دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد دانه لاین‌های تلاقی برگشتی پیشرفته گندم نان با روش GGE Biplot

طیبه جعفری نظرآبادی[۱]، علی‌اصغر نصراله‌نژاد قمی[۲]، علاءالدین کردنائیج[۳] و خلیل زینلی‌نژاد[۲]

۱- دانشجوی دکتری گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: kordenaeej@shahed.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۱
صفحه: ۱ تا ۱۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و شناسایی ارقام پایدار و پرمحصول در شرایط محیطی مختلف اهمیت زیادی در اصلاح نباتات دارد. اهداف از این تحقیق حاضر، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط با استفاده از روش گرافیکی GGE bilpot در لاین‌های تلاقی برگشتی پیشرفته گندم نان، شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد اقتصادی بالا و پایدار است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق پایداری عملکرد دانه هفت لاین حاصل از تلاقی برگشتی پیشرفته گندم نان (BC_2F_6) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مکان‌های تهران، کرمانشاه و گرگان و سال‌های زراعی (۹۷-۹۶-۱۳۹۶) و (۹۸-۹۷-۱۳۹۷) مورد بررسی قرارگرفت. هر یک از لاین‌ها در کرت‌هایی با هشت خط چهار متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر کاشته شد. در پایان فصل محصول سنبله‌ها از هر کرت به‌صورت دستی برداشت و خرمنکوبی شد و وزن دانه‌های بدست آمده توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و در مترمربع گزارش شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط نشان‌داد. بین لاین‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری برای عملکرد دانه مشاهده نشد. بر اساس نتایج حاصل از GGE Biplot لاین‌های L4، L6 و L3 نزدیک‌ترین لاین‌ها به لاین ایده‌آل بودند. بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد دانه لاین‌های L4 و L6 را لاین‌های پایدار با عملکرد بالا شناسائی کرد. بررسی نمودار چندضلعی منجر به شناسایی سه محیط بزرگ شد. محیط بزرگ اول شامل محیط‌های E1 (گرگان ۹۷-۹۶)، E2 (گرگان ۹۸-۹۷) و E4 (تهران ۹۸-۹۷) بود که L2 لاین برتر این محیطها و محیط بزرگ دوم شامل محیط E6 (کرمانشاه ۹۸-۹۷) بود که لاین‌های L4 و L6 به‌عنوان لاین‌های برتر در این محیطها معرفی شد. محیط بزرگ سوم شامل محیط‌های E3 (تهران ۹۸ -۹۷) و E5 (کرمانشاه ۹۸-۹۷) بود که لاین L3 سازگاری خصوصی را با محیطهای مذکور نشان داد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی بر اساس نتایج به‌دست آمده لاین L4 به‌عنوان لاین پایدار باعملکرد بالا معرفی و برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد، کشت این لاین در محیطهای مورد بررسی پیشنهاد می‌شوند و لاین‌های L2 و L1 به‌عنوان ناپایدارترین لاین‌ها باکمترین عملکرد معرفی و کشت آن‌ها هیچکدام از محیطهای مورد بررسی پیشنهاد نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، بای پلات GGE، پایداری، گندم نان

مقدمه

گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایران است که روز به روز افزایش تولید آن مورد توجه قرار گرفته و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. متغیرهایی مثل نوع خاک، درجات مختلف حاصلخیزی، رطوبت، درجه حرارت و عملیات زراعی که در تولید یک محصول زراعی دخالت دارند، مجموعاً تحت عنوان محیط مورد توجه قرار می‌گیرند. وقتی ارقام زراعی در محیط‌های مختلف مورد مقایسه قرار می‌گیرند، عملکرد نسبی آن‌ها در مقایسه با یکدیگر مشابه نیست (۲۱). به تغییری که در عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف پدید می‌آید، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط می‌گویند. اثر متقابل ژنوتیپ×محیط یکی از مسائل مهم در مطالعات صفات کمی می‌باشد زیرا این اثر تفسیر آزمایش‌های ژنتیکی را پیچیده و پیش‌بینی‌ها را مشکل می‌سازد (۱۱،۴). به‌علت وجود اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، ارزیابی ارقام جدید در محیط‌های مختلف توسط اصلاح‌گران یک ضرورت محسوب می‌شود. در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، اگر علت اثر متقابل ژنوتیپ ×محیط (ناپایداری) معلوم باشد، در آن صورت باید عوامل ژنتیکی ژنوتیپ یا محیط و مدیریت آن را اصلاح کرد تا تولید حداکثر شود (۹). اگر علت اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، عوامل قابل پیش‌بینی مثل نوع خاک، عملیات کشت باشد، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را می‌توان با انتخاب ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی با محیطها و اختصاص دادن آن‌ها به محیطها، کاهش داد و حداکثر تولید را داشت. اما اگر علت اثر متقابل ژنوتیپ×محیط عوامل محیطی غیرقابل پیش‌بینی باشند (مثل تغییرات سال به سال در متغیرهای آب و هوایی)، در آن صورت برای کاهش اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و تولید حداکثر نیاز به روش‌های دیگری است که یکی از آن‌ها انتخاب واریته‌های دارای وضعیت پایدار با عملکرد بالا در شرایط متفاوت است (۱۸). برای پی‌بردن به علت‌های اثر متقابل ژنوتیپ×محیط از قبیل تنش‌های متعدد لازم است که اصلاح‌کنندگان اطلاعات زیادی درباره‌ی ژنوتیپ‌ها و نیز محیطها داشته باشند. برای تصحیح علت یا علل ژنتیکی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، اگر علل اثر متقابل ژنوتیپ×محیط صفاتی باشند که دارای وراثت منوژن یا دی‌ژن (مثلاً صفت حساسیت و مقاومت به تنش‌های زنده) باشند در این صورت مقاومت یا تحمل را می‌توان در یک واریته‌ی تجاری وارد کرد و علت یا علل ژنتیکی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را تصحیح و اثر متقابل را کاهش داده و حداکثر تولید را داشت (۹). برای

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

صفاتی که وراثت پیچیده‌ای دارند (مثل صفات کمی) اصلاح جمعیت از طریق روش انتخاب دوره‌ای، قبل از به‌وجود آوردن لاین‌های والدینی، برای به‌دست آوردن هیبریدها یا واریته‌ها ممکن است لازم باشد (۹). اثر اصلی و بزرگ محیط مربوط به ارزیابی ژنوتیپ نیست، بنابراین در ارزیابی ژنوتیپ ضروری است که محیط از داده‌ها حذف شود و فقط روی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط متمرکز شد (۱۰). یکی از روش‌های آماری چند متغییره برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها روش GGE[1] bipot می‌باشد. نمودار بای‌پلات حاصل از اثرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را GGE bipot بای پلات می‌نامند که به‌طور همزمان اطلاعات مربوط به اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را در اختیار قرار می‌دهد (۲۷). GGE bipot ابزاری مناسب برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و بررسی الگوی ژنوتیپ‌ها در میان محیط‌هاست. اصطلاح GGE biplot اولین‌بار توسط یان و همکاران (۲۵) معرفی و مورد استفاده قرارگرفت، اما این روش قبلاً در مطالعات گزارش‌شده توسط کمپتون (۱۴)، کوپر و دلاکی (۳) نیز آمده است. GGE biplot علاوه بر تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، امکان تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و صفت را نیز داراست (۲۵). مدل GGE biplot به جای جدا کردن اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط هر دوی آن‌ها را با هم حفظ نموده و این دو را به دو جزء ضربی تجزیه می‌کند (۹). نمودارهای GGE bilpot بر اساس نمرات مؤلفه‌ی اول (PC1) و دوم (PC2) GGE رسم می‌شوند که واحد نمرات مولفه‌های اول و دوم برای ژنوتیپ‌ها یکسان و به‌همین ترتیب برای محیط‌ها نیز یکسان می‌باشد (۶). در روش‌های تجزیه مقدار منفرد، در روش مقیاس‌گذاری (سنجش) ژنوتیپ محور (نمودارهای ۱، ۲ و ۳) مقادیر منفرد به‌طور کامل به ضرایب ژنوتیپی تبدیل می‌شوند تا کارایی بای‌پلات برای مقایسه‌ی ژنوتیپ‌ها افزایش یابد و در روش مقیاس‌گذاری (سنجش) محیط محور (نمودارهای ۵ و ۴) مقادیر منفرد به‌طور کامل به ضرایب محیطی قبل از ایجاد بای‌پلات تبدیل می‌شوند تا کارایی بای‌پلات برای مشاهده‌ی روابط بین محیط‌ها افزایش یابد (۹). در هر دو روش سنجش ژنوتیپ محور و محیط محور فرض بر آن است که نمرات ژنوتیپ‌ها دارای واحد یکسان (یا به‌صورت بدون واحد یا دارای واحد اصلی داده‌ها) برای PC1 و PC2 هستند. به همین صورت فرض بر آن است که نمرات محیط‌ها برای هر دو محور واحد یکسان دارد اما نمرات ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها متفاوت هستند (۹). نجفی میرک و همکاران (۱۶) برای ارزیابی تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های گندم دوروم و یک رقم گندم نان به‌عنوان شاهد، از روش GGE biplot بهره گرفتند، که بررسی بای‌پلات چندضلعی منجر به شناسایی لاین‌های برتر (لاین‌های G5، G9، G13، G16 و G17) و دو محیط بزرگ شد. در تحقیقی دیگر سینگ و همکاران (۱۹) با ارزیابی ۵۰ ژنوتیپ گندم دوروم در نه محیط در حالی که دو مؤلفه‌ی اصلی اول به‌ترتیب ۲۷/۹ و ۱۸/۷ درصد از اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را توجیه می‌کردند، دو ژنوتیپ پایدار را شناسایی نمودند. دهقانی و همکاران (۵) ۱۹ ژنوتیپ جو را در ۱۰ مکان مختلف ایران و به‌مدت ۳ سال موردارزیابی قرار دادند. آنها با استفاده از روش GGE bilpot مکان‌های مورد مطالعه را به ۴ ابر محیط تقسیم کردند و برای هر محیط یک ژنوتیپ برتر را انتخاب کردند. اهداف از این تحقیق حاضر، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط با استفاده از روش گرافیکی GGE bilpot در لاین‌های تلاقی برگشتی پیشرفته گندم نان، شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد اقتصادی بالا و پایدار بود.

مواد و روش‌ها

لاین حاصل از تلاقی برگشتی پیشرفته (BC-1، BC-2، BC-3، BC-4 و BC-5) گندم نان همراه با والدین آن‌ها (رقم محلی طبسی و رقم اصلاح‌شده اروپایی تایفون (Taifun)) مواد گیاهی مورد بررسی بودند که برای سهولت در آزمایش، لاین‌ها از شماره ۷–۱ شماره‌گذاری شدند (جدول ۱). طبسی واریته محلی است که از مجموعه‌ای از گندم بهاره در شمال شرق ایران انتخاب شده‌است و متحمل به خشکی، زودرس، همراه با ساقه‌های قوی و بلند، خوشه‌های ریشک‌دار، دانه‌های بلند و زرد رنگ می‌باشد. تایفون واریته‌ی اصلاح شده‌ی اروپایی با عملکرد بالا، کیفیت نانوایی بالا و حساس به خشکی است که در سال ۲۰۰۳ در آلمان تولید شده است. تایفون و طبسی تقریبا در تمام جنبه‌ها شامل پتانسیل تحمل به خشکی، ارتفاع گیاه، زمان خوشه‌دهی، میانگین تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، اندازه و رنگ دانه اختلاف آشکاری را نشان می‌دهند. این اختلافات فنوتیپی بین والدین تنوع مناسبی را بین لاین‌های جمعیت ایجاد کرده است. این پنج لاین پیش‌تر در قالب یک پژوهش از بین ۱۳۰ لاین تلاقی برگشتی پیشرفته و پس از ارزیابی‌های جامع کمی و کیفی محتوای گلوتن و اجزای آن انتخاب و گزینش شده‌اند. طرح مورد استفاده در این تحقیق بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر آزمایش بود. این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۳۹۶–۱۳۹۷ و ۱۳۹۸–۱۳۹۷ در مکان‌های تهران، کرمانشاه و گرگان به اجرا در آمد و تجزیه‌ی پایداری برای شش محیط (سه مکان و دو سال) انجام شد. شش محیط شامل E1 (گرگان، سال زراعی ۹۷–۹۶)، E2 (گرگان، سال زراعی ۹۸–۹۷)، E3 (تهران، سال زراعی ۹۷–۹۶)، E4 (تهران، سال زراعی ۹۸–۹۷)، E5 (کرمانشاه، سال زراعی ۹۷–۹۶) و E6 (کرمانشاه، سال زراعی ۹۸–۹۷) بود. هر یک از لاین‌ها در کرت‌هایی با هشت خط چهار متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر کاشته شد. تمامی عملیات زراعی از قبیل مبارزه با علف هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. در پایان فصل محصول سنبله‌های هشت ردیف چهار متری از هر کرت به‌صورت دستی برداشت و خرمنکوبی شد و وزن دانه‌های بدست آمده توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و در مترمربع گزارش شد. تشخیص نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 با روش آماری kolomogorov Smirnov انجام شد. تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر لاین و تصادفی بودن اثر محیط با نرم‌افزار SAS انجام شد. برای بررسی یکنواختی واریانس خطا در محیط‌های مختلف از آزمون بارتلت استفاده گردید. از نرم‌افزار GGE biplot و

1- G plus GE interaction (GGE) biplot

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

نمودارهای آن برای بررسی اثر لاین و محیط استفاده شد. گراف‌های استفاده شده در این تحقیق شامل نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها، بای‌پلات مقایسه‌ی لاین‌ها با لاین ایده‌آل، بای‌پلات برای گزینش هم‌زمان پایداری و عملکرد لاین‌ها، بای‌پلات برای نمایش روابط بین محیط‌ها و بای‌پلات مقایسه‌ی محیط‌ها با محیط ایده‌آل می‌باشند. به جای تلاش برای جدا کردن G از GE، GGE biplot هر دوی G و GE را با هم حفظ می‌کند و این دو را یعنی GGE را به دو جزء ضربی مطابق با فرمول زیر تجزیه می‌کند (۹):

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

که در آن e_{1j} و g_{i1}: را نمرات اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j گویند، g_{i2} و e_{2j}: را نمرات ثانویه برای ژتوتیپ i و محیط j می‌نامند و ε_{ij}: باقیمانده‌ای است که به‌وسیله اثرات اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود. Y_{ij}: عملکرد مورد انتظار ژنوتیپ i در محیط j و μ: میانگین کل تمام مشاهدات و β_j: اثر اصلی محیط می‌باشند. یک بای‌پلات GGE با رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و g_{i1} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش، رسم می‌شود (۹). نمرات اولیه از طریق تجزیه‌ی مقدار منفرد (SVD[1]) GGE به‌دست آمد.

جدول ۱- کد و نام لاین‌های مورد بررسی

Table 1. Codes and names for studied lines

نام لاین‌ها	کد
طبسی	L1
تایفون	L2
BC-1	L3
BC-2	L4
BC-3	L5
BC-4	L6
BC-5	L7

نتایج و بحث

با توجه به جدول (۲)، آزمونF برای معنی‌دار بودن کلیه‌ی منابع تغییر با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات با فرض ثابت بودن اثر لاین و تصادفی بودن اثر محیط انجام گردید. آزمون بارتلت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد که نشان می‌دهد واریانس اشتباه آزمایش‌های جداگانه، غیر یکنواخت هستند. تبدیل داده‌ها منجر به از دست رفتن قسمتی از اطلاعات و تصمیم‌گیری نادرست در تجزیه پایداری می‌شود، در ضمن برخی از محققان آن را توصیه نمی‌کنند (۱۲،۲) بنابراین از تبدیل داده‌ها استفاده نگردید. نتایج به‌دست آمده از تجزیه مرکب اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای محیط و اثر متقابل لاین × محیط نشان داد. معنی‌دار بودن اثر متقابل لاین × محیط به این معنی است که لاین‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی داشته‌اند و اختلاف بین لاین‌ها از یک محیط به محیط دیگر متفاوت است، بنابراین می‌توان پایداری را بررسی نمود. اگر اثر متقابل لاین × محیط معنی‌دار نشود یا از نوع غیر کراس اور باشد یک لاین در کلیه‌ی محیط‌ها بهترین عملکرد را خواهد داشت و آزمایش‌های زراعی نیاز به تکرار در زمان و مکان ندارند و کشت در یک مکان برای ارزیابی لاین‌ها کفایت می‌کند (۱۳) اما در صورت وجود اثر متقابل کراس اور، لاین‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی دارند بنابراین بررسی پایداری توسط اصلاح‌گران یک ضرورت محسوب می‌شود. بیشترین تغییرات داده‌ها به‌وسیله‌ی واریانس محیط (۷۵/۲۱ درصد) توجیه شد و واریانس بین لاین‌ها۶/۲۹ درصد و اثر متقابل لاین × محیط، ۱۸/۴۹ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. یک رخداد کلی در همه‌ی آزمایش‌های منطقه‌ای آن است که محیط همیشه یک پدیده‌ی غالب در منبع تغییرات عملکرد است و اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط نسبتاً کوچک هستند (۱۰). بزرگی اثر محیط بیانگر تنوع محیط‌هاست که باعث ایجاد تفاوت در عملکرد دانه‌ی لاین‌ها شده است. کم بودن اثر لاین در توجیه تنوع موجود احتمالاً به این دلیل است که در سال‌های گذشته در برنامه‌های اصلاحی، لاین‌های برتر از لحاظ عملکرد انتخاب شده و این لاین‌های برتر نسبت به محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در توجیه تنوع موجود در شرایط چند محیطی نقش کمتری داشته‌اند (۷). بین میانگین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری دیده نشد. با توجه به اینکه صفت دارای ضریب تغییرات پایینی است، پس علت غیر معنی‌دار شدن آن نمی‌تواند خطای آزمایش قلمداد شود. در رابطه با این صفات تنها می‌توان گفت که ژنوتیپ‌ها دارای تنوع ژنتیکی ظریفی هستند و لذا تجزیه واریانس موفق به کشف آن نشده است. توضیح آنکه آزمون F در تجزیه واریانس فقط تفاوت‌های بزرگ بین ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد اما اگر تفاوت‌ها ظریف و دقیق باشند این آزمون موفق به کشف آن‌ها نخواهد شد ولی در مقایسه میانگین‌ها خود را نشان خواهد داد (۸). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این روش دو مؤلفه‌ی اصلی اول در مجموع ۷۳/۲ درصد از اثر متقابل را توجیه کردند. بر اساس نظر یانگ و همکاران (۳۱) در صورتی که نمودار بای پلات، حداقل ۶۰ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نماید، می‌توان برای استخراج ابر محیط‌ها از آن استفاده کرد. اگر مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نتواند اکثر تغییرات موجود را توجیه نماید بیانگر ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط خواهد بود اما الزاماً به معنای غیر معتبر بودن بای‌پلات نیست (۲۸). سنجش مورد استفاده (SVP=1 از نوع ژنوتیپ محور و SVP=2 از نوع محیط محور) و درصد GGE توضیح داده شده به‌وسیله‌ی هر محور (PC1= ۴۱/۵ و PC2=۳۱/۷) در گوشه‌ی بالا و سمت چپ بای‌پلات‌ها نشان داده شده است.

1 - Singular value decomposition

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد لاین‌های تلاقی برگشتی بیشرفته گندم نان

Table 2. combined analysis of variance for yield in advanced back cross lines ofbread wheat

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات SS	%SS	میانگین مربعات MS
محیط	۵	۵۰۵۵۲۶	۷۵/۲۱	۱۰۱۱۰۵**
خطای ۱(تکرار در محیط)	۱۲	۷۹۸۸۹		۶۶۵۷
لاین	۶	۴۲۲۸۷	۶/۲۹	۷۰۴۸ ns
لاین × محیط	۳۰	۱۲۴۳۲۱	۱۸/۴۹	۴۱۴۴**
خطای ۲	۷۲	۱۳۳۸۵۴		۱۸۵۹
کل	۱۲۵	۸۸۵۸۷۷		
ضریب تغییرات (CV%)		۱۴/۸۴		

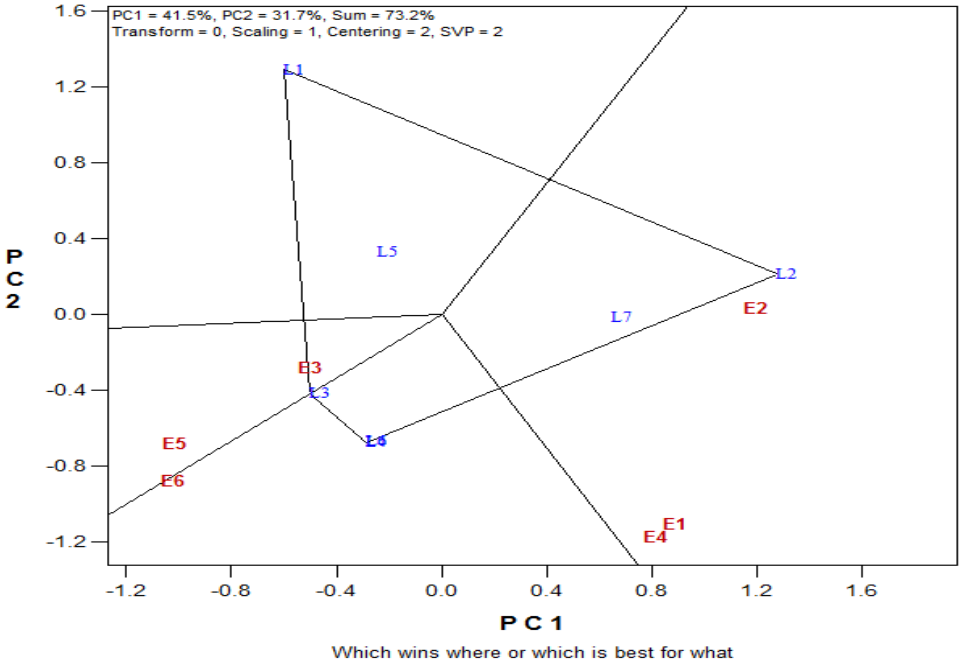
*، **وns: سطح معنی‌داری به ترتیب در سطوح ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری

یکی از کاربردهای GGE biplot رسم نمودار چند ضلعی می‌باشد. بررسی نمودار چندضلعی به‌منظور تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف و نیز مشخص نمودن محیط‌های بزرگ[1] برای اولین بار توسط یان (۲۲) مورد استفاده قرار گرفت و وسیله‌ی بسیار مؤثری برای مشاهده‌ی الگوی کدام- کجا-برتر (نتایج نمودار چند ضلعی) می‌باشد. این نمودار مبتنی بر سنجش مقدار منفرد بر مبنای روش محیط محور می‌باشد. نمودار چندضلعی نشان می‌دهد کدام واریته دارای بهترین عملکرد در کدام محیط‌هاست. چندضلعی روی واریته‌هایی رسم می‌شود که از مبدأ بای‌پلات دور هستند به‌طوری که بقیه واریته‌ها در چندضلعی قرار گرفته‌اند، سپس از مبدأ مختصات خطوطی عمود به اضلاع این چندضلعی رسم شده و بای‌پلات را به بخش‌هایی تقسیم و محیط‌های بزرگ مشخص می‌شوند (۲۸). واریته‌ای که در هر بخش در رأس قرار می‌گیرد دارای بالاترین عملکرد در محیط‌هایی است که در آن بخش قرار گرفته‌اند (۲۵) و همچنین کلیه‌ی ژنوتیپ‌هایی که در هر بخش قرار می‌گیرند دارای شباهت بالایی به ژنوتیپ قرار گرفته در رأس چندضلعی می‌باشند. ژنوتیپ هایی که در مبدأ قرار دارند، در همه ی محیط ها دارای مرتبه یکسانی بوده و لذا پاسخی به محیط های متفاوت نداشتند. یکی از ویژگی‌های این نمودار وجود واریانس زیاد بین محیط‌های بزرگ و واریانس کم درون محیط‌های بزرگ می‌باشد. ارزیابی واریته در درون یک محیط بزرگ باید مبتنی بر میانگین عملکرد و پایداری باشد تا از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تصادفی اجتناب شود (۹). اگر علت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط کراس اور، عوامل قابل پیش‌بینی (مثل نوع خاک، عملیات کشت) باشد، الگوی "کدام- برتر- کجا" (نتایج نمودار چندضلعی) در سال‌های بعد هم تکرار می‌شود، بنابراین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را می‌توان با انتخاب ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی با محیط‌های بزرگ و اختصاص دادن آن‌ها به محیط‌های بزرگ، کاهش داد و حداکثر تولید را داشت (۱۸). یان و همکاران (۲۵) بیان داشتند با انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس هر محیط بزرگ می‌توان از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده بهینه نمود. با بررسی نمودار چندضلعی (شکل ۱)، لاین‌های L1، L2، L3، L4 و L6، که در رأس چندضلعی قرار گرفتند به‌عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند. همچنین با بررسی این نمودار سه محیط بزرگ مشخص شد که محیط بزرگ اول شامل محیط‌های E1 (گرگان، ۹۷-۹۶)، E2 (گرگان، ۹۸ -۹۷) و E4 (تهران، ۹۸-۹۷) بود که L2 لاین برتر این محیط‌ها و دارای سازگاری خصوصی بالایی با محیط‌های مذکور بود. به‌علاوه لاین‌هایی که در این بخش قرار گرفتند (L7) دارای سازگاری بالایی با این محیط‌ها بودند. محیط بزرگ دوم شامل محیطE6 (کرمانشاه، ۹۸-۹۷) بود که لاین‌های L4 و L6 به‌عنوان لاین‌های برتر و سازگار با این محیط‌ها معرفی شد. محیط بزرگ سوم شامل محیط‌های E3 (تهران، ۹۸ -۹۷) و E5 (کرمانشاه، ۹۸-۹۷) که لاین L3 دارای سازگاری خصوصی با محیط‌های مذکور بود. لاین L1 نیز که در رأس قرار داشت در هیچ‌کدام از محیط‌های کلان قرار نگرفت که نشان‌دهنده ضعیف بودن و عدم عملکرد بالای این لاین در بیشتر یا همه محیط‌ها می‌باشد (۹). صباغ نیا و همکاران (۱۷) با استفاده از روش GGE Biplot در مطالعه‌ای برای تعیین محیط‌های بزرگ برای مناطق عدس خیز ایران، سه محیط بزرگ از بین هفت مکان مورد بررسی را شناسایی کرد. در پژوهشی برای بررسی پایداری ۲۰ ژنوتیپ گندم نان و ۲ شاهد که در ۶ محیط انجام شد نمودار جندضلعی GGE biplot منجر به شناسایی ۲ محیط بزرگ و ۵ ژنوتیپ برتر شد (۲۰).

1- Mega-environment

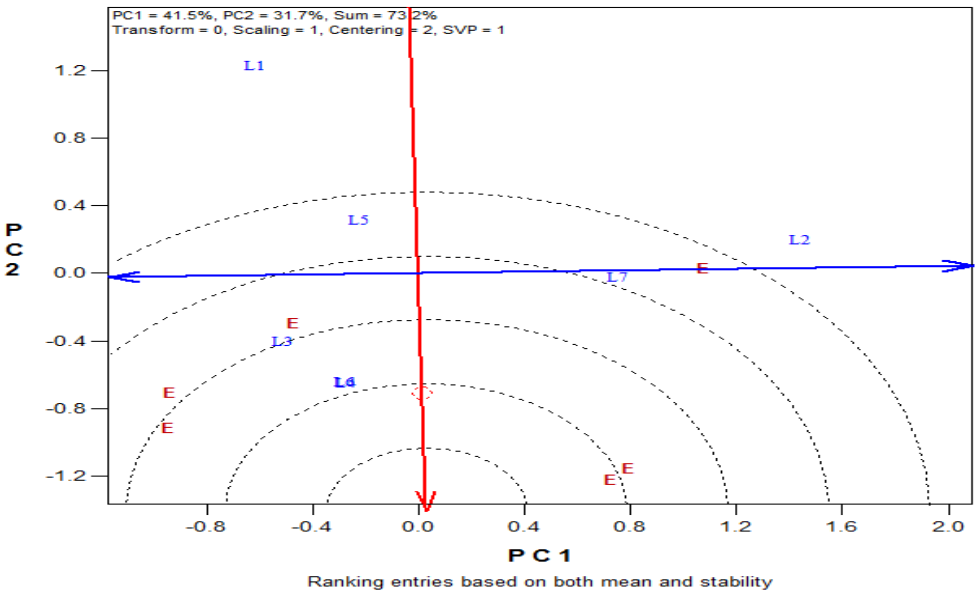
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]



شکل ۱- نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها
Figure 1. GGE biplot polygon diagram for grouping environments

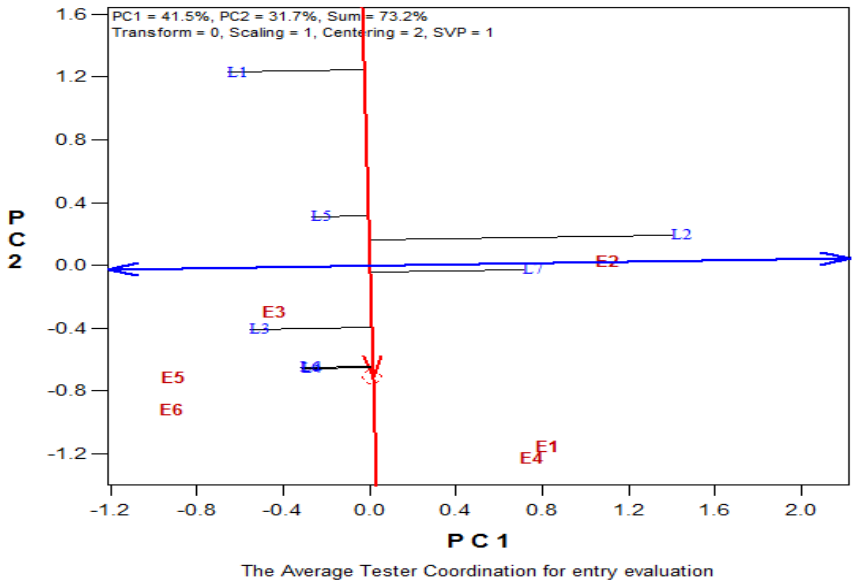
مقایسه‌ی کلیه‌ی ژنوتیپ‌ها با یک ژنوتیپ ایده‌آل (شکل ۲) کاربرد دیگر GGE Biplot می‌باشد. این نمودار کلیه ژنوتیپ‌ها را با یک ژنوتیپ ایده‌آل مقایسه می‌کند. ژنوتیپ ایده‌آل در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار دارد (۲۳) و تعریف این ژنوتیپ آن است که در همه محیط‌ها عملکرد بالایی را دارد و مطلقاً پایدار است؛ بنابراین مبنای رتبه‌بندی مبتنی بر میانگین عملکرد و پایداری می‌باشد. البته چنین ژنوتیپی در عالم واقع به ندرت یافت می‌شود و از آن می‌توان به عنوان مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده کرد (۹). میزان مطلوبیت ژنوتیپ‌ها به فاصله‌ی آن‌ها از ژنوتیپ ایده‌آل بستگی دارد. دارد؛ بنابراین لاین‌های L4 و L6 که به لاین ایده‌آل نزدیکتر بودند و به عنوان لاین‌های مطلوب گزینش شدند. پس از آن‌ها لاین L3 در رتبه‌ی بعدی و سپس لاین‌های L7 و L5 در رتبه‌ی سوم قرار داشتند.



شکل ۲- بای‌پلات مقایسه ی لاین‌هابا لاین ایده‌آل
Figure 2. Biplot of comparison lines with the ideal line

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

یان و هانت (۲۴) بیان داشتند که عملکرد و پایداری عملکرد دارای ارزش یکسانی هستند و توجه به یکی بدون در نظر داشتن دیگری به انتخاب ژنوتیپ مطلوب نمی انجامد. از نمودار مختصات محیط متوسط (AEC[1]) به منظور بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد استفاده می‌شود (۲۷). این نمودار مبتنی بر سنجش مقدار منفرد و بر مبنای روش ژنوتیپ محور می‌باشد بنابراین نمرات ژنوتیپ‌ها دارای واحد یکسان (همان واحد اصلی داده‌ها) برای PC1 و PC2 هستند. به دلیل واحد مشترک پایداری و عملکرد (واحد محورها) می‌توان هر دو را توأم مورد بررسی و با یک شاخص آن‌ها را مورد توجه قرار داد (۹). این نمودار (شکل ۳) دارای دو محور افقی و عمودی AEC می‌باشد. این محورها G را از GE جدا می‌کند و اجازه می‌دهد که ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد و پایداری و محیط‌های آزمون بر مبنای قابلیت تمایز و نمایندگی ارزیابی شوند بدون آن‌که خاصیت ضرب درونی بای‌پلات از بین برود. محور محیط متوسط از مبدأ مختصات و محیط متوسط می‌گذرد و دارای یک پیکان است (۲۶). تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور تقریبی از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد (۳۰). ژنوتیپ‌ها در طول این محور رتبه‌بندی می‌شوند که جهت پیکان میانگین نشان می‌دهد؛ بنابراین به ترتیب لاین‌های L4، L6 و L3 بیشترین میانگین عملکرد دانه را داشتند و لاین‌های L1 و L5 به ترتیب دارای کمترین میانگین عملکرد دانه بودند. محوری که از مبدأ مختصات می‌گذرد، دارای دو پیکان است و عمود بر محور محیط متوسط AEC می‌باشد که بیانگر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و پایداری لاین‌ها را تعیین می‌کند. هر چقدر تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور بلندتر باشد (بدون در نظر گرفتن جهت) نشان‌دهنده ناپایداری بیشتر آن‌ها است، بنابراین لاین‌های L4، L6 و L5 نیز به دلیل فاصله کمتر آن‌ها از محور محیط متوسط AEC، دارای پایداری بالایی بودند که این نشان داد این لاین‌ها در کلیه محیط‌های مورد آزمون از رتبه عملکرد تقریباً ثابتی برخوردار بودند و لاین‌های L2 و L1 نیز به دلیل داشتن فاصله زیاد از محور محیط متوسط AEC از پایداری پایینی برخوردار بودند. یک لاین مطلوب باید اولاً دارای عملکرد بالایی باشد و ثانیاً از پایداری بیشتری نیز برخوردار باشد (۹). بر این اساس لاین‌های L4 و L6 به‌عنوان لاین‌های با میانگین عملکرد و پایداری بالا معرفی می‌شوند. اگر عوامل محیطی غیر قابل پیش‌بینی علت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باشند، الگوی "کدام- برتر- کجا" (نتایج نمودار چندضلعی) در سال‌های بعد تکرارپذیر نمی‌باشد، در آن صورت می‌توان با انتخاب واریته‌های دارای وضعیت پایدار با عملکرد بالا، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را کاهش و حداکثر تولید را داشت (۱۸).



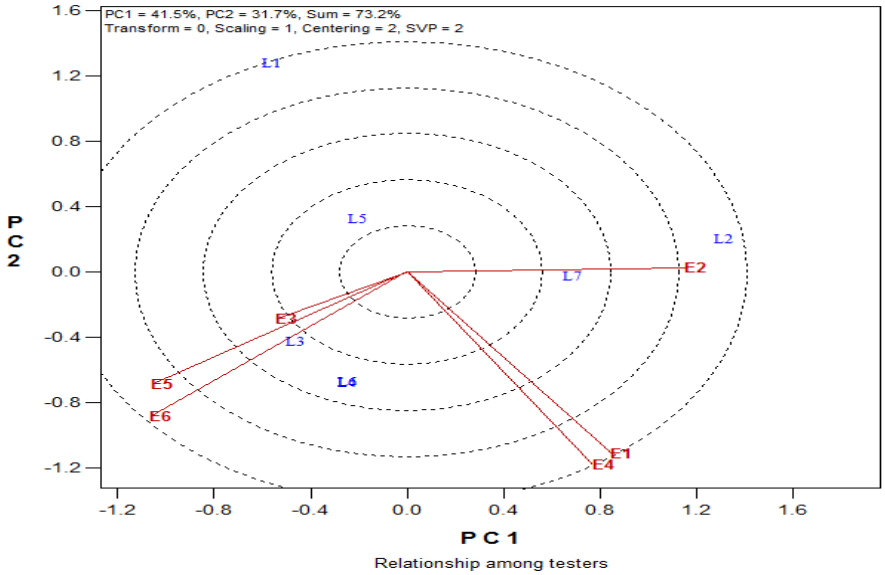
شکل ۳- بای‌پلات برای گزینش هم‌زمان پایداری و عملکرد لاین‌ها
Figure 3. Biplot for simultaneous selection of stability and yield of lines

برای نشان دادن رابطه‌ی بین محیط‌های مورد آزمایش می‌توان از نمایش برداری GGE biplot استفاده کرد (شکل ۴). در این شکل خطوط متصل به محیط‌های مورد بررسی تا مرکز بای‌پلات بردارهای محیطی نامیده می‌شوند. کسینوس زاویه بین بردارهای محیط‌ها تقریبی از همبستگی بین محیط‌هاست (۱۵). بنابراین هر اندازه زاویه‌ی بین دو بردار کوچکتر باشد به معنای همبستگی مثبت و بالا بین آنها است. این مطلب به آن معنا است که اطلاعات حاصل از ژنوتیپ‌ها در این محیط‌ها مشابه است و اگر مشابهت در طول سال‌ها قابل تکرار باشد، در آن صورت این محیط‌ها زائد هستند و لذا یک محیط کافی است و می‌توان از یکی از محیط‌ها استفاده کرد که این کار سبب صرفه‌جویی در هزینه و افزایش کارایی می‌شود (۲۹). زاویه ۹۰ درجه بین دو بردار بیانگر عدم وجود همبستگی بین دو محیط یا به عبارت دیگر تفاوت زیاد شرایط جوی بین دو محیط است و زاویه بیش از ۹۰ تا ۱۸۰ درجه نشان‌دهنده‌ی همبستگی منفی بین دو محیط یا به عبارتی

1- Average environment coordinate

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو محیط می‌باشد. از نمایش برداری GGE biplot همچنین می‌توان برای شناسایی محیط‌هایی استفاده کرد که در انتخاب غیرمستقیم به کار می‌روند، بنابراین از نمایش برداری GGE biplot می‌توان برای شناسایی ارتباط بین شرایط طبیعی و شرایط مصنوعی، برای انتخاب غیرمستقیم کمک گرفت. (۹). با توجه به نتایج به‌دست آمده بین محیط‌های E1 (گرگان، ۹۷-۹۶) و E4 (تهران، ۹۸-۹۷)، همچنین بین محیط‌های E3 (تهران، ۹۷-۹۶)، E5 (کرمانشاه، ۹۷-۹۶) و E6 (کرمانشاه، ۹۸-۹۷) همبستگی بالایی وجود دارد بنابراین به عنوان محیط‌های مشابه معرفی می‌شوند. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این بای‌پلات طول بردار محیط است که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و نیز شاخصی برای قابلیت تمایز محیط‌ها است (۲۷) به طوری که بردارهای بلندتر دارای قابلیت تمایز بیشتری هستند. قابلیت تمایز یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط بوده به طوری که یک محیط با داشتن یک بردار کوتاه نسبت به اندازه‌ی بای پلات، دلالت دارد بر این‌که کلیه‌ی ژنوتیپ‌ها تمایل دارند دارای عملکرد مشابه در محیط مربوطه باشند. بنابراین، این محیط‌ها اطلاعات کم و یا هیچگونه اطلاعاتی راجع‌به تفاوت میان ژنوتیپ‌ها ارائه نمی‌دهند. یک بردار کوتاه همچنین می‌تواند بیانگر این باشد که این محیط به خوبی به‌وسیله‌ی مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (PC1 و PC2) نمایش داده نشده است. این در حالتی است که بای‌پلات بیشتر تغییرات مربوط به GGE داده‌ها را توجیه نمی‌نماید (۹). بررسی بای‌پلات همبستگی بین محیط‌ها در مجموع نشان‌دهنده قدرت تمایز بالا در بیشتر محیط‌های مورد آزمایش بود. از میان محیط‌های مورد بررسی محیط‌های E1 (گرگان، ۹۷-۹۶)، E4 (تهران، ۹۸-۹۷) و E6 (کرمانشاه، ۹۸-۹۷) نسبت به سایر محیط‌ها از قدرت تمایز بیشتری برخوردار بودند و نقش مهمی در تفکیک بین لاین‌ها داشتند و پس از آن‌ها محیط‌های E5 (کرمانشاه، ۹۷-۹۶) و E2 (گرگان، ۹۸-۹۷) به ترتیب دارای قدرت تفکیک بالایی بودند. کمترین توانایی قدرت تمایز بین لاین‌ها برای عملکرد دانه مربوط به محیط E3 (تهران، ۹۷-۹۶) بود.



شکل ۴- نمایش بای‌پلات روابط بین محیط‌ها
Figure 4. Bioplot showing the relationships between environments

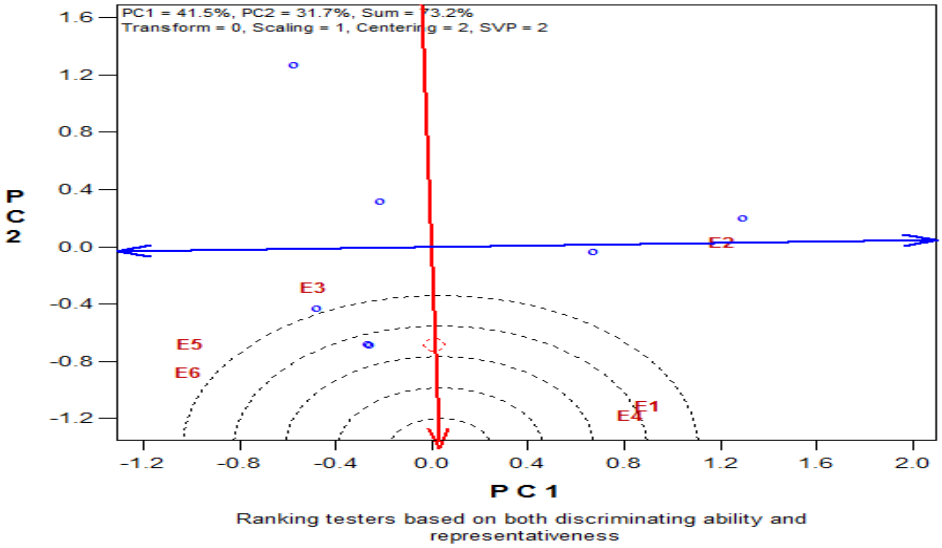
کمیت مهم دیگری که دارای اهمیت یکسان در مقایسه با توانایی تمایز محیط آزمایش است، نمایندگی آن محیط بزرگ می‌باشد. توانایی نمایندگی یک محیط بیان می‌کند که یک محیط نماینده‌ی شرایط سایر محیط‌ها در مطالعه‌ی مورد نظر است (۱). اگر محیط آزمایش نماینده‌ی محیط بزرگ نباشد در آن صورت نه تنها مفید نیست بلکه گمراه‌کننده نیز می‌باشد، زیرا ممکن است اطلاعات اریبی درباره واریته‌های آزمایش در اختیار قرار بدهد. روش بای‌پلات برای اندازه‌گیری نمایندگی آن است که یک محیط ایده‌آل تعریف می‌شود و آن را به‌عنوان مرجع به کار می‌برد. محیط ایده‌آل در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار دارد و محیطی است دارای بیشترین توانایی تمایز ژنوتیپ‌ها و نیز نمایندگی مطلق کلیه‌ی محیط‌های آزمایش است ولی احتمالا در واقعیت وجود ندارد فقط از آن به عنوان مرجع استفاده می‌شود. زاویه بین بردار یک محیط و محور محیط متوسط AEC، اندازه‌ی نمایندگی محیط را نشان می‌دهد (شکل ۵). هر چه زاویه‌ی بردار یک محیط با محور محیط متوسط AEC کمتر باشد قدرت نمایندگی آن محیط بیشتر است. محیط‌ها را برمبنای فاصله‌شان از محیط ایده‌آل رتبه‌بندی می‌کنند (۲۷) هر چه یک محیط زاویه کمتری با محور محیط متوسط AEC داشته باشد، یعنی دارای قدرت نمایندگی بیشتر باشد و همچنین دارای طول بردار بلندتری باشد، که نشان‌دهنده توانایی تمایز بیشتر محیط است، آن محیط به محیط ایده‌آل نزدیک‌تر، بنابراین محیط مطلوب‌تری نسبت به سایر محیط‌های آزمایش خواهد بود. محیط مطلوب مؤثرترین محیط برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد می‌باشد؛ بنابراین به ترتیب محیط‌های E4 (تهران،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

۹۸-۹۷) و E1 (گرگان،۹۷ -۹۶) به دلیل داشتن طول بردار بلند نیز زاویه کمتر با محور محیط متوسط AEC به محیط ایده‌آل نزدیک‌تر و به‌عنوان محیط‌های مطلوب‌تری نسبت به سایر محیطها معرفی شدند. بنابراین بیشترین تاثیر را در شناسایی لاین‌های پایدار با عملکرد بالا داشتند. محیطی که قابلیت تمایز داشته باشد ولی نماینده نباشد را محیط کشنده (Culliag) یا گزینش کننده می‌نامند، این محیطها از طریق گزینش منفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار مفید هستند. (۹) بنابراین لاین L2 را می‌توان با توجه به عملکرد آن در محیط E2 (گرگان، ۹۸-۹۷) (محیط کشنده)، به عنوان لاین ناپایدار شناسایی وحذف نمود.

نتیجه‌گیری نهایی

در نتیجه به طور کلی بر اساس نتایج به‌دست آمده لاین L4 به عنوان لاین پایدار باعملکرد بالا معرفی و برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد، کشت این لاین در محیطهای مورد بررسی پیشنهاد می‌شوند. و لاین‌های L2 و L1 به عنوان ناپایدارترین لاین ها باکمترین عملکرد معرفی و کشت آن‌ها هیچکدام از محیطهای مورد بررسی پیشنهاد نمی‌شود.



شکل ۵- بای‌پلات مقایسه‌ی محیطها با محیط ایده‌آل
Figure 5. Byplate for c omparing environments with the ideal environment

منابع

1. Blanche, S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Science, 46: 946-949.
2. Bradley, J.V. 1982. The insidious L-Shaped distance. Bull. Psychonomic Society, 20: 85-88.
3. 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.
4. Cornelius, P.L. and J. Crossa. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. Crop Science. 39: 98-109.
5. Dehghani, H., A. Ebadi and A. Yousefi. 2006. Biplot analysis of genotype by environment interaction for barley yield in Iran. Agronomy Journal, 98: 388-393.
6. Delacy, I.H., K.E. Basford, M. Cooper, J.K. Bull and C.G. McLaren. 1996. Analysis of multi-environment trials an historical perspective. In: Cooper, M., and Hammer, G.L. (Eds.), Plant adaptation and crop improvement, Oxford: CAB International: 39-124.
7. Esmaeilzadeh Moghaddam, M., S. Tahmasebi, G.A.L.A. Ayeneh, H. Akbari Moghadam, K. Mahmoudi, M. Sayyahfar, S.M. Tabib Ghaffari and H. Zali. 2018. Yield stability evaluation of bread wheat promising lines using multivariate methods. Cereal Research, 8(3): 333-344 (In Persian with English Abstract).
8. Farshadfar, E. 2008. In corporation of AMMI stability value and Grain yield in a single Non-Parametric Index (GSI) in Bread wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(14): 1791-1796.
9. Farshadfar, E. 2015. The interaction effect of genotype and environment in plant breeding. First volume. Islamic Azad University Press. Kermanshah (In Persian).
10. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analyses of yield trials. In Kang, M.S., and Gauch, H.G. (Eds.), Genotype by Environment Interaction. CRC. Boca Raton, Florida, 85-122 pp.
11. Hayword, M.D., N.O. Bosemard and I. Romagosa. 1993. Plant Breeding. Chapman and Hall Press, U.K.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

12. Hugh, G. and G.H. Gauch. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics. 44: 705-715.
13. Jafari, T. and E. Farshadfar. 2018. Stability analysis of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) by GGE biplot. Cereal Research, 8(2): 1-13 (In Persian).
14. Kempton, R.A. 1984. The use of biplot in interpreting variety by environment interaction. Journal of agricultural science, 122: 335-342.
15. Kroonenberg, P.M. 1995. Introduction to biplots for G × E tables. Centre for Statistics. Research Report 51. The University of Queensland. Brisbane, Australia. 22 pp.
16. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2019. Evaluation of durum wheat cultivars and promising lines for yield and yield stability in warm and dry areas using AMMI model and GGE biplot. Journal of Crop Breeding, 10(28): 1-12 (In Persian).
17. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. sabaghpour. 2007. Nonparametric methods for interpreting genotype x enviroment inteaction of lentil genotype. Crop science, 46: 1100-1106.
18. Sadegzadeh Ahari, D., K. Hossaini and K. Alizadeh. 2005. Study of adaptability and stability of durum wheat lines in tropical and sub-tropical dry land areas. Journal of Seed and Plant, 21: 561-576 (In Persian).
19. Singh, C., A. Gupta, V. Gupta, P. Kumar, R. Sendhil, B.S. Tyagi, G. Singh, R. Chatrath and G.P. Singh. 2019. Genotype x environment interaction analysis of multi-environment wheat trials in India using AMMI and GGE biplot models. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 19(3): 309-318.
20. Temesgen, M., S. Alamerew and F. Eticha. 2015. GGE Biplot Analysis of Genotype by Environment Interaction and Grain Yield Stability of Bread Wheat Genotypes in South East Ethiopia. Agricultural Sciences, 11(4): 183-190.
21. Vargas, M., J. Crossa, K. Sayre, M. Reynolds, M.E. Ramirez and M. Talbot. 1998. Interpreting genotype-environment interaction in wheat by partial least squares regression. Crop Science, 38: 679-689.
22. Yan, W. 1999. A study on the methodology of yield trial data analysis—with special reference to winter wheat in Ontario. Ph.D. Thesis, University of Guelph, Ontario, Canada.
23. Yan, W. 2001. GGEbiplot-A widow's application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111-1118.
24. Yan, W. and L.A. Hunt. 2002. Biplot analysis of diallel data. Crop science, 42(1): 21-30.
25. Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheng and Z.Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation andmega–environment investigations based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
26. Yan, W. and M.S. Kang. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists: CRC press, USA. 288 pp.
27. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, USA.
28. Yan, W., M.S. Kang, S. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs AMMI analysis of genotype-by-environment data. Crop Science, 47: 596-605.
29. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
30. Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science, 86(3): 623-645.
31. Yang, R., J. Crossa, P. Cornelius and J. Bugueno. 2009. Biplot analysis of genotype x environment interaction: Proceed with caution. Crop Science, 49: 1564-1576.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]

Evaluation of Genotype × Environment Interaction and Grain Yield Stability of Advanced Bread Wheat Cross-bred lines by GGE Biplot Method

Tayebeh Jafari Nazarabadi[1], Ali Asghar Nasrollahnejad Ghomi[2], Alaeddin Kordenaeej[3] and Khalil Zenalinezhad[2]

1-Ph.D. Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2-Assistant Professor, Plant Breeding and Biotechnology Department, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University of Tehran, (Corresponding author: kordenaeej@shahed.ac.ir)
Received: 27 September, 2021 Accepted: 2 November, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Investigation of the interaction of genotype × environment and identification of stable and high yielding cultivars in different environmental conditions is of great importance in plant breeding. The objectives of this study are to investigate the interaction of genotype × environment using GGE bilpot graphic method in advanced cross-breeding lines of bread wheat, to identify and introduce lines with high and stable economic performance.

Material and Methods: In this study, the advanced stable yield of seven-line grain obtained from the reciprocal cross of bread wheat (BC2F6) in the form of a randomized complete block design with repetition in Tehran, Kermanshah and Gorgan and crop years (2017-18) and (2018-19) Was investigated. Each line was planted in plots with an eight-meter line at a distance of 25 centimeter. At the end of the season, the spikes were harvested and threshed manually from each plot, and the seeds obtained were measured by a digital scale and reported per square meter.

Results: The results of combined analysis of variance showed a significant difference in the level of one percent probability for the effect of environment and the interaction of genotype × environment. No significant difference was observed for grain yield between the studied lines. According to the results of GGE Biplot, lines L4, L6 and L3 were the closest lines to the ideal line. Simultaneous evaluation of stability and grain yield of L4 and L6 lines identified stable high-yield lines. Examination of the polygonal diagram led to the identification of three large environments. The first large environment included E1 (Gorgan, 2017-18), E2 (Gorgan, 2018-19) and E4 (Tehran, 2018-19) environments, of which L2 was the top line of these environments and the second large environment included E6 environment (Kermanshah, 2018-19) It was that L4 and L6 lines were introduced as the top lines in these environments. The third large environment consisted of E3 (Tehran, 2017-18) and E5 (Kermanshah, 2017-18), where the L3 line showed private compatibility with the mentioned environments.

Conclusion: In general, based on the obtained results, L4 line is introduced as a stable line with high yield and is recommended to obtain the maximum cultivation yield of this line in the studied environments. L2 and L1 lines are introduced as the most unstable lines with the lowest performance and their cultivation is not recommended in any of the studied environments.

Kaywords: GGE biplot, Interaction genotype × environment, Stability, Tabasi wheat

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.1]