دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تجزیه پایداری و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل شوری جو

مجید طاهریان[۱]، محمدرضا بی همتا[۲]، سید علی پیغمبری[۳]، هوشنگ علیزاده[۴] و عبدالرحمن رسول‌نیا[۵]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، (نویسنده مسوول: Taherian.m@ut.ac.ir)

۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، استاد اصلاح نباتات و استادیار بیوتکنولوژی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۱
صفحه: ۹۳ تا ۱۰۳

چکیده

هدف از این تحقیق تجزیه آثار متقابل ژنوتیپ و محیط روی عملکرد دانه لاین‌ها و ارقام جو، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل شوری با عملکرد پایدار و نیز ارزیابی ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و آثار متقابل آنها با استفاده از آماره‌های پایداری مختلف بود. این پژوهش به صورت دو آزمایش جداگانه یکی تحت تنش شوری و دیگری بدون تنش، طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۲ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور اجرا شد. هر آزمایش شامل ۱۷ رقم و لاین امیدبخش جو بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. بر اساس پارامترهای پایداری روش رگرسیونی ابرهارت و راسل ارقام فجر۳۰، نیک و لاین امیدبخش MBS82-4 واجد سازگاری مطلوب بودند. با استفاده از روش گزینش همزمان عملکرد و پایداری به ترتیب ارقام فجر۳۰، MBS82-5، MBS87-12، ریحان، والفجر و نیک گزینش شدند. نتایج حاصل از تجزیه امی روی عملکرد دانه نشان داد که اثرات اصلی ژنوتیپ، محیط، اثرات متقابل آنها و دو مؤلفه اول اثر متقابل معنی‌دار بودند. نمودار بای‌پلات امی قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های پایدار و محیط‌های با قدرت تفکیک بالا از محیط‌های ضعیف بود. برای محیط شور ژنوتیپ‌های فجر۳۰ و MBS87-12 در هر دو سال زراعی بهترین ژنوتیپ‌ها با سازگاری ویژه بودند.

واژه‌های کلیدی: آثار متقابل ژنوتیپ × محیط، سازگاری، جو، عملکرد

مقدمه

جو (*Hordeumvulgare* L.) یکی از مهم‌ترین غلات می‌باشد که بعد از گندم بیشترین سطح زیر کشت را در ایران به خود اختصاص داده است. این محصول دارای دامنه انتشار و سازش اقلیمی وسیعی بوده به‌طوری‌که گسترده‌ترین دامنه کشت در این گیاه دیده می‌شود (۳). شوری منابع آب و خاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است و پس از خشکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است (۱۸). هر دو تنش شوری و خشکی، آب قابل دسترس برای گیاهان را کاهش می‌دهند و آنها روی پروسه‌های مختلفی که عملکرد را در گونه‌های مختلف تعیین می‌کند، اثر مشابهی دارند (۱۸). برای استفاده از اراضی شور و همچنین کشت محصولات در مناطق خشک، بهترین راه استفاده از گونه‌ها و ارقام متحمل می‌باشد. به همین دلیل لزوم به کارگیری معیارهای مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌ها ضروری است (۲۲). معرفی لاین‌هایی با عملکرد بالا و پایدار برای مناطق مختلف با شرایط آب و هوایی متنوع یکی از راه‌های افزایش تولید جو است (۲۲).

وجود آثار متقابل ژنوتیپ و محیط مهم‌ترین چالش فراروی بهنژادگران گیاهی است. تفسیر آثار متقابل، شناسایی محیط‌های هدف و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب با سازگاری خصوصی و عمومی برای محیط‌های مورد مطالعه و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در سال‌های مختلف از اهداف مهم در بررسی ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و محیط‌های مختلف می‌باشد. پدیده اثر متقابل ژنوتیپ-محیط به به‌نژادگران گیاه کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، مکان‌های غیرضروری را حذف نموده و در نتیجه موجب کاهش بیشتر هزینه‌ها شوند (۴،۱۵،۲۶). پارامترهای زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ-محیط ارائه شده است. استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون (۷،۹)، در زمره اولین روش‌های مورد استفاده است. سایر روش‌های آماری از جمله روش AMMI[۱] (۱۰) و مدل SREG[۲] یا GGE biplot[۳] (۳۳) نیز زیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ضمن این‌که برای تعیین مدل پایداری، معیارهای ناپایداری هان (۱۱) که مبتنی بر تغییر مرتبه ارقام می‌باشند و روش مجموع رتبه کنگ (۱۳،۱۷) که از جمله روش‌های ناپارامتری هستند می‌توانند معیارهای معتبری برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر باشند. یک روش تجزیه رگرسیونی دیگر توسط تای (۳۱) ارائه شد که بر مبنای امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییرات جدول تجزیه واریانس می‌باشد. در این روش بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف از طریق اثرهای ژنوتیپی انجام می‌شود ولی در روش رگرسیون فینلی و ویلکینسون (۹) و ابرهارت و راسل (۷) از اثرهای فنوتیپی استفاده گردیده است. به عبارت دیگر، روش رگرسیون تای (۳۱) همان روش رگرسیونی ابرهارت و راسل است با این تفاوت که از یک وزنی که بر مبنای امیدریاضی داده‌هاست پارامترهای رگرسیونی ابرهارت و راسل تصحیح شده و پارامترهای رگرسیونی تای محاسبه می‌شوند. دو پارامتر α و λ در رگرسیون تای اهمیت زیادی در توجیه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط دارند که α ضریب رگرسیون و λ انحراف از خط رگرسیون می‌باشد. مقدار بهینه α برابر با ۱- و متوسط آن صفر و مقدار بهینه λ برابر با ۱ می‌باشد. به عبارت دیگر، چنانچه ژنوتیپی دارای ضریب رگرسیون ۱- و انحراف از رگرسیون ۱ باشد، پایداری آن ژنوتیپ کامل می‌باشد. همچنین اگر ژنوتیپی ضریب رگرسیون صفر و انحراف از رگرسیون ۱ داشته باشد، پایداری متوسطی خواهد داشت. علاوه بر آن در روش رگرسیونی تای یک نمودار هذلولی

1- Additive Main Effect and Multiplicative Interaction
2- Site Regression
3- Genotype + Genotype-by Environment

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

را داراست. ریک (۳۲) پیشنهاد کرد که از اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای هر ژنوتیپ به‌عنوان پارامتر پایداری استفاده شود؛ به‌طوری‌که این اثر برای هر ژنوتیپ مجذورشده و در همه محیط‌ها جمع شود. این پارامتر پایداری با نام اکووالانس ریک (w_i)، مستقیماً به اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مربوط شده و به‌منظور تعیین سهم هر ژنوتیپ در مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط محاسبه می‌گردد. محققین چندین روش برای بررسی همزمان عملکرد و پایداری ارائه کردند (۸،۱۳،۱۴). کانگ (۱۳) روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری را براساس واریانس پایداری شوکلا ارائه و مورد استفاده قرار داد. این روش تلفیق پایداری با عملکرد برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا است و هر دو صفت عملکرد و پایداری تواماً در نظر گرفته می‌شوند تا اثر ژنوتیپ و محیط کاهش یافته و گزینش‌ها دقیق‌تر و قابل ارزیابی شوند. در این روش وزنه‌های برابری برای عملکرد و پایداری در نظر گرفته می‌شود. همچنین در این روش قابلیت تعیین مقادیر اشتباه نوع اول و دوم برای جزء عملکرد و جزء پایداری وجود دارد. کانگ (۱۳) آماره جدید را به عنوان آماره عملکرد- پایداری[1](YSi) نام‌گذاری نمود. روش امی، یک روش چند متغیره آماری می‌باشد که آثار جمع پذیر ژنوتیپ، محیط و آثار ضرب پذیر ژنوتیپ × محیط را توجیه نموده و تفسیر خوبی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه می‌نماید (۶). اگر از جزء جمع پذیر مدل، بدون در نظر گرفتن اثر متقابل برای توجیه واریانس آزمایش‌ها استفاده شود، مدل مذکور را امی صفر و اگر از جزء ضرب پذیر امی که اثر متقابل را نیز در نظر می‌گیرد استفاده شود بسته به این که از کدام مؤلفه استفاده شود، مدل امی ۱ تا امی F نامیده می‌شود (۱۰). مؤلفه‌های امی، معیار معتبری برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها و ارتباط بین ژنوتیپ‌ها و محیط می‌باشند. اگر چندین مؤلفه از مؤلفه‌های اثر متقابل در مدل امی از لحاظ آماری معنی‌دار باشند، نشان دهنده وجود اثر متقابل پیچیده ژنوتیپ × محیط می‌باشد (۱۰). با استفاده از مدل امی، یک پارامتر پایداری معتبر توسط پرکاس (Purchase, 1997) برای پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شد که آن‌را ارزش پایداری امی[2] (ASV) می‌نامند و در آن از دو مؤلفه اول امی برای این روش استفاده می‌گردد. همچنین از اکووالانس ریک به منظور تعیین سهم محیط‌ها در اثر متقابل می‌توان استفاده نمود (۱۲).

شاه‌محمدی و همکاران (۲۷) به‌منظور تعیین پایداری عملکرد نوزده ژنوتیپ پیشرفته جو در مناطق سردسیر کشور، از پارامترهای پایداری واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب رگرسیون خطی و چند پارامتر پایداری دیگر استفاده نمودند. آن‌ها در مجموع با در نظر گرفتن تمام روش‌های تجزیه پایداری، یک ژنوتیپ را به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ گزارش نمودند. آلبرت (۲) در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و برای تعیین پایداری هیبریدهای ذرت روش‌های مختلف پایداری را با هم مقایسه کرد ولی در نهایت مدل امی را مناسب‌ترین روش برای تجزیه پایداری معرفی کرد. شومن (۲۵) برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آفتابگردان از روش‌های مختلف پایداری استفاده نمود و بیان داشت که مدل امی نه تنها پایدارترین ژنوتیپ‌ها را معرفی می‌کند، بلکه می‌تواند بیانگر سازگاری خصوصی ارقام نیز باشد.

بنابراین هدف از این پژوهش: تجزیه آثار متقابل ژنوتیپ × محیط و بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و انتخاب ژنوتیپ جو پایدار به محیط‌های مورد مطالعه با استفاده از روش‌های تجزیه پایداری چند متغیره و تک متغیره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت دو آزمایش جداگانه یکی تحت تنش شوری و دیگری بدون تنش، طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۲ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور (طول جغرافیایی′۴۶ و °۵۸ شرقی، عرض جغرافیایی ′۱۴ و °۳۶ شمالی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. هر آزمایش شامل ۱۷ رقم و لاین امیدبخش جو بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. مشخصات ارقام در جدول ۱ آورده شده است. هر کرت شامل ۶ خط با فواصل ۲۰ سانتی‌متر و طول ۲ متر بود. هدایت الکتریکی[3] آب آبیاری در شرایط نرمال حدود $0/7\ dsm^{-1}$ و در شرایط شور حدود $11-12dsm^{-1}$ بود که از طریق حل کردن نمک NaCl در آب، این میزان EC حاصل شد. در آزمایش تنش شوری بعد از هر آبیاری عصاره اشباع خاک تهیه شده و EC آن اندازه‌گیری می‌شد تا EC خاک کنترل گردد. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول۲ آورده شده است. تراکم بذر، ۳۵۰ دانه در متر مربع برای هر دو آزمایش در نظر گرفته شد. کود استفاده شده قبل از کشت شامل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم و در مرحله پنجه‌زنی ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم بود.

1-Yield-Stability 2- AMMI Stability Value 3- Electrical Conductivity=EC

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

جدول ۱- نام و شجره ارقام و لاین‌های امیدبخش جو مورد بررسی

Table 1. Name and pedigree of cultivars and promising lines of barley

شماره	ژنوتیپ	شجره	واکنش به تنش
۱	ریحان	Rihane	متحمل خشکی
۲	ریحان۰۳	Rihane03	
۳	افضل	Chah Afzal	متحمل شوری
۴	فجر۳۰	Lignee131/Gerbel//Alger×Jonoob	
۵	کویر	Arivat	متحمل خشکی
۶	MBS82-4	LB.Iran/una8271//Gloria”s”/Come”s”/3/Kavir	متحمل شوری
۷	MBS82-5	73-M4-70	متحمل شوری
۸	MBS87-12	Roho/Mazorka//Trompi	متحمل شوری
۹	MBS87-15	Afzal/Lignee527	متحمل شوری
۱۰	MBS87-19	CWB117-5-9-5/Rojo2	متحمل شوری
۱۱	والفجر	CI-108985	
۱۲	بهمن	CWB111-5-905	
۱۳	یوسف	Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/DeirAlla 106//Dl71/Strain 205	متحمل خشکی
۱۴	ماکویی	Star	
۱۵	نیک	Lignee527/NK1272//JLB70-63	
۱۶	نصرت	Karoon/Kavir	
۱۷	L527	Lignee 527	حساس به شوری

جدول ۲- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Soil properties of experiment site

سال	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	رس	سیلت	شن	کربنآلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۱۴-۲۰۱۳	۷/۶	۰/۶۸	۲۴	۵۶	۲۰	۰/۳۳	۰/۰۸	۱۰	۳۵۷

مقایسه میانگین عملکرد دانه به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن[1](DMRT) در سطح احتمال α=۰/۰۵ انجام گرفت. قبل از تجزیه پایداری، یک‌نواختی واریانس خطاهای آزمایش با استفاده از آزمون لون[2] بررسی گردید و سپس تجزیه پایداری روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف انجام شد. آماره‌های پایداری تک متغیره شامل واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i)، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (b_i)، میانگین مربعات انحراف ازخط رگرسیون ابرهارت و راسل (S^2d_i)، ضریب تبیین پینتوس ($R2_i$) و پارامترهای پایداری تای (α_i و λ_i) بودند. همچنین روش رتبه‌بندی همزمان عملکرد و پایداری تحت عنوان آماره عملکرد پایداری کنگ (YS_i) برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی محاسبه گردید. نحوه محاسبه آماره‌های فوق غیر از آماره عملکرد پایداری (YS_i) در مقاله لین و همکاران (۱۹۸۶) ذکر شده است. همچنین نحوه محاسبه آماره عملکرد- پایداری (YS_i) در مقاله کانگ (۱۳) شرح داده شده است.

به‌منظور تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی از روش چند متغیره مدل امی و از مؤلفه‌های اثر متقابل اول و دوم امی ($IPCA_1$, $IPCA_2$) به‌عنوان پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده گردید (۲). همچنین از مدل بای‌پلات امی جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها استفاده شد. بای‌پلات‌ها به دلیل نمایش گرافیکی واکنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در پدیده اثر متقابل ابزارهای مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط می‌باشند (۳۰). به‌منظور تحلیل بهتر آثار متقابل از آماره‌های پایداری امی (ASV) (۲۴) و اکووالانس ریک (W^2i) (۳۲) استفاده گردید. آماره ASV به دلیل این که آثار دو مؤلفه اول اثر متقابل را به‌طور هم زمان مورد بررسی قرار می‌دهد نقش مهمی در تفسیر نتایج تجزیه امی دارد. ژنوتیپ‌ها و محیط‌های با مقادیر کم پارامتر ASV پایدار و با مقادیر بیشتر ناپایدار خواهند بود (۲۴). پارامتر پایداری اکووالانس ریک (W^2i) که کمتر بودن آن برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان‌دهنده پایداری بیشتر آنها و سهم کمتر در اثر متقابل می‌باشد جهت کمک در تفسیر نتایج مورد استفاده قرار گرفت. جهت تجزیه پایداری روش‌های تک متغیره از برنامه‌های SAS و EXCEL و جهت تجزیه امی از نرم‌افزار GenStat استفاده شد.

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی لاین‌های امیدبخش و ارقام جو در محیط‌ها و سال‌های مختلف تجزیه واریانس مرکب عملکرد حاصل از دو محیط و دو سال انجام شد. نتایج به دست آمده از تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، محیط، اثر متقابل محیط × سال، ژنوتیپ × محیط، ژنوتیپ × سال، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط × سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول

1- Duncan’s multi-range test

2- Leven,s test

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

۳). معنی‌دار بودن اثر سال و محیط نشان‌دهنده اختلاف شرایط محیطی در سال‌ها و محیط‌های مورد آزمایش بوده و معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی است. در تجزیه واریانس مرکب با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ ×محیط× سال، می‌توان استنباط کرد که ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها و سال‌های مختلف دارای تغییراتی بوده و برای بررسی دقیق‌تر اثر متقابل و پیدا کردن ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار در شرایط محیطی مختلف باید تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها در شرایط محیط‌های مورد بررسی انجام شود. در مطالعات کانگ و همکاران (۱۶) بر روی پنج ژنوتیپ ذرت، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط درتمام آزمایش‌ها معنی‌دار بود. آنها خاطر نشان کردند زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار است انتخاب بر اساس عملکرد به تنهایی کافی نمی‌باشد. آزمایشات شاه‌محمدی (۲۷) نیز حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار سال × ژنوتیپ × مکان برای ژنوتیپ‌های جو بوده است. در آزمایش‌های دارای محیط و سال یکی از مشکلات اساسی ارزیابی ژنوتیپ‌ها این است که اثر محیط می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای از سالی به سال دیگر متغیر باشد و این عمل به وسیله معنی‌دار شدن اثر متقابل محیط × سال در جدول تجزیه واریانس مشخص می‌شود. مقایسه میانگین مرکب ژنوتیپ‌ها در دو محیط و دو سال نشان داد که لاین MBS82-5 و بعد از آن رقم فجر۳۰ به همراه لاین MBS87-12 بیشترین عملکرد را دارا بودند. قبل از هر گونه انتخاب و توصیه لازم بود میزان پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های تجزیه پایداری مشخص شود تا ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار شناسایی شوند.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب دو ساله عملکرد در دو محیط آزمایش

Table 3. Combined variance analysis of yield in two years and two environment

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد دانه (تن در هکتار)
سال	۱	۵۱/۴**
محیط	۱	۱۳۱/۹**
محیط× سال	۱	۱/۲۲**
تکرار/ (محیط × سال)	۸	۰/۲۲۵
ژنوتیپ	۱۶	۳/۶۳**
ژنوتیپ ×محیط	۱۶	۰/۹۹۴**
ژنوتیپ × سال	۱۶	۳/۴۵**
ژنوتیپ × محیط × سال	۱۶	۱/۱۰۳**
خطا	۱۲۸	۰/۲۵۶

روش رگرسیونی

یکی از رایج‌ترین روش‌های تجزیه پایداری روش رگرسیونی است. تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها بر اساس ابرهارت و راسل (۷) انجام و مشاهده شد که منابع تغییر ژنوتیپ و محیط معنی‌دار بودند. معنی‌دار شدن واریانس محیط خطی حاکی ازآن است که تغییرات عملکرد محیط‌ها از روند خطی قابل توجهی برخوردار می‌باشند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خطی معنی‌دار نشد که نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار شیب خط رگرسیون ژنوتیپ‌ها با یکدیگر است (جدول ۴). از بین ۱۷ ژنوتیپ مورد بررسی، ضرایب رگرسیون لاین MBS87-15 و رقم والفجر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با یک داشتند و کوچک‌تر از یک بودند. به طور کلی ژنوتیپ‌هایی که دارای شیب کمتر از یک هستند حساسیت کمتری نسبت به تغییرات محیطی دارند؛ یعنی این ژنوتیپ‌ها به محیط‌های دارای عملکرد پایین، سازگاری خصوصی دارند. ضرایب رگرسیون سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری با یک نداشتند که بیانگر سازگاری عمومی در این لاین‌هاست. مزیت استفاده از b_i (ضریب رگرسیون) آن است که فاقد واحد اندازه‌گیری است. متوسط مربعات انحراف یا انحرافات از رگرسیون میانگین ژنوتیپ‌ها بر روی شاخص محیطی (S^2_{di}) سهم هر ژنوتیپ در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توضیح می‌دهد (جدول ۵). بر اساس پارامتر نوع سوم (S^2_{di}) اگر ژنوتیپی دارای انحراف از خط رگرسیون صفر یا حداقل باشد آن رقم پایدار است. بر این اساس ارقام فجر ۳۰، MBS82-4، MBS87-15, MBS87-19، والفجر و نیک، انحراف از رگرسیون غیرمعنی‌دار داشتند. از بین ژنوتیپ‌های مذکور، ارقام فجر۳۰، نیک و لاین امیدبخش MBS82-4 با داشتن ضریب رگرسیون معادل یک و ضریب تبیین بسیار بالا، واجد سازگاری مطلوب بودند. سایر ارقام و لاین‌های امیدبخش مورد بررسی، دارای واریانس انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار بودند یعنی تغییرات عملکرد این ژنوتیپ‌ها در طول تغییرات خطی با شاخص محیطی دارای نوساناتی بوده است. دشتکی و همکاران (۵) به علت معنی‌دار نبودن مجذور انحرافات از خط رگرسیون (S^2_{di}) برای اکثر ژنوتیپ‌ها و قرار گرفتن کلیه ژنوتیپ‌ها حول محور b=1، از این پارامتر نتوانستند برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کنند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

جدول ۴- تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو با استفاده از روش Eberhart & Russell

Table 4. Yield stability analysis of barley genotypes using Eberhart & Russell method

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	میانگین مربعات
کل	۶۷	۱۱۰/۴۵	–
واریته	۱۶	۱۹/۳۵۸	۱/۲۰۹۸*
محیط+واریته×محیط	۵۱	۹۱/۰۸۹	۱/۷۶۱**
محیط(خطی)	۱	۶۱/۵۱	۶۱/۵۱**
واریته×محیط خطی	۱۶	۷/۴۷	۰/۴۶۷ns
انحراف کل	۳۴	۲۲/۱۰۹۱	۰/۶۵
انحراف ریحان	۲	۰/۶۲۲	۰/۳۱۱*
انحراف ریحان۰۳	۲	۰/۷۲۹	۰/۳۶۵*
انحراف افضل	۲	۱/۵۸۸	۰/۷۹۴**
انحراف فجر۳۰	۲	۰/۱۴۴	۰/۰۷۲ns
انحراف کویر	۲	۰/۷۵۵	۰/۳۷۸*
انحراف MBS82-4	۲	۰/۱۶۳	۰/۰۸۱۲ns
انحراف MBS82-5	۲	۰/۶۳۰	۱/۳۱۵**
انحراف MBS87-12	۲	۱/۰۷۷	۰/۵۳۹**
انحراف MBS87-15	۲	۰/۱۱۲	۰/۰۵۶ns
انحراف MBS87-19	۲	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۴۸ns
انحراف والفجر	۲	۰/۱۴۳	۰/۰۷۲ns
انحراف بهمن	۲	۱/۵۹۸	۰/۷۹۹**
انحراف یوسف	۲	۳/۵۵۵	۱/۷۷۸**
انحراف ماکویی	۲	۳/۷۴۸	۱/۸۷۴**
انحراف نیک	۲	۰/۱۱۳	۰/۰۵۶ns
انحراف نصرت	۲	۴/۴۳۷	۲/۲۱۸**
انحرافL527	۲	۰/۶۸۶	۰/۳۴۳*
اشتباه کل	۱۲۸	۱۰/۹۲۵	۰/۰۸۵۴

جدول ۵- پارامترهای مختلف پایداری در ژنوتیپ‌های مختلف جو

Table 5. Stability parameters of different barley genotypes

ژنوتیپ	R_i^2	b_i	S_e^2	$\sim_i$	a_i
ریحان	۰/۸۱۶	۰/۸۷۴ns	۰/۲۲۶	−۰/۱۲۶	۲/۵۹۵
ریحان۰۳	۰/۹۱۱	۱/۴۴۳ns	۰/۲۷۹	۰/۴۴۵	۲/۹۷۵*
افضل	۰/۲۹	۰/۴۲۵۶۵ns	۰/۷۰۷	−۰/۵۷۶	۰/۶۴۹**
فجر۳۰	۰/۹۶۸	۱/۰۹۴۵ns	−۰/۰۱۳	۰/۰۹۵	۰/۵۸۶
کویر	۰/۸۹۳	۱/۳۱۸۵ns	۰/۲۹۲	۰/۳۱۹	۳/۰۹۶*
MBS82-4	۰/۹۲۷	۰/۷۵۵۶۹ns	−۰/۰۰۴	−۰/۲۴۵	۰/۷۰۰۹
MBS82-5	۰/۴۹۳	۰/۸۴۲ns	۱/۲۳	−۰/۱۵۹	۱۰/۹۲۵**
MBS87-12	۰/۷۷۱	۱/۰۰۰۷۱ns	۰/۴۵۳	۰/۰۰۰۷۱	۴/۴۶۷*
MBS87-15	۰/۸۶۸	۰/۴۵۲۲*	−۰/۰۲۹	−۰/۵۴۹	۰/۵۲۶
MBS87-19	۰/۹۹۸	۱/۲۰۴*	−۰/۰۸۱	۰/۲۰۵	۰/۰۱۷۴
والفجر	۰/۸۱۸	۰/۴۲۲*	−۰/۰۱۴	−۰/۵۸	۰/۶۵۸
بهمن	۰/۷۱۹	۱/۰۶۴ns	۰/۷۱۳	۰/۰۶۴	۶/۶۱۹**
یوسف	۰/۶۰۸۷	۱/۲۳۶ns	۱/۹۹۲	۰/۲۳۷	۱۴/۷۱۷**
ماکویی	۰/۵۲۷	۱/۰۷۴ns	۱/۷۸۸	۰/۰۷۴	۱۵/۵۳۴*
نیک	۰/۹۴۹	۰/۷۶۲ns	−۰/۰۲۹	−۰/۲۳۹	۰/۴۹۴
نصرت	۰/۶۵۸	۱/۵۳۸ns	۲/۱۳۳	۰/۵۳۹	۱۸/۳۳۹**
L527	۰/۹۲۱	۱/۴۹۱ns	۰/۲۵۷	۰/۴۳۹	۲/۷۸۹

سروش و ربیعی (۲۹) با روش ابرهارت و راسل ژنوتیپ شماره ۷۹۰۶ برنج را به‌عنوان پرمحصول‌ترین و پایدارترین لاین برای مناطق مختلف گیلان معرفی کردند. تای (۱۹۷۱) دو پارامتر پایداری α_i و λ_i که خیلی شبیه به ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون بودند را ارائه کرد بدین دلیل که وی معتقد بود آثار محیطی نمی‌توانند بدون خطا اندازه‌گیری شوند. براساس پارامترهای α_i و λ_i، ارقام ریحان، فجر۳۰، والفجر، نیک و لاین‌های MBS82-4, MBS87-15 MBS87-19 , L-527 دارای λ_i غیرمعنی‌دار بودند (جدول ۵). از بین ارقام و لاین‌های مذکور ارقام فجر ۳۰ و ریحان به ترتیب با کمترین میزان پارامتر α_i، ارقام با سازگاری عمومی مطلوب شناسایی شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری

اخیراً توجه بیشتر محققین به تلفیق پایداری با عملکرد جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار پرعملکرد معطوف شده است. در این راستا تعدادی روش گزینش همزمان پیشنهاد شده که کاربردی‌ترین آن‌ها مربوط به کانگ (۱۳،۱۶) به صورت آماره کاربردی عملکرد– پایداری (ysi) می‌باشد. مراحل و نتایج محاسبه آماره عملکرد– پایداری (ysi) کانگ (۱۳) و گزینش همزمان برای عملکرد دانه و پایداری در جدول ۶ درج شده است. ستون مربوط به رتبه تصحیح شده عملکرد این جدول، از جمع جبری رتبه عملکرد و میزان تصحیح نسبت به رتبه هر ژنوتیپ حاصل شده است. با این رتبه‌بندی عملکرد تا این مرحله، لاین MBS82-5 بیشترین عملکرد و لاین MBS87-15 کمترین عملکرد دانه را دارا بودند. در ستون مربوط به واریانس پایداری، پایداری ارقام بر اساس روش شوکلا مورد ارزیابی قرار گرفت به طوری‌که کمترین میزان واریانس بین محیط‌ها بیانگر پایدار بودن آن ژنوتیپ می‌باشد. در روش واریانس پایداری شوکلا، پایدار بودن یک ژنوتیپ، بیانگر بالا بودن عملکرد آن نمی‌باشد. لذا در روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری، آماره پایداری شوکلا به‌عنوان بخشی از کل مورد استفاده قرار گرفته است. در ستون بعدی یعنی ستون مربوط به نمرات پایداری، طبق روش کانگ (۱۳) اعداد ۸– و صفر به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن واریانس محیطی ژنوتیپ در سطح ۹۹ درصد و غیرمعنی‌دار بودن آن می‌باشد. بر طبق این آزمون ارقام ریحان، فجر۳۰، نیک و لاین‌های امیدبخش MBS87-12، MBS87-15، MBS87-19 پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند.

جدول ۶– محاسبه نمرات پایداری و عملکرد

Table 6. Calculation of stability and yield scores

ژنوتیپ	میانگین عملکرد	رتبه	تصحیح رتبه عملکرد	رتبه تصحیح شده عملکرد	واریانس پایداری	نمرات پایداری	ysi
ریحان	۴/۹۸۶	۱۴	۱	۱۵	۰/۱۸۵	۰	۱۵
ریحان۰۳	۴/۵۸۳	۴	−۱	۳	۰/۴۳۹	−۲	۱
افضل	۴/۱۱۱	۲	−۲	۰	۰/۸۸۶	−۴	−۴
فجر۳۰	۵/۶۹۱	۱۶	۳	۱۹	۰/۰۱۷۷	۰	۱۹
کویر	۴/۷۲۵	۸	−۱	۷	۰/۳۳۳	۰	۷
MBS82-4	۴/۶۳۵	۶	−۱	۵	۰/۰۸۵	۰	۵
MBS82-5	۶/۲۹۸	۱۷	۴	۲۱	۰/۸۶۶	−۴	۱۷
MBS87-12	۵/۳۰۵	۱۵	۲	۱۷	۰/۳۱۸	۰	۱۷
MBS87-15	۳/۹۰۶	۱	−۳	−۲	۰/۳۵۸	۰	−۲
MBS87-19	۴/۶۵۹	۷	−۱	۶	۰/۰۱۲	۰	۶
والفجر	۴/۹۳۹	۱۳	−۱	۱۲	۰/۴۰۹	−۲	۱۲
بهمن	۴/۶۲۰	۵	−۱	۴	۰/۴۹۶	−۲	۲
یوسف	۴/۷۹۹	۱۲	−۱	۱۱	۱/۲۱۱	−۸	۳
ماکویی	۴/۷۴۵	۹	−۱	۸	۱/۲۱۵	−۸	۰
نیک	۴/۷۶۸	۱۰	−۱	۹	۰/۰۶۵	۰	۹
نصرت	۴/۷۷۵	۱۱	−۱	۱۰	۰/۷۸۶	−۸	۲
L527	۴/۴۹۷	۳	−۱	۲	۰/۴۷۸	−۲	۰
میانگین	۴/۸۲۶						۶/۴۱۲
LSD5%	۰/۴۰۴۹						

نهایتاً در ستون ysi با جمع جبری اعداد ستون نمرات پایداری و رتبه تصحیح شده عملکرد، آماره پایداری و عملکرد (ysi) برای هر ژنوتیپ مشخص شد. با این روش به ترتیب ارقام فجر۳۰، MBS82-5، MBS87-12، ریحان، والفجر و نیک گزینش شدند. روش گزینش همزمان برای عملکرد دانه و پایداری کانگ (۱۳)، به نوعی روش شوکلا را نیز تحت پوشش قرار می‌دهد زیرا واریانس پایداری مورد استفاده در روش کانگ همان واریانس شوکلا است که در روش کانگ با عملکرد تواماً درنظر گرفته می‌شود. محفوظی و همکاران (۲۰) با استفاده از معیار ysi، ۱۰ لاین پر محصول و پایدار گندم را در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، گزینش کردند.

روش AMMI

تجزیه اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر برای عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس AMMI برای آثار اصلی افزایشی و ضرب‌پذیر در جدول ۷ آمده است. تجزیه واریانس آثار افزایشی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. دراین مدل بزرگی آثار اصلی افزایشی برای ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ترتیب ۱۷/۵۳ درصد، ۵۵/۶۷ درصد و ۲۶/۷۹ درصد مجموع مربعات کل بود (جدول ۷). بزرگی آثار محیط بیانگر متفاوت بودن

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

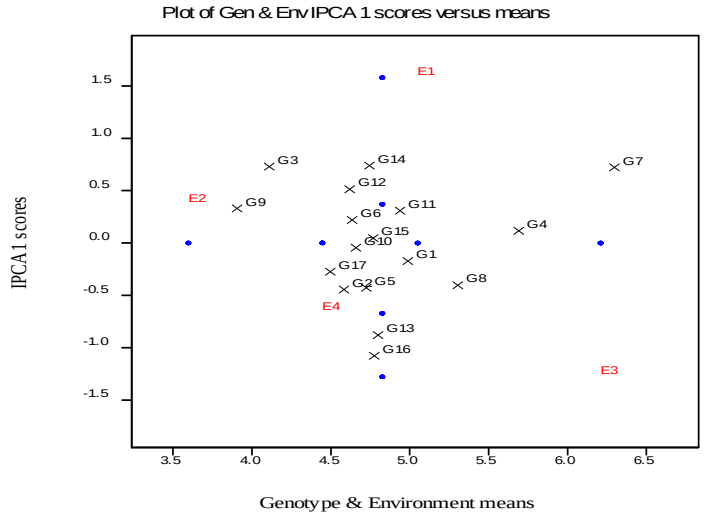
محیط‌ها بوده که باعث ایجاد تنوع در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شده است. نتایج آزمون معنی‌داری مؤلفه‌های اثرمتقابل نیز نشان داد که دو مؤلفه اول اثر متقابل مدل AMMI در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند. نتایج تجزیه واریانس غیرافزایشی نشان داد که اولین مؤلفه اثر متقابل ۷۵/۱۱ درصد و دومین مؤلفه اثرمتقابل ۱۶/۸۹ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌نمایند. این دو مؤلفه از لحاظ آماری در توجیه آثار متقابل معنی‌دار بودند. بنابراین مدل دوم AMMI (AMMI2) که شامل دو مؤلفه اول اثر متقابل و اثرات اصلی افزایشی ژنوتیپ×محیط می‌باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر استفاده از مدل دوم AMMI (AMMI2) به خوبی در تفسیر نتایج مفید می‌باشد.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثرات اصلی افزایشی و ضرب‌پذیر برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو

Table 7. Analysis of variance of additive main effects and multiplicative interactions for barley genotypes

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درصد واریانس توجیه شده
کل	۲۰۳	۱/۸۰۳	-
تیمار	۶۷	۴/۹۴۶**	۹۰/۵۷
ژنوتیپ	۱۶	۳/۶۳**	۱۷/۵
محیط	۳	۶۱/۵۱۱**	۵۵/۶۷
محیط × ژنوتیپ	۴۸	۱/۸۴۹**	۲۶/۷۹
IPCA1	۱۸	۳/۷۰۷**	۷۵/۱۱
IPCA2	۱۶	۰/۹۳۶**	۱۶/۸۹
باقی مانده	۱۴	۰/۵۰۴ns	۷/۹۹
بلوک (a)	۸	۰/۲۲۵ns	۰/۴۹
خطا	۱۲۸	۰/۲۵۶	۸/۹۶

به‌منظور بررسی روابط ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از نمایش گرافیکی بای‌پلات استفاده شد. در بای‌پلات شکل ۱ محور افقی نمایانگر آثار اصلی جمع‌پذیر یا میانگین عملکرد دانه برحسب تن در هکتار و محور عمودی آثار متقابل ضربی یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی (IPCA1) یعنی ضرایب عاملی، برای ژنوتیپ‌ها و محورها نمایش داده شده‌اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر رقم (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر محیط (محور عمودی) می‌باشد. بررسی بای پلات شکل ۱ نشان می‌دهد که ارقام یوسف، نصرت، ماکویی و افضل و همچنین محیط‌های غیر شور در هر دو سال زراعی دارای آثار متقابل بزرگ بوده و بیشترین تأثیر را در ایجاد اثر متقابل دارند. ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفته‌اند، اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند. ارقام نیک، ریحان، فجر۳۰، MBS87-19 و MBS82-4 دارای اثر متقابل کم بودند، ولی رقم فجر۳۰ به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌تواند به‌عنوان ژنوتیپ با پایداری مطلوب مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۱- بای‌پلات میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و اولین مولفه اثر متقابل در مدل AMMI2 برای ۱۷ ژنوتیپ و ۴ محیط

Figure 1. Biplot of mean of genotypes, environments and the first its principal component for 17 genotypes and 4 environments

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها

مقادیر پارامترهای ژنوتیپی و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این پارامترها در جدول ۸ آمده است. محمدی و همکاران (۲۱) از ضرایب مؤلفه‌های اصلی اثرمتقابل (IPCA) جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کردند. در تحقیق حاضر، کمترین مقادیر IPCA1 مربوط به ارقام و لاین‌های نیک، MBS87-19، فجر ۳۰ و ریحان و کمترین مقادیر IPCA2 مربوط به ارقام، کویر، MBS82-5، MBS 87-12، فجر ۳۰ و ریحان بود. بر اساس مقادیر IPCA1 و IPCA2 رقم فجر ۳۰ با میزان عملکرد مطلوب و بالا، جزء پایدارترین ژنوتیپ‌ها بود. رقم ماکویی با مقدار IPCA2 بالا و بالاترین میزان IPCA2 جزء ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بود. آماره پایداری AMMI نیز نشان داد که لاین MBS87-19 و ارقام فجر۳۰، نیک و ریحان با کمترین مقدار ASV پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. بر اساس پارامتر پایداری اکووالانس ریک، ارقام فجر ۳۰، نیک و لاین‌های MBS87-19 و MBS82-4 پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و به ترتیب با ۰/۵۹۶، ۱/۰۷، ۰/۵۴ و ۱/۲۸ درصد کمترین نقش را در اثر متقابل داشتند. در صورتی که ارقام نصرت، ماکویی و یوسف به ترتیب با ۱۸/۵۳، ۱۲/۷۴، ۱۲/۷ درصد بیشترین نقش را در اثر متقابل دارا بودند (جدول ۸).

تجزیه پایداری محیط‌ها

محمدی و همکاران (۲۱) به‌منظور تجزیه بهتر آثار متقابل ژنوتیپ×محیط از پارامترهای پایداری برای محیط‌ها استفاده کردند. مقادیر این پارامترها و رتبه‌بندی محیط‌ها بر اساس این پارامترها در جدول ۹ آمده است. جهت گزینش محیط‌های مناسب با قدرت بالا در تفکیک ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها بایستی دارای مقادیر IPCA1 بالا و IPCA2 پایین باشند. براساس این دو پارامتر، یان و همکاران (۳۵) درگندم و یان و راجکان (۳۴) در سویا، ژنوتیپ‌های پایدار به محیط‌ها و نیز محیط‌های با قدرت تفکیک ژنوتیپی بالا از سایر محیط‌ها را شناسایی کردند.

جدول ۸- میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها، ضرایب مولفه‌های اثر متقابل و آماره‌های امی و اکووالانس ریک

Table 8. Mean of genotypes yield, coefficients of interaction principle, AMMI and Wrickecovalance statistics

ژنوتیپ	میانگین عملکرد	رتبه	IPCA1	رتبه	IPCA2	رتبه	ASVi	رتبه	W_i^2	رتبه	$\%Wi^2$
ریحان	۴/۹۸۹	۴	-۰/۱۷	۳	۰/۱۷	۴	۰/۳۹۷	۴	۰/۶۷۹	۵	۲/۳
ریحان۰۳	۴/۵۸۳	۱۴	-۰/۴۴	۱۰	۰/۲۴	۷	۰/۹۵۸	۱۱	۱/۴۴	۱۰	۴/۸۷
افضل	۴/۱۱۱	۱۶	۰/۷۳	۱۳	-۰/۳۳	۸	۱/۵۷۴	۱۴	۲/۷۸	۱۴	۹/۴
فجر۳۰	۵/۶۹۰	۲	۰/۱۲	۲	۰/۱۷	۴	۰/۳۰۵	۲	۰/۱۷۶	۲	۰/۵۹۶
کویر	۴/۷۲۵	۱۰	-۰/۴۳	۹	۰/۰۹۸	۲	۰/۹۱۲	۹	۱/۱۲	۷	۳/۷۹
MBS82-4	۴/۶۳۵	۱۲	۰/۲۲	۴	-۰/۲۴	۷	۰/۵۲۲	۵	۰/۳۷۸	۴	۱/۲۸
MBS82-5	۶/۲۹۸	۱	۰/۷۲	۱۲	۰/۱۶	۳	۱/۵۲۷	۱۳	۲/۷۲	۱۳	۹/۲
MBS87-12	۵/۳۰۵	۳	-۰/۴۰	۸	-۰/۱۷	۴	۰/۸۶۰	۸	۱/۰۷	۶	۳/۶۴
MBS87-15	۳/۹۰۵	۱۷	۰/۳۳	۷	-۰/۵۳	۱۱	۰/۸۵۸	۷	۱/۱۹	۸	۴/۰۵
MBS87-19	۴/۶۵۹	۱۱	-۰/۰۵	۱	۰/۲۳	۶	۰/۲۵۳	۱	۰/۱۶	۱	۰/۵۴
والفجر	۴/۹۳۹	۵	۰/۳۱	۶	-۰/۶۴	۱۳	۰/۹۱۵	۱۰	۱/۳۵	۹	۴/۵۷
بهمن	۴/۶۱۹	۱۳	۰/۵۱	۱۱	۰/۳۸	۱۰	۱/۱۴۱	۱۲	۱/۶۱	۱۲	۵/۴۵
یوسف	۴/۷۹۹	۶	-۰/۸۸	۱۴	-۰/۲۱	۵	۱/۸۶۸	۱۶	۳/۷۶	۱۵	۱۲/۷
ماکویی	۴/۷۴۴	۹	۰/۷۳	۱۳	۰/۶۶	۱۴	۱/۶۷۵	۱۵	۳/۷۷	۱۶	۱۲/۷۴
نیک	۴/۷۶۸	۸	۰/۰۵	۱	-۰/۳۴	۹	۰/۳۵۶	۳	۰/۳۱۷	۳	۱/۰۷
نصرت	۴/۷۷۵	۷	-۱/۰۸	۱۵	۰/۰۷۷	۱	۲/۲۷۹	۱۷	۵/۴۸	۱۷	۱۸/۵۳
L527	۴/۴۹۶	۱۵	-۰/۲۷	۵	۰/۶۳	۱۲	۰/۸۴۹	۶	۱/۵۵۷	۱۱	۵/۲۷

کمترین IPCA2 محیطی مربوط به محیط غیرشور در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و بیشترین آن به محیط بدون تنش سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ تعلق داشت. محیط ایده‌آل بر اساس IPCA1 بیشتر و IPCA2 کمتر عبارت بود از محیط بدون تنش سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ (با مقدار مثبت IPCA1) بر اساس آماره پایداری محیطی ASV_J، محیط شور طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و محیط شور در فصل زراعی ۹۴-۹۳ به ترتیب بیشترین پایداری و کمترین نقش در پدیده اثر متقابل را دارا بودند. براساس پارامتر اکوالانس ریک محیط‌های غیرشور طی دوسال زراعی به ترتیب با ۴۲/۸۳ و ۳۲/۵۲ بیشترین نقش و محیط‌های شور طی دو سال زراعی به ترتیب ۹/۸۵ و ۱۴/۸ درصد کمترین نقش را در ایجاد اثر متقابل داشتند (جدول ۹).

جدول ۹- میانگین عملکرد محیط‌ها، ضرایب مولفه‌های اثر متقابل و آماره‌های امی و اکووالانس ریک

Table 9. Mean of environments yield, coefficients of interaction principle, AMMI and Wrickecovalance statistics

محیط	فصل زراعی	میانگین عملکرد	رتبه	IPCA1	رتبه	IPCA2	رتبه	ASV j	رتبه	Wi2	رتبه	$\% W_i^2$
غیر شور	۹۳-۹۲	۵/۰۵۱	۲	۱/۵۸	۴	۰/۵۶۶	۱	۳/۳۷۹	۴	۱۲/۶۷۱	۴	۴۲/۸۳
شور	۹۳-۹۲	۳/۵۹۷	۴	۰/۳۶۹	۱	-۰/۶۹۷	۲	۱/۰۴۵	۱	۲/۹۱۳	۱	۹/۸۵
غیر شور	۹۴-۹۳	۶/۲۱۰	۱	-۱/۲۸	۳	۰/۹۰۷	۴	۲/۸۴۷	۳	۹/۶۱۹	۳	۳۲/۵۲
شور	۹۴-۹۳	۴/۴۴۶	۳	-۰/۶۷	۲	-۰/۷۷۷	۳	۱/۶۱۲	۲	۴/۳۷۸	۲	۱۴/۸

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

توصیه ژنوتیپ‌ها برای محیط‌ها

تفاوت در رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ×محیط می‌باشد، به‌طوری که این اثر متقابل با معنی‌دار شدن آن از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد قابل توجه می‌باشد (جدول ۷). در جدول ۱۰، چهار ژنوتیپ توصیه شده بر اساس مدل AMMI برای هر محیط نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل، ژنوتیپ‌های MBS82-5 و فجر ۳۰ بیشترین سازگاری را به شرایط غیرشور در هر دو سال زراعی داشتند. برای محیط شور ژنوتیپ‌های فجر ۳۰ و MBS87-12 در هر دو سال زراعی بهترین ژنوتیپ‌ها با سازگاری ویژه بودند. بر اساس نتایج فوق در مجموع سال‌ها و محیط‌ها، رقم فجر۳۰ قدرت پایداری و سازگاری عمومی بالایی به محیط‌های مورد مطالعه داشت.

جدول ۱۰- گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس چهار ژنوتیپ توصیه شده در مدل امی

Table 10. Grouping environment based on four genotypes recommended in AMMI model

محیط	فصل زراعی	میانگین عملکرد	چهار ژنوتیپ توصیه شده برای هر محیط							
			G1	عملکرد	G2	عملکرد	G3	عملکرد	G4	عملکرد
غیر شور	۹۲-۹۳	۵/۰۵۱	۷	۷/۸۷۸	۱۴	۷/۸۷۸	۱۴	۶/۲۵۶	۱۲	۵/۹۳۳
شور	۹۲-۹۳	۳/۵۹۷	۷	۴/۹۰۸	۴	۴/۹۰۸	۴	۴/۲۴۰	۸	۴/۳۹۴
غیر شور	۹۳-۹۴	۶/۹۴	۸	۷/۱۴۲	۷	۷/۱۴۲	۷	۷/۱۲۱	۴	۷/۰۴
شور	۹۳-۹۴	۴/۴۴۶	۱۶	۵/۰۸	۱۳	۵/۰۸۰	۱۳	۵/۲۳۵	۸	۵/۰۲۷

در بین روش‌های تجزیه پایداری استفاده شده در این پژوهش، روش چند متغیره AMMI قادر به تفکیک محیط‌های آزمایش بود. همچنین این روش به راحتی ژنوتیپ‌های سازگار به هر محیط را شناسایی نمود. برای محیط شور ژنوتیپ‌های فجر ۳۰ و MBS87-12 در هر دو سال زراعی بهترین ژنوتیپ‌ها با سازگاری ویژه بودند. بر اساس نتایج بدست آمده از تمام روش‌ها در مجموع سال‌ها و محیط‌های آزمایش، رقم فجر ۳۰ قدرت پایداری و سازگاری عمومی بالایی به محیط‌های مورد مطالعه داشت.

منابع

1. Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi- location maize trials. MSc. Thesis. Department of Plant Sci. The University of the Free State, Bloemfontein, 100 pp.
2. Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. Euphytica, 94: 53-62.
3. Badooie Delfard, A., K. Mostafavi and A. Mohammadi. 2016. Genotype-Environment interaction and yield stability of winter barley varieties. Journal of Crop Breeding, 8(20): 99-106.
4. Basford, K.E. and M. Cooper. 1998. Genotype by environment interaction and some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. Australian Journal of Agriculture Research, 49: 154-175.
5. Dashtaki, M., A. YazdanSepas, T. NajafiMirak, M.R. Ghanadha, R. Joukar, M.R. Islampour, A.A. Moayedi, M. Nazeri, M.S. AbediOskooie, G. Aminzadeh, R. Soltani, S. Ashouri and A.R. Kouchaki. 2004. Stability of grain yield and harvest index in winter and facultative bread wheat (*triticum aestivum* l.) Genotypes**.** Seed and Plant Improvement Journal, 20(3): 263-280 (In Persian).
6. Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: I Interpretation of Genotype × environment interaction. Crop Science, 42: 489-496.
7. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1996. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
8. Eskridge, K.M. 1990. Selection of stable cultivars using a safety-first rule. Crop Science, 30: 369-374.
9. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 742-754.
10. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch (eds), Genotype- by- environment interaction. CRC Press, Boca Raton, Florida, 85-122.
11. Huhn, M. 1996. Nonparametric analysis of genotype × environment interaction by ranks. In: Kang, M. S. and H. G. Jr. Gauch (eds), *Genotype- by- environment interaction*. (pp.). CRC Press, Boca Raton. Florida, 235-271.
12. Iski, K. and J. Kleinschmit. 2005. Similarities and effectiveness of test environments in selecting and deploying desirable genotypes. Theoretical and Applied Genetics, 110: 311-322.
13. Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal, 85: 754-757.
14. Kang, M.S. and D.P. Gorman 1989. Genotype× environment interaction in maize. Agronomy Journal, 81: 662-664.
15. Kang, M.S. and R. Magari. 1996. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding.In: M.S. Kang and H. G. Zobel (eds), Genotype- by- Environment interaction, 1-14. CRC Press, Boca Raton, 11-14.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

16. Kang, M.S., D.P. Gorman and H.N. Pham. 1991. Application of a stability statistic to international maize yield trials. Theoretical and Applied Genetics, 81: 162-165.
17. Kang, M.S. 1998. Using genotype × environment interaction for crop cultivar development. Advances in Agronomy, 62: 199-252.
18. Katerji, N., J.W. Van Hoon, A. Hamdy and M. Mastrorilli. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. Agriculture Water Management, 62: 37-66.
19. Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand? Crop Science, 26: 894-900.
20. Mahfoozi, S., A. Amini, M. Chaichi, S. Jasem, M. Nazeri, M.S. AbediOskooie, G. Aminzadeh and M. Rezaie. 2009. Study on grain yield stability and adaptability of winter wheat genotypes using different stability indices under terminal drought stress conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 25(1): 65-82 (In Persian).
21. Mohammadi, R., S.S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamustinctorius* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 59: 546-553.
22. Munns, R., R.A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57: 1025-1043.
23. Pinthus, M.J. 1973. Estimate of genotype value: A personal method. Euphytica, 22: 121-123.
24. Purchase, J. 1997. Parametric analysis to describe Genotype × environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D. Thesis. University of the Free State, South Africa, 84 pp.
25. Schoeman, L.J. 2003. Genotype × environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in South Africa. MSc. Thesis, Department of Agronomy, University of the Free State, Bloemfontein, 84 pp.
26. Shafi, B., K.A. Mahler, W.J. Price and D.L. Auld. 1992. Genotype × environment interaction effects on winter rapeseed yield and oil content. Rop Science, 32: 922-927.
27. Shah Mohammai, M., H. Dehghani and M. Yousefi. 2005. Stability analysis of barley genotypes for cold zones in Iran. Agricultural and Natural Resources Sciences and Technology, 9(1): 143-154 (In Persian).
28. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
29. Soroush, H.R. and B. Rabiei. 2009. Evaluation of yield stability of rice genotypes in different locations of Guilan province. Journal of Agricultural Science, 18(4): 106-114 (In Persian).
30. Suadric, A., D. Simic and M. Vratric. 2006. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programs of South-East Europe. Plant Breeding, 125: 125-191.
31. Tai, G.C.C. 1971. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trails. Crop Science, 19: 434-438.
32. Wricke, G. 1962. Ubereine methods zurerfassung der okologischenstreubeite in feldversuchen. Pflanzenzuecht, 47: 92-96.
33. Yan, W. 2001. GGEbiplot- a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two- way data. Agronomy Journal, 93(5): 1111-1118.
34. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
35. 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]

Stability Analysis and Selection of Salinity Tolerant barley Genotypes

Majid Taherian[1], Mohammad Reza Bihamta[2], Seyyed Ali Peyghambari[3], Hooshang Alizadeh[4] and Abdolrahman Rasoulnia[5]

1- Assistant Professor, Crop Science Research Center, Agricultural Research and Education Center, Khorasan Razavi Province, Agricultural Research and Education Organization, (Corresponding author: Taherian.m@ut.ac.ir)
2, 3, 4 and 5- Respectively, Professor of Genetics and Plant Breeding, Professor of Plant Breeding and Assistant Professor of Biotechnology, Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj
Received: June 1, 2017 Accepted: June 11, 2018

Abstract

The objectives of this study were to analyze genotype by environment (GE) interactions effects on the yield of barley lines and varieties, identifying salinity tolerant genotypes with stable yield and also evaluating genotype (G), environments (E) and GE interactions using different stability parameters. The research was set up as two Randomized Complete Block design with three replications at the agriculture research station of Neishabur, Khorasan razavi, during 2013-2015. Each experiment included 17 barley varieties and promising lines. According to Eberhart and Russell stability parameters, genotypes Fajre30, Nik and MBS82-4 had general adaptation. Genotypes Fajre30, Nik, Rihan, Valfajr, MBS82-5 and Mbs87-12 were selected by Simultaneous selection for yield and yield stability (YSi) method. The results of AMMI analysis for seed yield indicated that the Genotype (G) main effects, environment (E), and GE interactions as well as two first interaction principal components (IPCA1-2) were significant. AMMI biplot was able to distinguish stable genotypes and environments with high discrimination ability from low ones. According to the AMMI analysis, genotypes MBS87-12 and Fajre30, with seed yield higher than grand mean, were the most stable genotypes and with high specific adaptation to the saline environment.

Keywords: Adaptability, Barley, Genotype×environment interaction, Yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-08-23]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.93]