل ۳). محققان دیگر نیز به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های سویا دارای عملکرد دانه بالا و پایدار در مناطق مختلف جنوب برزیل طی سال‌های مختلف از روش GGE- بای‌پلات استفاده کردند. این محققان با استفاده از این روش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا و سازگاری گسترده برای مناطق مختلف را شناسایی کردند. همچنین این محققین عنوان کردند تجزیه در طول همه سال‌های کشت نسبت به تجزیه سال به سال برای شناسایی ژنوتیپ‌های ایده آل بهتر است (۱۱).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]



شکل ۳- بای‌پلات روابط متقابل بین محیط‌های مختلف
Figure 3. Biplot of interrelationships among different environments

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که عملکرد دانه به میزان زیادی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند و ثبات رفتاری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف فرق می‌کند و رده‌بندی ثابتی در محیط‌های مختلف وجود ندارد. در این تحقیق از روش تجزیه پایداری GGE بای‌پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر سویای مقاوم و متحمل به بیماری پوسیدگی ذغالی استفاده شد و مولفه اول (معرف اثر اصلی ژنوتیپ) ۷۰ درصد و مولفه دوم (معرف اثر متقابل ژنوتیپ در محیط) ۱۴ درصد و در مجموع دو مولفه اصلی ۸۴ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند که نشان‌دهنده اعتبار نسبتاً خوب بای‌پلات در توجیه تغییرات ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط (G+GE) بود. ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۵، ۴۳، ۶۳، ۶۶، ۷۵، ۷۶، ۷۷ و ۸۹ پایدارترین ژنوتیپ با متوسط عملکرد بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ‌های مطلوب باید دارای بیشترین میزان عملکرد در محیط‌های مورد بررسی و دارای پایدارترین عملکرد نسبت به شرایط متغیر محیطی باشند. ژنوتیپ‌های مذکور، نوسانات کمتری را در محیط‌های مورد آزمون نشان دادند و از نظر میانگین عملکرد نیز جایگاه مناسبی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند و می‌توان از پتانسیل آنها در برنامه‌های اصلاحی آتی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و همچنین از بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به خاطر فراهم کردن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش کمال تقدیر و تشکر را داریم.

منابع

1. Akmal, C.M.G. and M.Y. Samaullah. 2014. Adaptation and stability of aromatic rice lines in North Sumatera (in Indonesian). Food Crop Research Journal, 33(1): 9-16.
2. Babaei, H.R., N. Razmi, S. Raeisi and H. Sabzi. 2020. Evaluation of adaptability and seed yield stability of soybean (*Glycine max* L. Merril) promising lines using GGE biplot analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 22(2): 183-197 (In Persian).
3. Babu, B.K., A.K. Saxena, A.K. Srivastava and D.K. Arora. 2007. Identification and detection of Macrophomina phaseolina by using specific species oligonucleotide primers and prob. Mycologia. 99: 797-803.
4. Bhartiya, A., J.P. Aditya, K.S. Pushpendra, J.P. Purwar and A. Agarwal. 2017. AMMI and GGE biplot analysis of multi environment yield trial of soybean in North Western Himalayan state Uttarakhand of India. Legume Research Journal, 40(2): 306-312.
5. Bramel-Cox, P.J.L. and E. Claflin. 1989. Selection for resistance to *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium moniliforme* in sorghum. Crop Science, 29: 1468-1472.
6. 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.
7. Dallo, S.C., A.D. Zdziarski, L.G. Woyann, A.S. Milioli, R. Zanella, J. Conte and G. Benin. 2019. Across year and year-by-year GGE biplot analysis to evaluate soybean performance and stability in multi-environment trials. Euphytica, 215: 113-125.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]

8. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crops Research, 67(1): 35-49.
9. Gauch Jr, H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Science, 37(2): 311-326.
10. Gul, F., B. Andrew, S. Leong and L. Ismail. 1989. Factors influencing choice of discipline of study accountancy, engineering, law and medicine. Accounting and Finance. 29(2): 93-103.
11. Gupta, P.K. and R.K. Varshney. 2005. Cereal genomics: an overview. Cereal Genomics. Springer. 1-18.
12. Jana, T., T. Sharma, R.D. Prasad, and D.K. Arora. 2003. Molecular characterization of *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium* species by a single primer RAPD technique. Microbiological Research. 158: 249-257.
13. Javidfar, F., B. Alizadeh, H. Amiri Oghan, and N. Sabaghnia. 2010. A study of genotype by environment interaction in oilseed rape genotypes using GGE Biplot method. Iranian Journal of Field Crop Science, 41(4): 771-779 (In Persian).
14. Luc, M., R.A. Sikora and J. Bridge. 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. Oxford University Press. UK. 896 pp.
15. Ma, B.L., W. Yan, L.M. Dwyer, J. Fregeau-Reid, H.D. Voldeng, Y. Dion and H. Nass. 2004. Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. Agronomy Journal, 96(1): 169-180.
16. Mengistu, A., J.R. Ray, J.R. Smith, P. R. Arelli, B. Bellaloui, P. Chen, G. Shannon and D. Boykin. 2018. Effect of charcoal rot on selected putative drought tolerant soybean genotypes and yield. Crop Protection, 105: 90-101.
17. Mengistu, A., J.D. Ray, J.R. Smith and R.L. Paris. 2007. Charcoal rot disease assessment of soybean genotypes using a colony forming unit index. Crop Science, 47: 2453-2461.
18. Moghadam, M., P. Safari and S.F. Daniali. 2012. GGE-bioplot analysis, graphic tool for plant breeding, genetics and agronomy science. Parivar publications, Tabriz, Iran. (In Persian)
19. Nowosad, K., A. Liersch, W. Popławska, and J. Bocianowski. 2016. Genotype by environment interaction for seed yield in rapeseed (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. Euphytica, 208 (1): 187-194.
20. Pourdad, S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genotype×environment interaction through GGE biplot in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Production and Processing, 2(6): 99-108.
21. Ramos, J.E. U., R.L. Brogin, V.P.C. Godinho, F.J.E. Botelho, F.D. Tardin and P.E. Teodoro. 2017. Identification of soybean genotypes with high stability for the Brazilian macro-region 402 via biplot analysis. Genetics Molecular Research, 16(3): 1-10.
22. Rayatpanah, S., V. Alavi and G. Arab. 2007. Reaction of some soybean advanced lines to charcoal rot disease, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. in east Mazandaran. Seed and Plant Improvment Journal, 23(2): 181-186 (In Persian).
23. Roy, D. 2001. Plant Breeding: Analysis and exploitation of variation. Alpha Science International. 701 pp.
24. Saidinejad, S.M.R., M. Aghajani and I. Hezarjeribi. 2013. Response of soybean promising lines and commercial cultivars to charcoal rot disease in Gorgan region. Iranian Journal of Oilseed Plant, 2(1): 30-44 (In Persian).
25. Shiri, M., M. Valizadeh, E. Majidi, 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).
26. Silveira, D.A., L.F. Pricinotto, M. Nardino, C.A. Bahry, C.E. Cavenaghi Prete and L. Cruz. 2016. Determination of the adaptability and stability of soybean cultivars in different locations and at different sowing times in Parana state using the AMMI and Eberhart and Russel methods [Online]. Available at https://www.researchgate.net/publication/311849977.
27. Tadele, T., S. Gashaw and T. Amanuel. 2018. Genotypes × environment interac analysis for Ethiopian mustard (*Brassica carinata* L.) genotypes using AMMI. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 10(4): 86-92.
28. Taliei, F., N. Safaie and M.A. Aghajani. 2012. Relationship between disease incidence and severity of soybean charcoal rot in Golestan province. Journal of Plant Production, 19(3): 142-125 (In Persian)
29. Tesso, T. and G. Ejeta. 2011. Stalk strength and reaction to infection by *Macrophomina phaseolina* of brown midrib maize (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Field Crops Research, 120(2): 271-275.
30. Yan, W. 1999. A study on the methodology of cultivar evaluation based on yield trial data-with special reference to winter wheat in Ontario. Ph.D. Thesis, university of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.120 pp.
31. Yan W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
32. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE bi-plot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
33. 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]

Evaluation of Soybean Genotypes Yield and Yield Stability Under Charcoal Rot Disease Conditions using GGE Biplot Method

Ali Ghorbanipour[1], Babak Rabiei[2], Siamak Rahmanpour[3] and Seyed Akbar Khodaparast[4]

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, (Corresponding author: Ghorbanipur.ali@gmail.com)
2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3- Department of oilseed plants, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran
4- Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
Received: 1 June, 2022 Accepted: 2 November, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: The most important goal in all crop breeding programs is to increase yield, and yield improvement requires the use of efficient statistical methods to identify superior genotypes. In determining the superiority of genotype, in addition to high yield, yield stability in different environments must also be considered.Biplot analyses are good tools for selecting superior genotypes and to increase efficiency in selection.

Material and Methods: In the present study GGE biplot method was used for assessment yield and yield stability of 130 genotypes of soybean under two environmental conditions, natural conditions and disease stress (artificial induction of charcoal rot disease), were evaluated in a simple lattice design with two replications at Seed and Plant Improvement Research Institute (SPII), Karaj, Alborz province, Iran, during 2014 and 2015 (four environments).

Results: The results of combined analysis of grain yield/plant revealed that effects of location, genotype and interaction of genotype × location were significant. The results of stability analysis using GGE-biplot method revealed that the first (Genotype) and second (genotype × environment interaction) components explained 70% and 14%, respectively, and the both components 84% of the total variation, which indicates a good validity of the biplot in explaining the variations of genotypes and genotype × environment interaction (G + GE). Polygonal biplot showed that the genotype 66 had the highest grain yield in environment E_2 (disease conditions in 2014) and E_4 (disease conditions in 2015), however, the genotypes 1, 3, 5, 43, 63, 66, 75, 76, 77 and 89 had a good combination of stability and yield.

Conclusion: Some of these genotypes such as genotype 66 did not show any signs of charcoal rot in both experimental years, they also had a good grain yield.

Keywords: Genotype, Genotype × Environment interaction, GGE biplot, *Macrophomina phaseolina*

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.234]