بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به روش GGE بای‌پلات در گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.)

سید سعید پورداد* و مهدی جمشید مقدم[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۸/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۳)

چکیده

روش GGE (ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط) بای‌پلات یکی از روش‌های جدید در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده که در آن اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام پایدار براساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد. در این تحقیق، از روش GGE بای‌پلات برای بررسی ۱۴ ژنوتیپ گلرنگ در شش ایستگاه تحقیقاتی و در شرایط با و بدون تنش رطوبتی در کشت بهاره استفاده گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ۹۳/۹٪ از کل تغییرات مربوط به اثر محیط و ۶/۱٪ متعلق به اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود. بررسی بای‌پلات چند ضلعی منجر به شناسایی شش ژنوتیپ برتر و چهار محیط بزرگ شده و ژنوتیپ‌های مناسب در هر محیط بزرگ مشخص گردیدند. هفت ژنوتیپ دیگر در نواحی قرار گرفتند که هیچ محیطی قرار نداشت و در اکثر محیط‌ها ارقامی ضعیف بودند. بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات مختصات محیط متوسط نشان داد که ارقام Hartman، Gila و Sina با عملکرد زیاد دارای پایداری عملکرد بیشتری نیز بودند. رقم Hartman نزدیک‌ترین رقم به ژنوتیپ ایدآل (ژنوتیپی فرضی که دارای بیشترین عملکرد و پایداری باشد) بوده و Gila و Sina نیز به ژنوتیپ ایدآل نزدیک بودند. هم‌چنین دو منطقه شیروان و کوهدشت محیط‌های مشابهی بوده و وجود و یا عدم وجود تنش نیز نتوانسته بود بین این محیط‌ها تفاوت زیادی ایجاد نماید. محیط‌های زنجان، قاملو، کوهدشت و سرارود در شرایط بدون تنش رطوبتی دارای قابلیت تمایز بیشتری بودند.

واژه‌های کلیدی: پایداری عملکرد، تنش محیطی، آمار پارامتری و ناپارامتری

۱. معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، کرمانشاه

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sspourdad@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]

مقدمه

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از مفاهیم مهم در اصلاح نباتات بوده که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی نقش اساسی در تعیین ژنوتیپ‌های مناسب برای محیط‌های هدف داشته باشد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط زمانی مهم است که این اثر معنی‌دار شده و ژنوتیپ‌های مختلف برتری خود را در محیط‌های متفاوت نشان دهند (۵). عملکرد یک ژنوتیپ در یک محیط متشکل از اثر اصلی محیط (E)، اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) است. علی‌رغم این‌که اثر محیط میزان زیادی از درصد تغییرات کل عملکرد را توجیه می‌کند و اثرهای ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط کوچک‌تر هستند، اما این دو اثر در آزمایش‌های ارزیابی ژنوتیپ‌ها دخیل بوده و در زمان گزینش ژنوتیپ‌های برتر، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باید به صورت توأم مد نظر قرار گیرند (۱۴).

روش‌های آماری زیادی برای مشخص کردن وضعیت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ابداع شده که معمولاً آنها را به دو گروه پارامتری و نا پارامتری تقسیم می‌کنند (۶). روش‌های پارامتری خود به دو گروه یک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. سه روش تجزیه آماری AMMI، GGE بای‌پلات و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر پایه ریشه راکد منفرد (Singular value decomposition, SVD) بنا نهاده شده‌اند (۳) و اغلب برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش‌های مقایسه عملکرد ناحیه‌ای استفاده می‌شوند. در روش GGE بای‌پلات، اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) از هم تفکیک نشده‌اند. گاچ (۳) اظهار داشت که روش AMMI به‌علت تفکیک GE از یکدیگر همواره بر روش GGE ارجحیت دارد و یا حد اقل از نظر دقت با آن برابر است. در حالی‌که گانگ (۸) عقیده دارد که از دیدگاه به‌نژادگران و نیز تولیدکنندگان محصولات زراعی، گزینش ژنوتیپ‌ها براساس G و یا GE به تنهایی مد نظر نیست. یان و همکاران (۱۹) نیز اعتقاد دارند که روش GGE بای‌پلات از نظر تجزیه داده‌های ژنوتیپ در محیط از روش AMMI موفق‌تر است. روش بای‌پلات برای اولین‌بار توسط گابریل (۲) مطرح گردید و سپس توسط کمپتون (۹) و زوبل و همکاران (۲۱) توسعه یافت. اما کاربرد وسیع آن در بررسی اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط طی چند سال اخیر توسط یان و همکاران (۱۷) نشان داده شده است.

آنچه که در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار حائز اهمیت است این است که اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده، اما قابل بهره‌برداری نیست. لذا حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) حائز اهمیت است (۴). تنها اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط است که در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ (G) و ژنوتیپ × محیط (GE) می‌بایست به‌صورت توأم بررسی شوند. روش GGE بای‌پلات این امکان را می‌دهد که این دو اثر همزمان و به‌صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند (۱۸). هدف از این تحقیق، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به روش گرافیکی GGE بای‌پلات در ژنوتیپ‌های گلرنگ در کشت بهاره و هم‌چنین شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار و محیط‌های برتر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی، تعداد ۱۴ ژنوتیپ گلرنگ (جدول ۱) به اسامی Kino-76 ، S-541، CW-74، Syrian، Dincer، CW-4440، Cyprus bregon، Gila، PI-250537، Sina، Lesaf، PI250536، Hartman و محلی اصفهان در دو حالت تحت تنش و بدون تنش رطوبتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در شش ایستگاه سرارود (کرمانشاه)، مراغه، قاملو (کردستان)، خدابنده (زنجان)، کوهدشت (لرستان) و شیروان (خراسان شمالی) در بهار سال ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط ۶ متری با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. در آزمایش بدون تنش رطوبتی، پس از قطع بارندگی بهاره، زمانی‌که رطوبت خاک به ۶۰٪ ظرفیت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]

جدول ۱. میانگین عملکرد، مشخصات ظاهری، کد و منشأ ژنوتیپ‌های تحت بررسی گلرنگ

ژنوتیپ	کد	منشأ	میانگین عملکرد	ظاهر
Gila	G1	آمریکا	۱۲۲۲	خاردار، گلچه زرد- قرمز
Dincer	G2	ترکیه	۱۰۶۳	خاردار، گلچه زرد- نارنجی
Hartman	G3	آمریکا	۱۲۰۷	خاردار، گلچه زرد
Lesaf	G4	کانادا	۱۰۸۵	خاردار، گلچه زرد
Cyprobregon	G5	قبرس	۱۱۵۷	خاردار، گلچه زرد
Syrian	G6	سوریه	۱۰۵۳	بی‌خار، گلچه قرمز
Isfahan Local	G7	ایران	۱۰۰۹	بی‌خار، گلچه قرمز
PI-250536	G8	مصر	۱۱۷۱	خاردار، گلچه زرد- نارنجی
PI-250537	G9	مصر	۹۹۷	خاردار، گلچه زرد- نارنجی
Sina	G10	ایران	۱۱۲۱	خاردار، گلچه زرد- نارنجی
CW-74	G11	آمریکا	۱۰۶۳	خاردار، گلچه زرد
CW-4440	G12	آمریکا	۱۲۲۲	خاردار، گلچه زرد- نارنجی
Kino-76	G13	مکزیک	۱۱۰۸	خاردار، گلچه زرد
S-541	G14	آمریکا	۱۰۰۸	خاردار، گلچه قرمز

زراعی رسید اقدام به آبیاری شد. به‌طوری‌که چهار نوبت آبیاری صورت گرفت. در حالی‌که در آزمایش با تنش رطوبتی هیچ‌گونه آبیاری انجام نشد. عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در ۱۲ محیط تحت بررسی پس از برداشت اندازه‌گیری شد. میزان بارندگی، ارتفاع از سطح دریا و نوع خاک محیط‌های تحت بررسی در جدول ۲ ارایه شده است.

مدل استفاده شده در GGE بای‌پلات به‌صورت زیر بود:

$$\hat{y}_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \phi_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [۱]$$

که:

$\hat{y}_{ij}$= عملکرد مورد انتظار ژنوتیپ i ام در محیط j ام

μ = میانگین کل مشاهدات

β_j= اثر اصلی محیط j ام

ϕ_{ij}= اثر متقابل بین ژنوتیپ i ام و محیط j ام

g_{i1} و e_{1j} به‌ترتیب به‌عنوان امتیازهای اولیه ژنوتیپ i ام و محیط j ام و g_{i2} و e_{2j} نیز به‌ترتیب به‌عنوان امتیازهای ثانویه ژنوتیپ iام و محیط j ام نامیده می‌شوند. هم‌چنین ε_{ij} مقدار باقیمانده‌ای است که توسط اثرهای اولیه و ثانویه توجیه نمی‌شود.

در واقع روش GGE بای‌پلات از رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش به‌دست می‌آید. متداول‌ترین روش برای به‌کارگیری معادله فوق استفاده از ریشه راکد منفرد (SVD) است که در این حالت معادله به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]

جدول ۲. میزان بارندگی، ارتفاع از سطح دریا و نوع خاک مکان‌ها و کد محیط‌های تحت بررسی

مکان	محیط	کد	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	بارندگی (میلی‌متر)	نوع خاک
سرارود	بدون تنش	SAR N	۱۲۴۱	۱۳۵۱	۴۴۰	رس شنی
	با تنش	SAR S	۱۰۷۴			
مراغه	بدون تنش	MAR N	۱۳۶۰	۱۴۰۰	۳۸۱	لوم رس
	با تنش	MAR S	۵۰۹			
قاملو	بدون تنش	GHA N	۲۰۹۲	۱۸۵۰	۳۵۰	لوم رس
	با تنش	GHA S	۳۹۳			
زنجان	بدون تنش	ZNJ N	۳۰۵۳	۱۸۷۵	۳۸۳	لوم رس
	با تنش	ZNJ S	۳۷۶			
شیروان	بدون تنش	SHR N	۵۲۸	۱۱۳۱	۳۲۹	لوم رس
	با تنش	SHR S	۳۵۲			
کوهدشت	بدون تنش	KOH N	۱۵۵۸	۱۲۰۰	۳۸۶	لوم
	با تنش	KOH S	۷۳۵			

$$\hat{y}_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad [۲]$$

که λ_1 و λ_2 به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی(PC1 و PC2)، ξ_1 و ξ_2 به‌ترتیب بردارهای ویژه (Eigenvectors) ژنوتیپ iام برای PC1 و PC2 و η_1 و η_2 به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC1 و PC2 می‌باشند. پس در واقع می‌توان گفت که مدل GGE بای‌پلات بر پایه SVD دو مؤلفه اصلی بنا نهاده شده است (۱۸). برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزارهای Mstat-c، GGE biplot و SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه (جدول ۳) نشان داد که اختلاف بین محیط‌های تحت بررسی، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. 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. محاسبه درصد مجموع مربعات سه منبع محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به مجموع آنها نشان داد که عمده تغییرات موجود در داده‌ها به‌وسیله واریانس محیط‌ها توجیه شده (۹۳/۹٪) و واریانس بین ژنوتیپ‌ها تنها بخش بسیار کوچکی (۰/۹٪) از تغییرات را توجیه کرده است. با توجه به این‌که محیط‌های آزمایش طیف وسیع آب و هوایی مناطق سرد، معتدل سرد و گرمسیر کشور را شامل شده است و هم‌چنین در هر منطقه نیز شرایط تنش و عدم تنش خشکی اعمال شده است، لذا تخصیص عمده تغییرات به واریانس محیط‌ها قابل توجیه است. پورداد و غفاری (۱۱) در کلزا ۷۹٪ تغییرات و جمشید مقدم و پورداد (۷) در گلرنگ پاییزه ۸۰٪ تغییرات را به محیط‌ها نسبت دادند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز سهم کوچکی، اما بیشتر از ژنوتیپ، را به خود اختصاص داده بود.

نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۴۶/۸ و ۲۴/۶ درصد و در

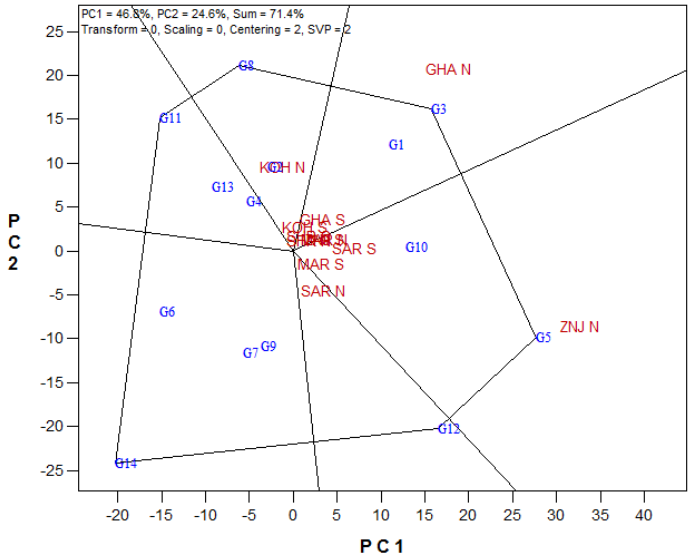
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]

جدول۳. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه گلرنگ و درصد از مجموع ژنوتیپ + محیط+ ژنوتیپ × محیط

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درصد از مجموع ژنوتیپ + محیط+ ژنوتیپ × محیط
محیط	۱۱	۲۸۶۰۰۴۰۷**	۹۳/۹
اشتباه	۲۴	۱۹۱۶۸۰	---
ژنوتیپ	۱۳	۲۲۷۶۱۹**	۰/۹۰
ژنوتیپ × محیط	۱۴۳	۱۲۱۷۸۹**	۵/۲۰
اشتباه ادغام شده	۳۱۲	۷۰۵۳۴	---

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

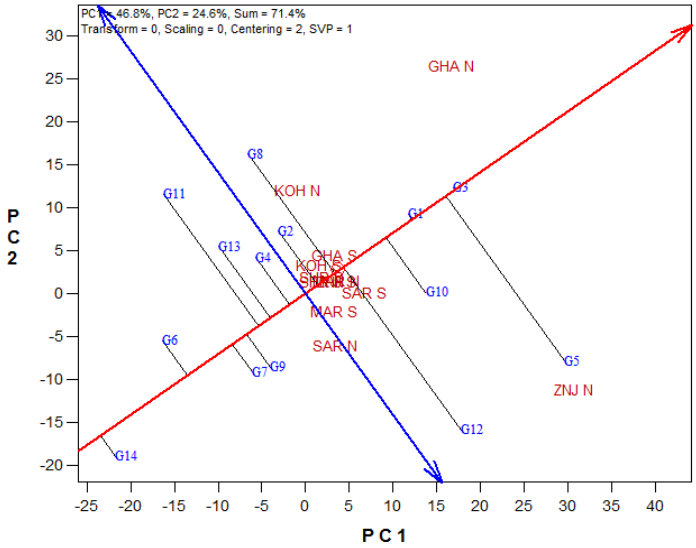


شکل ۱. چند ضلعی GGE بای‌پلات برای تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف

مجموع ۷۱/۴ درصد کل تغییرات را توجیه کرده‌اند، که بیانگر معتبر بودن نسبی بای‌پلات در توجیه تغییرات G+GE است (شکل ۱). اگر مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نتواند اکثر تغییرات موجود را توجیه نماید، بیانگر ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده (۲۰) اما الزاماً به معنای غیرمعتبر بودن بای‌پلات نیست (۱۹). بررسی نمودار چند ضلعی (Polygon) به منظور تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف و مشخص نمودن محیط‌های بزرگ (شکل ۱) نشان داد که شش ژنوتیپ CW-4440 (G12)، Cyprobregon (G5)، Hartman (G3)، PI-250536 (G8)، CW-74 (G11) و S-541 (G14) که در رئوس چندضلعی قرار دارند ژنوتیپ‌های برتر بودند. هم‌چنین در این بررسی چهار محیط بزرگ مشخص گردید. اولین محیط بزرگ شامل سرارود بدون تنش رطوبتی و مراغه با تنش رطوبتی بود که در آن ژنوتیپ CW-4440 (G12) برتر بود. دومین محیط بزرگ شامل محیط‌های زنجان بدون تنش رطوبتی و سرارود با تنش رطوبتی بود که Cyprobregon (G5) رقم برتر آن بود. سومین محیط بزرگ حاوی محیط‌های قاملو در دو حالت با و بدون تنش رطوبتی، مراغه بدون تنش رطوبتی و زنجان با تنش رطوبتی بود که Hartman (G3) رقم برتر این محیط بزرگ بود. چهارمین محیط بزرگ شامل محیط‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]



شکل ۲. بای‌پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های گلرنگ

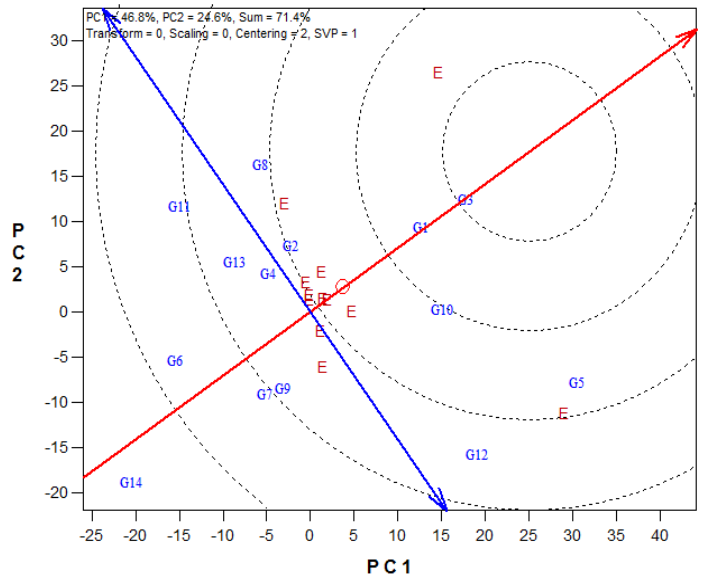
کوهدشت و شیروان در دو حالت با و بدون تنش رطوبتی بود که در آن PI-250536 (G8) ژنوتیپ برتر شناسایی گردید. در محیط‌های بزرگ ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب ارقام سینا (G10)، Gila (G1) و Dincer (G2) علاوه بر ژنوتیپ واقع در رأس وجود داشتند. این ارقام در هر بخش دارای شباهت زیادی به ژنوتیپ‌های واقع در رأس بوده و با محیط‌های بزرگ مربوطه سازگاری داشتند. در دو بخشی که ارقام CW-74 (G11) و S-541 (G14) در رأس آنها قرار دارند هیچ محیطی قرار نگرفته است. این امر بیانگر آن است که این دو رقم در هیچ یک از محیط‌ها بیشترین عملکرد را نداشته و جزو ارقام ضعیف در اکثر محیط‌ها بودند. هم‌چنین ارقام و ژنوتیپ‌های G13، G4، G6، G7 و G9 در این دو محیط بزرگ قرار داشته و جزو ارقام ضعیف در اکثر محیط‌ها به شمار می‌آیند (۱۸).

برای بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها از مختصات محیط متوسط (Average environment coordinate) استفاده می‌گردد (۱۸). به این شکل، بای پلات میانگین در مقابل پایداری نیز گفته می‌شود (۱۹). در این نمودار، محور افقی که دارای یک پیکان است از مبدأ مختصات می‌گذرد. تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور، تقریبی از عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد. این محور را محور میانگین محیط می‌نامند. نتایج بای‌پلات (شکل ۲) نشان داد که رقم Hartman (G3) بیشترین عملکرد را داشته و بعد از آن ارقام Cyprobregon (G5)، Gila (G1) و Sina (G10) قرار دارند. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها (جدول ۱) با تقریب عملکرد از طریق بای‌پلات (شکل ۲) کاملاً" منطبق نیست، ولی همبستگی رتبه آنها ۰/۸۷ محاسبه گردید (جدول همبستگی نشان داده نشده است) که همبستگی نسبتاً قوی بود. محور عمودی که دارای دو پیکان بوده و از مبدأ مختصات می‌گذرد عمود بر محور میانگین محیط است.

این محور بیانگر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و پایداری ارقام را تعیین می‌کند. هر چقدر تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور بلندتر باشد نشان‌دهنده ناپایداری بیشتر آنهاست. با استفاده از شکل ۲ مشخص گردید که ارقام Hartman (G3)، Gila (G1) و Sina (G10) با عملکرد زیاد دارای پایداری عملکرد نیز بودند. در مقابل، Cyprobregon (G5)، CW-4440 (G12)، PI-250536 (G8) و CW-74 (G11) ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ ایدآل ژنوتیپی فرضی است که دارای بیشترین عملکرد و پایداری بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد (۱۵). میزان مطلوبیت ژنوتیپ‌ها به فاصله آنها از ژنوتیپ مطلوب بستگی دارد. مقایسه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]



شکل ۳. بای‌پلات مقایسه ژنوتیپ‌های گلرنگ با ژنوتیپ ایدآل از نظر عملکرد و پایداری

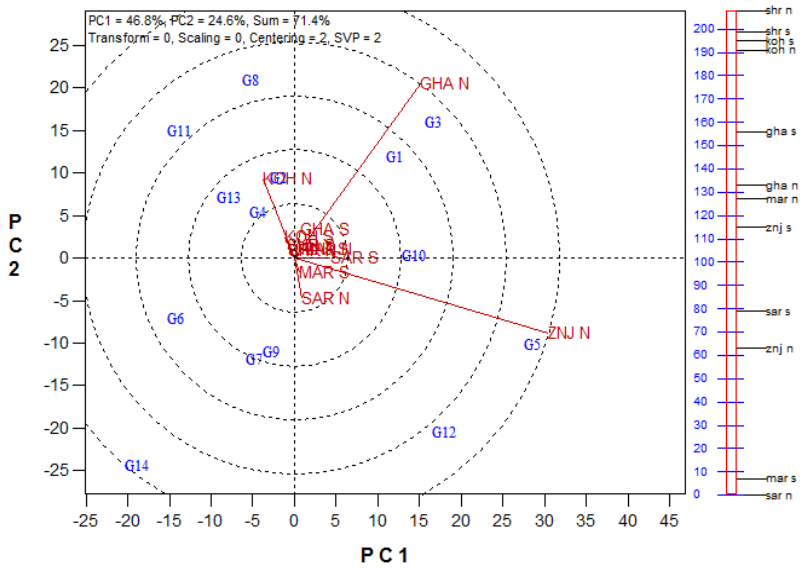
ژنوتیپ‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایدآل (شکل ۳) نشان داد که رقم Hartman (G3) نزدیک‌ترین رقم به ژنوتیپ ایدآل بود که بیشترین عملکرد را داشته و به‌علت قرار داشتن روی محور میانگین محیط دارای بیشترین پایداری نیز بود. دو رقم Gila (G1) و Sina (G10) نیز به ژنوتیپ ایدآل نزدیک بوده و می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب گزینش شوند.

کسینوس زاویه بین بردارهای محیط‌ها در نمودار بای‌پلات تقریبی از همبستگی بین محیط‌هاست. زمانی‌که 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. با تعیین همبستگی بین محیط‌ها می‌توان در آزمایش‌های تعیین سازگاری و پایداری ارقام که در چندین سال و مکان اجرا می‌شود، محیط‌های مشابه را شناسایی و حذف نمود که این امر منجر به کاهش هزینه‌ها خواهد شد (۱۶ و ۱۸). بررسی همبستگی بین محیط‌ها (شکل ۴) نشان داد که زاویه بین بردارهای محیط‌های شیروان و کوهدشت با و بدون تنش رطوبتی کوچک بوده و همبستگی بین آنها نزدیک به ۱+ است. زاویه بین بردارهای قاملو بدون تنش، مراغه بدون تنش و زنجان با تنش رطوبتی نیز کوچک و همبستگی بین آنها نزدیک به ۱+ بود. هم‌چنین دو محیط مراغه با تنش و سرارود بدون تنش رطوبتی دارای همبستگی بسیار نزدیک به ۱+ بودند. در مقابل، محیط سرارود بدون تنش، مراغه با تنش و سرارود با تنش رطوبتی دارای زاویه نزدیک به قائمه (شکل ۴) بوده و محیط‌های مجزا محسوب می‌شوند.

هم‌چنین دو محیط زنجان بدون تنش با قاملو در شرایط تنش رطوبتی دارای زاویه حدود ۹۳ درجه بوده و دو محیط مجزا بودند. این وضعیت برای محیط‌های زنجان با تنش با محیط‌های شیروان با و بدون تنش محیطی و کوهدشت با و بدون تنش رطوبتی نیز صادق بود. بین بردارهای محیط‌های سرارود بدون تنش و مراغه با تنش رطوبتی، محیط‌های شیروان با و بدون تنش و کوهدشت با و بدون تنش رطوبتی زاویه باز (حدود ۱۸۰ درجه) وجود داشت که همبستگی حدود ۱- بین آنها برآورد گردید. ویژگی مهم دیگر در بای‌پلات، همبستگی بین محیط‌ها و طول بردار محیط است که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و نیز شاخصی برای قابلیت تمایز (Discriminating ability) محیط‌هاست (۱۸). قابلیت تمایز یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط بوده، به‌طوری‌که محیط‌های فاقد قابلیت تمایز نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ارقام

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]



شکل ۴. بای‌پلات نقشه همبستگی در محیط‌های تحت بررسی

ارایه نمایند (۱۸). بررسی بردارهای محیط‌ها نشان داد که اکثر محیط‌ها دارای طول بردار بسیار کوتاه بوده که نمایانگر کم بودن قابلیت تمایز آنها است. در مقابل، محیط‌های زنجان، قاملو، کوهدشت و سرارود در شرایط بدون تنش رطوبتی دارای طول بردار بلند و در نتیجه قابلیت تمایز بیشتری بودند. نکته جالب این‌که قابلیت تمایز این چهار محیط همگی در شرایط بدون تنش رطوبتی بالا بوده و در شرایط با تنش رطوبتی فاقد این قابلیت بودند. این موضوع شاید به این دلیل باشد که ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت بررسی در شرایط رطوبتی مناسب می‌توانند پتانسیل‌های عملکردی خود را بروز داده و از یکدیگر متمایز گردند. راجارام و ون گینکل (۱۳) در گندم و بتران و همکاران (۱) در ذرت برای اصلاح گیاهان مقاوم به خشکی اعتقاد به گزینش ارقام در شرایط بدون تنش رطوبتی دارند. پورداد (۱۰) و پورداد و همکاران (۱۲) نیز در بررسی مقاومت به خشکی گلرنگ‌های بهاره گزارش نمودند که گزینش ارقام مقامت به خشکی گلرنگ باید براساس نتایج در هر دو محیط با و بدون تنش رطوبتی صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج نشان داد که GGE بای‌پلات روشی مناسب برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری بوده و توانست ارقام Hartman، Gila و Sina را به‌ترتیب با میانگین عملکرد ۱۲۰۷، ۱۲۲۲ و ۱۱۲۱ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ارقام پایدار گلرنگ با میانگین عملکرد زیاد در کشت بهاره معرفی نماید. هم‌چنین توانست چهار محیط زنجان، قاملو، کوهدشت و سرارود در شرایط بدون تنش رطوبتی را به‌عنوان محیط‌های متمایزکننده ژنوتیپ‌ها شناسایی کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم و معاونت مؤسسه که امکان انجام آزمایش‌ها را فراهم نمودند کمال تشکر را دارد. هم‌چنین از همکاران بخش تحقیقات دانه‌های روغنی که در اجرای دقیق آزمایش‌ها در ایستگاه‌های تحقیقاتی تلاش نموده‌اند قدردانی می‌شود. از آقای فرهاد قلعه، تکنسین بخش نیز به خاطر تلاش‌های مستمر تشکر و قدردانی می‌شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]

منابع مورد استفاده

1. Betran, F. J., D. Beck, M. Benziger and G. O. Edmeades. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and non-stress environments in tropical maize. *Crop Science* 43: 807-817.
2. Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.
3. Gauch, H. G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 46: 1488-1500.
4. Gauch, H. G., Jr. and R. W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. PP. 85-122. *In:* Kang, M. S. and H. G. Gauch, Jr. (Eds.), Genotype by Environment Interaction, CRC Press, New York.
5. Haldane, J. B. S. 1946. The interaction of nature and nurture. *Annals of Eugenics* 13: 197-205.
6. Huehn, M. 1996. Non-parametric analysis of genotype × environment interactions by ranks. PP. 213-228. *In:* Kang, M. S. and H. G. Gauch, Jr. (Eds.), Genotype by Environment Interaction, CRC Press, New York.
7. Jamshidmoghadam, M. and S. S. Pourdad. 2009. Comparison of parametric and non-parametric methods for analyzing genotype × environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural Science* 147: 601-612.
8. Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agronomy Journal* 85: 754-757.
9. Kempton, R. A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *Journal of Agricultural Science* 103: 123-135.
10. Pourdad, S. S. 2008. Study on drought resistance indices in spring safflower. *Acta Agronomica Hungarica* 56(2): 202-212.
11. Pourdad, S. S. and A. Ghaffari. 2009. Comparison of parametric and non-parametric yield stability measures and their relationship in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm dry-lands of Iran. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology* 3: 35-40.
12. Pourdad, S. S., K. Alizadeh, R. Azizinezhad, A. Shariatee, M. Skandari, M. Khyavi and E. Nabati. 2008. Study on drought resistance in spring safflower in different locations. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 45: 403-415. (In Farsi with English abstract).
13. Rajaram, S. and M. Van Ginkle. 2001. Mexico: 50 years of international wheat breeding. PP. 579-604. *In:* Bonjean, A. P. and W. J. Angus (Eds.), The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding, Lavoisier Pub., Paris, France.
14. Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal* 94: 990-996.
15. Yan, W. 2001. GGE biplot- A windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal* 93: 1111-1118.
16. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42: 11-20.
17. Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheny and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science* 40: 597-605.
18. Yan, W. and M. S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
19. 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.
20. 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.
21. Zobel, R. W., M. J. Wright and H. G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal* 80: 388-393.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.10.0]