دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های یولاف زراعی با استفاده از مدل AMMI

سید مهدی صفوی[1] و صحبت بهرامی نژاد[2]

۱- دانش‌آموخته دکتری اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، (نویسنده مسوول: sohbah72@hotmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۴

چکیده

در این بررسی ۲۱ ژنوتیپ یولاف زراعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ۱۳ محیط (ترکیب سال-مکان) در طی سال‌های ۱۳۹٤-۱۳۸۸ موردبررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های مطالعه شده، اختلاف بسیار معنی‌داری (P≤0.01) با یکدیگر دارند همچنین اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بر این اساس برای بررسی اثر متقابل و مشخص کردن ژنوتیپ‌های پایدار، از مدل AMMI استفاده شد. با توجه به مقادیر عددی مؤلفه‌های اثر متقابل ژنوتیپی و رتبه ژنوتیپ‌ها، مشخص شد که ژنوتیپ‌های ٦، ۸، ۲۰، ۱۲، ۱۸، ۲۱ و ۱ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بوده‌اند. همچنین طبق شاخص ارزش پایداری امی (ASV) به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲۰، ٦، ۸، ۱، ۲۱، ۱۸، ۹ و ۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تعیین گردیدند. جهت بررسی پایداری و پتانسیل عملکرد بالای دانه به‌طور همزمان از نمودار AMMI1 استفاده گردید. از میان ژنوتیپ‌های پایدار ژنوتیپ‌های ۲۱ و ٦ علاوه بر پایداری عملکرد از میزان عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردار بودند. بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را جهت معرفی به‌عنوان ارقام جدید یا برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی : یولاف زراعی، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، مدل AMMI و پایداری عملکرد

مقدمه

یولاف زراعی (*Avena sativa* L.) با نام انگلیسی Oat گیاهی از تیره غلات است که در اغلب نقاط دنیا برای تغذیه انسان و دام مورداستفاده قرار می‌گیرد (۱،۲۰،۲۲). بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۳ بیش از ۱۰ میلیون هکتار از زمین‌های زیر کشت دنیا، زیر کشت یولاف بوده است که با میانگین عملکرد حدود ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۲۳/۳ میلیون تن را به خود اختصاص داده است. بیشترین سطح زیر کشت و تولید مربوط به کشورهای توسعه‌یافته‌ای همچون روسیه (مجموعه کشورهای شوروی سابق)، کانادا، استرالیا، فنلاند و ... می‌باشد. متأسفانه ایران ازنظر تولید یولاف در جهان جایگاهی ندارد و این در حالی است که این گیاه زراعی در کشورهای همسایه ایران همانند ترکیه، ارمنستان، آذربایجان و حتی عراق نیز کشت و کار می‌شود (۷). وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مهم‌ترین چالش فراروی به نژادگران گیاهی است. تفسیر اثر 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 مکان‌های مختلف است. مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، حذف مکان‌های غیرضروری و در نتیجه کاهش عمده هزینه‌ها به نژادگران گیاهی کمک می‌کند (۵،۱۲،۲۳). روش‌های زیادی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط وجود دارد، این روش‌ها به دو دسته اصلی تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند (۲۶). برای درک همه جنبه‌های مختلف اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده از روش‌های آماری تجزیه چند متغیره ضروری است. این روش‌ها برخلاف روش‌های پارامتری تک متغیره که سعی دارند پاسخ و عکس‌العمل ژنوتیپ به محیط را از طریق محاسبه یک شاخص پایداری نشان دهند، پاسخ را به‌صورت چند متغیره موردبررسی قرار می‌دهند (۸). روش‌های چند متغیره اکنون به میزان زیادی در اصلاح نباتات به کار گرفته می‌شوند، به‌عنوان مثال پرکینز (۲۱) از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و لین و تامسون (۱۴) از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از حیث پایداری بهره بردند. یکی از آماره‌های پارامتری چند متغیره، مدل تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و برهمکنش ضرب‌پذیر (AMMI)[1] است که ابزاری بسیار قوی را در تجزیه و تفسیر ماتریس‌های بزرگ ژنوتیپ × محیط فراهم می‌کند. روش اثرات اصلی جمع‌پذیر و برهم‌کنش ضرب‌پذیر (AMMI) با قابلیت پیش‌بینی برای جداول تجزیه دو طرفه پیشنهاد شد (۸). در این روش بر خلاف تجزیه به مؤلفه‌های اصلی محاسبات به‌جای داده‌های اصلی بر روی مقادیر اثرات متقابل صورت می‌گیرد. به‌منظور تفکیک بین AMMI و PCA پارامترهای ضرب‌پذیر AMMI را با IPCA نشان می‌دهند. با استفاده از نمودار پلات دوگانه تجزیه AMMI هم‌ژنوتیپ‌ها و هم‌مکان‌ها در یک اسکترگرام نمایش داده می‌شوند و تفسیر اثرات متقابل مکان‌های خاص میسر می‌گردد. در اصلاح

1- Additive main effect and the multiplicative interaction analysis

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]

[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]

نباتات این روش روی دقت برآوردهای عملکرد ژنوتیپی در آزمایش‌های چند مکانی تأثیرگذار است. این برآورد دقیق به‌صورت ارزیابی و پیشگویی از طریق تفکیک داده‌ها به داده‌های مدل‌ساز و داده‌های اعتبار نظریه و در ضمن مقایسه داده‌های مورد انتظار به‌دست‌آمده از طریق مدل با داده‌های اعتباری صورت می‌گیرد (۱۲،۶). مدل آماری AMMI به شکل زیر ارائه‌شده است:

$$X_{ijo} = \alpha + \alpha_i + Y_j + \sum_{n=1}^{N} a_{in} \gamma_{jn} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

که در آن X_{ijo} میانگین ژنوتیپ، μ میانگین کل، α_i اثر ژنوتیپ، Y_j اثر محیط، λ_n مقدار منفردی است که جذر λ_k یعنی یک مقدار ویژه است، پس $a_n = \sqrt{a_k}$ می‌باشد، ρ_{ij} اثر نویز است که تفاوت مقدار برآورد شده با مقدار واقعی را نشان می‌دهد و ε_{ijk} مقدار باقیمانده است. در این مدل α_{in} بردار ویژه ژنوتیپ و γ_{jn} بردار ویژه محیط است. مدل امی تلفیقی از دو مدل تجزیه واریانس مرکب و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌باشد، یعنی مرکب از دو مدل جمع‌پذیر و ضرب پذیر است و لذا ایرادات و معایب هیچ‌یک از دو روش بیان‌شده را ندارد و به همین دلیل به آن AMMI گویند (۸). محمدی نژاد و رضایی (۱۸) از روش AMMI به‌منظور تعیین پایداری ۹ ژنوتیپ یولاف در ۶ محیط (شرایط مختلف رشد و نمو، شامل ۳ تاریخ کاشت و ۳ تراکم کاشت متفاوت) استفاده کردند، طبق نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه ۷۰ در صد از تنوع موجود توسط ۲ مؤلفه اصلی اول توجیه شد . ژانگ ژی و همکاران (۲۹) نیز با استفاده از روش AMMI پایداری ارقام یولاف را بررسی و ژنوتیپ‌های دارای بیشترین و کمترین پایداری را مشخص کردند.

تقی‌زاده و همکاران با بررسی پایداری ارقام جو سردسیر با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره طی دو سال نشان دادند که ارقام EC88-07 و EC86-10 از پایداری عملکرد بیشتری برخوردارند (۲۴).

آقاخانی آبادی و همکاران (۲) ۲۰ لاین امیدبخش یولاف را به‌منظور ارزیابی و مقایسه عملکرد و تعیین بهترین ارقام پر محصول و سازگار مطالعه کردند. نتایج تجزیه واریانس مرکب حاکی از وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین سال‌های آزمایش و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در ۲ سال آزمایش بود، در ضمن برای معرفی پایدارترین ژنوتیپ‌ها از آزمون‌های غیر پارامتری استفاده کردند.

کلاته جاری و همکاران با مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ارقام آزاد گرده‌افشان آفتابگردان نشان دادند که محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ با محیط به ترتیب بیشترین سهم از مجموع مربعات کل داده‌ها را به خود اختصاص می‌دهند (۱۱).

هدف از انجام این تحقیق، شناسایی و تعیین ارقام دارای پایداری عملکرد دانه و سازگار به شرایط استان کرمانشاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های حاصل از آزمایش‌های انجام‌شده در چهار منطقه (کرمانشاه، سرپل‌ذهاب، اسلام‌آباد غرب و ایلام)، درمجموع ۱۳ محیط (ترکیب سال- مکان) طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ انجام شد. مشخصات و اطلاعات هریک از این محیط‌ها در جدول ۱ نمایش داده‌شده است.

جدول ۱- مشخصات مکان‌های اجرای آزمایش

Table 1. Charastictics for trial locations

کد محیط	سال	مکان	وضعیت
E1	۱۳۸۸/۸۹	کرمانشاه	دیم
E2	۱۳۸۸/۸۹	کرمانشاه	تنش بعد از گلدهی
E3	۱۳۸۸/۸۹	کرمانشاه	آبی
E4	۱۳۹۱/۹۲	اسلام آبادغرب	آبی
E5	۱۳۹۰/۹۱	سرپل ذهاب	آبی
E6	۱۳۹۰/۹۱	سرپل ذهاب	دیم
E7	۱۳۹۱/۹۲	کرمانشاه	دیم
E8	۱۳۹۲/۹۳	کرمانشاه	تنش بعد از گلدهی
E9	۱۳۹۲/۹۳	کرمانشاه	دیم
E10	۱۳۹۳/۹۴	ایلام	آبی
E11	۱۳۹۳/۹۴	کرمانشاه	دیم
E12	۱۳۹۳/۹۴	کرمانشاه	تنش بعد از گلدهی
E13	۱۳۹۳/۹۴	کرمانشاه	آبی

این تحقیق با ۲۱ ژنوتیپ یولاف زراعی تهیه شده از بانک ذر استرالیای جنوبی (جدول ۲) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و در ۳ زمان مختلف شامل شرایط آبی، تنش بعد از گلدهی و دیم در ۱۳ محیط اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول ۲ متر با تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. تنش خشکی در هنگام گلدهی انجام شد که تا مرحله برداشت ادامه داشت اما در شرایط بدون تنش تا زمان رسیدن فیزیولوژیک در سه نوبت آبیاری صورت گرفت. در طول اجرای طرح از هیچ نوع کودی استفاده نشد و کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. تجزیه واریانس ساده برای عملکرد دانه انجام شد و آزمون بارتلت به‌منظور یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، هم برای آزمایش‌های جداگانه سال‌ها و هم برای کل آزمایش در کلیه محیط‌ها انجام شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]

[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]

جدول ۲ – ۲۱ ژنوتیپ یولاف استفاده شده در این تحقیق

Table 2. 21 Genotypes of Oats that used in current study

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشأ
۱	Ozark	Arkansas (USA)
۲	Ugf775456	Brazil
۳	Wallaroo	SARDI (Australia)
۴	Euro	SARDI (Australia)
۵	Wintaroo	SARDI (SA, Australia)
۶	GA Mitchell	Georgia (USA)
۷	Potoroo	SARDI (SA, Australia)
۸	13Zop95	Saskatchewan (Canada)
۹	Mortlock	WADA (Australia)
۱۰	OH1022	Ohio (USA)
۱۱	IA91098-2	Iowa(USA)
۱۲	42Zop95	Saskatchewan (Canada)
۱۳	Swan	WADA (Australia)
۱۴	Kalopt	Sweden
۱۵	Tarahumara	Mexico
۱۶	C-1/130	Minnesota (USA)
۱۷	UFRGS940886-4	Brazil
۱۸	Nasta	Finland
۱۹	Brusher	SARDI (SA, Australia)
۲۰	Arnold	----------
۲۱	Quoll	SARDI (Australia)

برای عملکرد ارقام تجزیه واریانس مرکب در ۱۳ محیط انجام شد سپس با استفاده از مدل AMMI اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط بررسی و تعیین شدند. در این تحقیق جهت بررسی یکنواختی واریانس‌های خطاهای آزمایشی و انجام تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر سال و مکان از نرم‌افزار SAS 9.2 و برای تجزیه AMMI از نرم‌افزارهای IRRISTAT 4.3 و Genstat 12.1 استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به اینکه آزمایش‌های بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های یولاف در مکان‌های مختلف و سال‌های مختلف انجام‌شده است لذا داده‌های مربوط به‌تمامی مناطق و سال‌ها در قالب محیط ادغام و تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس ۱۳ محیط انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های موردبررسی اختلاف بسیار معنی‌داری ($P\leq0.01$) با یکدیگر دارند (جدول ۳).

اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ، اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ترتیب ۱۴/۱۸٪، ۵۳/۳۶٪ و ۱۴/۷۰٪ از مجموع مربعات کل را به‌خود اختصاص دادند. بزرگ بودن اثر محیط نشان‌دهندهٔ نقش زیاد آن در ایجاد تفاوت در عملکرد دانه ژنوتیپ‌های یولاف است.

محمدی و همکاران (۱۶) نیز به زیاد بودن نقش اثر محیط در ایجاد تنوع در عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دوروم اشاره‌کرده‌اند. هر چند اثر متقابل ژنوتیپ × محیط منبع اصلی تغییرات عملکرد دانه نیست اما سهم آن از سهم اثر ژنوتیپ بیشتر است که نشان‌دهندهٔ اهمیت و لزوم بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است.

شکل ۱ نمایش گرافیکی بای‌پلات اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط مربوط به مدل AMMI2 را نشان می‌دهد. این بای‌پلات بیش از ۶۰ درصد از تغییرات ناشی از اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کرد. در فضای بای‌پلات ژنوتیپ‌ها به‌صورت علامت + و محیط‌ها به‌صورت بردار نمایش داده‌شده‌اند. هرچه زاویهٔ بین بردارهای مربوط به محیط‌ها کوچک‌تر باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]

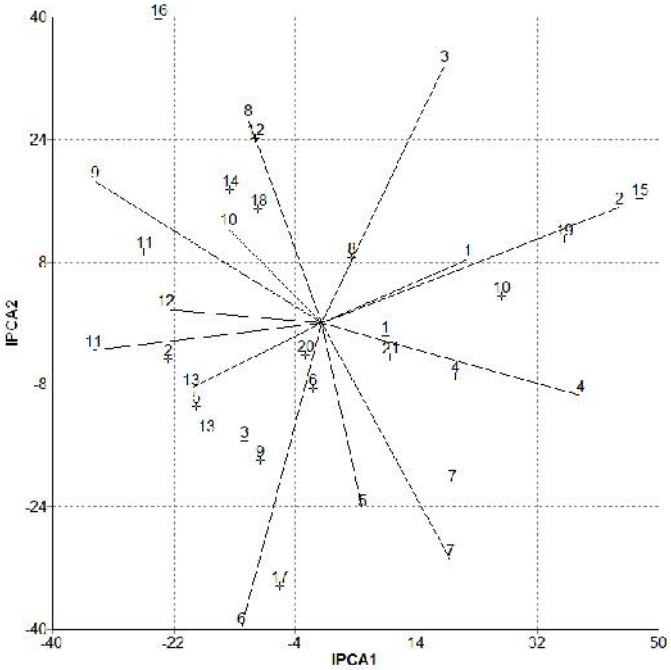
[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های یولاف

Table 3. Combine analysis of variance for kernel yield in Oat genotypes

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	%SS از کل	%SS از اثر متقابل
محیط	۱۲	۱۸۶۱۶۱۰۸۰۴	۱۵۵۱۳۴۲۳۴**	۵۳/۳۶	–
خطای اول	۲۶	۱۱۰۴۹۵۹۹۶	۴۲۴۹۸۴۶	۳/۱۶	–
ژنوتیپ	۲۰	۴۹۴۶۴۶۷۴۶	۲۴۷۳۲۳۳۷**	۱۴/۱۸	–
ژنوتیپ × محیط	۲۴۰	۵۱۲۸۴۰۴۶۴	۲۱۳۶۸۳۵**	۱۴/۷۰	۱۰۰
مؤلفهٔ اثر متقابل اول	۳۱	۲۰۵۷۰۹۶۴۴	۶۶۳۵۷۹۵**	–	۴۰/۱۱
مؤلفهٔ اثر متقابل دوم	۲۹	۱۰۶۲۸۴۳۳۰	۳۶۶۴۹۷۷**	–	۲۰/۷۲
مؤلفهٔ اثر متقابل سوم	۲۷	۶۲۸۹۷۱۶۹	۲۳۲۹۵۲۵**	–	۱۲/۲۶
مؤلفهٔ اثر متقابل چهارم	۲۵	۵۰۴۸۴۷۴۳	۲۰۱۹۳۹۰**	–	۹/۸۴
باقیمانده (نویز)	۱۲۸	۸۷۴۶۴۵۷۷	۶۸۳۳۱۷	–	۱۷/۰۵
خطای دوم	۵۲۰	۵۰۸۶۵۴۵۹۸	۹۷۸۱۸۲	۱۴/۵۸	–
کل	۸۱۸	۳۴۸۸۲۴۸۶۰۸	۴۲۶۴۳۶۳	۱۰۰	–

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪



شکل ۱- بای پلات حاصل از اولین و دومین مؤلفه اثر متقابل برای ژنوتیپ‌های یولاف

Figure 1. Biplot of the first interaction principal component axis (IPCA1) versus the second interaction principal component axis (IPCA2) for Oat genotypes

نشان‌دهندهٔ همبستگی بیشتر بین آن محیطها و نقش مشابه آن‌ها در گزینش ژنوتیپ‌ها است. محیطهای با زاویهٔ برداری ۹۰ درجه با یکدیگر همبستگی ندارند و محیطهایی با زاویه بیشتر از ۹۰ درجه خصوصاً با زاویه نزدیک به ۱۸۰ درجه نقش متضادی در انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار دارند (۲۸،۱۶). محیطهای ۴ (آبی)، ۵ (آبی) و ۶ (دیم) به ترتیب در مناطق اسلام‌آباد غرب، سرپل ذهاب و سرپل‌ذهاب، محیط ۱۰ (آبی) در استان ایلام و محیطهای ۱ (دیم)، ۲ (تنش بعد از گلدهی)، ۳ (آبی)، ۷ (دیم)، ۸ (تنش بعد از گلدهی)، ۹ (دیم)، ۱۱ (دیم)، ۱۲ (تنش بعد از گلدهی) و ۱۳ (آبی) در منطقه کرمانشاه قرار دارند. با توجه به زاویه بین بردارها، محیطهای ۱، ۲ و ۴ نقش تقریباً مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها داشته‌اند و این نقش نسبت به محیطهای ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ کاملاً متفاوت بوده است. محیطهای ۵ و ۶ (سرپل‌ذهاب) نیز نقش متفاوتی نسبت به محیطهای ۳ و ۸ (کرمانشاه) داشته‌اند به‌طوری‌که می‌توان گفت ژنوتیپ‌های ۷، ۱۷ و ۹ در شرایط سرپل ذهاب از وضعیت مناسبی برخوردار بوده‌اند. ژنوتیپ‌های ۴، ۱۰، ۱۵ و ۱۹ نیز مناسب کشت در محیطهای ۱، ۲ و ۴ بوده‌اند. محیطهای ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ متعلق به سال زراعی ۹۳/۹۴ در ایلام و کرمانشاه بوده‌اند. با توجه به زاویه بین بردارهای مربوط به این محیطها می‌توان گفت که این محیطها نقش تقریباً مشابهی در انتخاب ژنوتیپ‌ها داشته‌اند و عامل سال مشابه باعث واکنش تقریباً مشابه ژنوتیپ‌ها در این محیطها شده است که نشان‌دهندهٔ اهمیت سال در ایجاد اثر متقابل است. در محیطهای ۱۳ و ۱۱ ژنوتیپ ۲ و برای محیطهای ۹ و ۱۲ ژنوتیپ ۱۱ وضعیت مناسبی داشته‌اند. ژنوتیپ‌های ۱،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]

[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]

۲۰ و ۲۱ در مرکز بای‌پلات قرارگرفته‌اند. این مطلب نشان‌دهندهٔ سهم کم آن‌ها در ایجاد اثر متقابل بوده است. به عبارتی این ژنوتیپ‌ها از عملکرد نسبتاً پایداری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در ۱۳ محیط موردبررسی برخوردار بوده‌اند.در جدول ۴ مقادیر میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف یولاف به همراه مقادیر عددی ۴ مؤلفهٔ اول (مؤلفه‌های معنی‌دار) ژنوتیپی و مقادیر عددی پارامتر ارزش پایداری امی ASV[1] آورده شده است. استفاده از ضرایب دو مؤلفهٔ اول اثر متقابل جهت ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها توسط محققین مختلف مورداستفاده قرارگرفته‌اند (۱۷،۱۶،۱). مقدار عددی کمتر ضرایب مؤلفه‌های اثر متقابل صرف‌نظر از علامت آن‌ها برای یک ژنوتیپ خاص نشان‌دهنده پایداری بیشتر عملکرد دانه است. با توجه به مقادیر عددی مؤلفه‌های اثر متقابل ژنوتیپی و رتبه ژنوتیپ‌ها در جدول ۴ می‌توان استنباط کرد که ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۲۰، ۱۲، ۱۸، ۲۱ و ۱ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بوده‌اند. با توجه به اینکه مقادیر عددی پارامتر ارزش پایداری امی ASV با استفاده از ضرایب دو مؤلفه اول اثر متقابل ژنوتیپی محاسبه می‌گردد و این دو مؤلفه بیش از ۶۰ درصد از تغییرات مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کرده‌اند لذا می‌تواند پارامتر مناسبی جهت تعیین ژنوتیپ‌های پایدار باشد. طبق این شاخص به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲۰، ۶، ۸، ۲۱، ۱، ۱۸، ۹ و ۱۲ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تعیین گردیدند.

در جدول ۵ میانگین عملکرد محیط‌ها و مقادیر عددی ضرایب چهار مؤلفه معنی‌دار اثر متقابل محیطی نمایش داده‌شده است. بیشترین مقدار عملکرد محیطی مربوط به محیط ۵ (آبی سرپل ذهاب) با مقدار ۶۸۵۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد متعلق به محیط ۱۱ (دیم کرمانشاه ۱۳۹۳/۹۴) بود. محیط‌هایی که دارای مقادیر عددی بزرگ برای مؤلفه اول و مقادیر عددی کوچک برای مؤلفه دوم باشند از قدرت بیشتری جهت تمایز بین ژنوتیپ‌ها برخوردار خواهند بود (۲۷،۲۵). محیط‌های ۵، ۶، ۸ و ۷ دارای ضرایب کوچک برای مؤلفه اول بوده‌اند لذا نقش کمی در ایجاد اثر متقابل دارند.

جدول ۴- رتبه‌بندی مؤلفه‌های اثر متقابل ژنوتیپی و پارامترهای پایداری

Table 4. IPCA scores and stability parameters

ژنوتیپ	عملکرد	رتبه	IPCA1	رتبه	IPCA2	رتبه	IPCA3	رتبه	IPCA4	رتبه	ASV	رتبه
۱	۳۹۱۴	۱۴	-۹/۴۹	۷	۱/۶۲	۱	۴/۳۳	۳	-۴/۲۲	۹	۱۸/۴۴	۴
۲	۳۷۶۰	۱۷	۲۲/۷۸	۱۶	۴/۶۱	۵	-۵/۲۴	۵	۱۱/۱۸	۱۵	۴۴/۳۳	۱۶
۳	۴۳۱۸	۱۲	۱۱/۴۸	۱۰	۱۵/۴۱	۱۴	۱۱/۹۴	۱۱	۷/۱۷	۱۲	۲۷/۰۵	۸
۴	۵۰۰۴	۵	-۱۹/۷۶	۱۵	۶/۹۸	۶	۱۱/۹۵	۱۲	۶/۵۷	۱۰	۳۸/۸۹	۱۴
۵	۴۷۳۱	۸	۱۸/۶۱	۱۳	۱۰/۹۰	۱۰	۱۲/۴۰	۱۳	۳/۳۲	۵	۳۷/۶۳	۱۳
۶	۴۷۵۷	۷	۱/۲۵	۱	۸/۶۳	۸	۱۵/۲۸	۱۵	۳/۷۹	۸	۸/۹۶	۲
۷	۵۷۱۹	۲	-۱۹/۳۶	۱۴	۲۱/۲۰	۱۸	-۶/۶۲	۶	۲۰/۵۳	۱۹	۴۳/۰۶	۱۵
۸	۳۹۱۳	۱۵	-۴/۴۳	۳	-۸/۵۵	۷	-۲۶/۲۲	۲۱	۲/۲۹	۳	۱۲/۱۱	۳
۹	۴۲۹۳	۱۳	۹/۲۴	۵	۱۷/۹۰	۱۷	۹/۷۰	۷	۱۷/۲۳	۱۷	۲۵/۳۱	۷
۱۰	۴۳۶۳	۱۰	-۲۶/۵۷	۱۹	-۳/۵۴	۲	-۱۰/۷۳	۱۰	۱۹/۱۱	۱۸	۵۱/۵۶	۱۷
۱۱	۳۱۸۰	۲۱	۲۶/۳۴	۱۸	-۹/۳۳	۹	-۱/۳۴	۲	-۱/۷۳	۲	۵۱/۸۳	۱۸
۱۲	۴۳۵۳	۱۱	۹/۸۷	۸	-۲۴/۱۳	۱۹	-۹/۹۵	۸	۸/۹۲	۱۳	۳۰/۷۸	۹
۱۳	۴۴۶۵	۹	۱۷/۲۰	۱۲	۱۴/۵۹	۱۲	۱۶/۹۵	۱۶	-۳/۶۳	۶	۳۶/۳۴	۱۱
۱۴	۳۱۹۷	۲۰	۱۳/۶۴	۱۱	-۱۷/۳۸	۱۶	-۱۰/۴۵	۹	۳/۷۰	۷	۳۱/۶۲	۱۰
۱۵	۵۲۰۰	۴	-۴۷/۰۹	۲۱	-۱۶/۲۱	۱۵	۰/۵۰	۱	-۱۱/۹۶	۱۶	۹۲/۵۷	۲۱
۱۶	۳۸۹۰	۱۶	۲۴/۲۲	۱۷	-۳۹/۷۹	۲۱	۲۴/۰۳	۱۹	-۱۰/۶۶	۱۴	۶۱/۴۹	۱۹
۱۷	۴۸۹۵	۶	۶/۳۱	۴	۳۴/۳۷	۲۰	-۱۵/۱۵	۱۴	-۲۸/۹۳	۲۰	۳۶/۴۸	۱۲
۱۸	۳۲۰۲	۱۹	۹/۴۰	۶	-۱۴/۸۵	۱۳	-۲۱/۴۰	۱۷	۰/۵۱	۱	۲۳/۴۹	۶
۱۹	۵۸۶۵	۱	-۳۶/۰۲	۲۰	-۱۱/۰۴	۱۱	۲۱/۵۴	۱۸	۲/۴۸	۴	۷۰/۵۹	۲۰
۲۰	۳۳۷۵	۱۸	۲/۵۲	۲	۴/۲۱	۳	-۲۵/۹۲	۲۰	-۷/۱۴	۱۱	۶/۴۵	۱
۲۱	۵۲۶۸	۳	-۱۰/۱۷	۹	۴/۳۸	۴	۴/۳۸	۴	-۳۸/۵۷	۲۱	۲۰/۱۷	۵

جدول ۵- میانگین عملکرد و ضرایب مؤلفه‌های اثر متقابل محیطی

Table 5. mean yield and values of interaction principal components (IPC) for environments

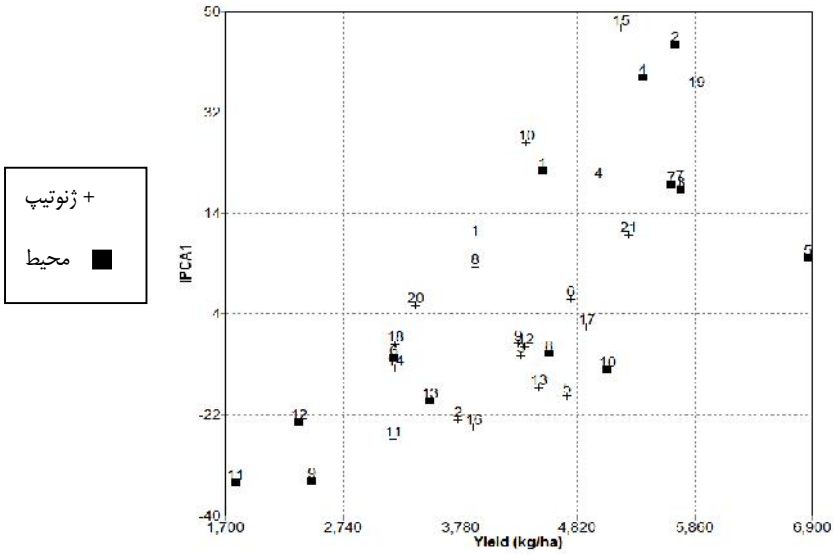
محیط	عملکرد دانه	رتبه	IPCA1	IPCA2	IPCA3	IPCA4
۱	۴۵۰۴	۸	-۲۱/۵۶	-۸/۳۵	۷/۳۳	۱۰/۵۷
۲	۵۶۸۱	۳	-۴۴/۱۲	-۱۵/۲۰	۸/۵۳	۱۱/۱۱
۳	۵۷۳۵	۲	-۱۸/۲۳	-۳۳/۷۲	-۱۲/۷۲	۱۴/۸۰
۴	۵۳۹۱	۵	-۳۸/۳۴	۹/۴۶	-۳/۲۶	-۸/۷۵
۵	۶۸۵۵	۱	-۵/۹۷	۲۴/۳۱	۲۴/۳۲	۰/۰۶
۶	۳۱۸۷	۱۰	۱۱/۹۲	۳۹/۸۰	۲۳/۷۶	۲۲/۷۹
۷	۵۶۴۸	۴	-۱۹/۰۶	۳۰/۸۹	-۲۵/۹۱	-۲۲/۱۶
۸	۴۵۶۴	۷	۱۰/۹۸	-۲۶/۶۰	۲۳/۴۷	-۳۵/۹۹
۹	۲۴۶۴	۱۱	۳۳/۷۰	-۱۸/۵۷	۱۰/۹۲	۲۰/۹۶
۱۰	۵۰۷۵	۶	۱۳/۹۳	-۱۲/۴۰	-۱۸/۸۳	۵/۰۷
۱۱	۱۷۸۴	۱۳	۳۳/۹۵	۳/۵۲	-۷/۴۳	۲/۸۷
۱۲	۲۳۴۴	۱۲	۲۳/۲۸	-۱/۷۲	۶/۳۲	-۲۷/۴۸
۱۳	۳۵۰۷	۹	۱۹/۵۳	۸/۵۹	-۳۶/۵۰	۶/۱۲

1- Ammi Stability Value

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]

[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]

از طرفی محیط‌های ۲، ۴ و ۱۱ با دارا بودن مقادیر بزرگ برای مؤلفه اول و مقادیر کوچک برای مؤلفه دوم بیشترین نقش را در تمایز و تفکیک ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص دادند. آقارخ (۳) در مطالعه ۹ ژنوتیپ یولاف در ۱۶ محیط و طی ۲ سال، از تجزیه علیت به روش تای و روش‌های پارامتری چند متغیره ازجمله AMMI استفاده کرد. در مدل AMMI، ۳ مؤلفه اول درمجموع ۸۱٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمودند و با گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و همچنین تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی، لاین ۳۶ و رقم بویر پایدار معرفی شدند. روش تای نیز رقم بویر را پایدارترین ژنوتیپ پر محصول معرفی کرد. در مطالعه‌ای که کرسای و پونی (۱۴) در ارزیابی ۵ اینبرد لاین تنباکو در ۷ محیط بر اساس مدل AMMI انجام دادند، نسبت بالایی از مجموع مربعات برهمکنش ژنوتیپ در محیط به‌وسیله ۲ مؤلفه اصلی اول توجیه شدند و مقادیر باقیمانده معنی‌دار نبودند. مانریک و هرمان (۱۵) در بررسی برهمکنش اثرات ژنوتیپ × محیط روی عملکرد ریشه و محتوای بتا کاروتن ۹ رقم و کلون اصلاحی سیب‌زمینی شیرین در ۴ مکان مختلف از مدل AMMI استفاده کردند. تنها ۲ مؤلفه اول معنی‌دار بودند که برای ۲ صفت مذکور به ترتیب ۹۱٪ و ۸۸/۴٪ تنوع کل را نشان می‌داد اما در بررسی آن‌ها هیچ‌یک از ارقام پر عملکرد پایداری مطلوبی را نداشت. جهت منظور کردن پایداری عملکرد و میزان عملکرد دانه به‌طور همزمان از نمودار AMMI1 (شکل ۲) استفاده گردید. محمدی و همکاران (۱۹) با انجام تجزیه AMMI نشان دادند که بای پلات AMMI قادر به تفکیک ژنوتیپهای با سازگاری ویژه و عمومی و همچنین محیط‌های باقدرت تفکیک بالا از محیط‌های ضعیف می‌باشد. در فضای نمودار ژنوتیپ‌ها به‌صورت علامت + و محیط‌ها به‌صورت مربع نمایش داده‌شده‌اند. همان‌طور که در فضای نمودار مشخص است از میان ژنوتیپ‌های پایدار ژنوتیپ‌های ۲۱ و ۶ علاوه بر پایداری عملکرد از میزان عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردار هستند. بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را جهت معرفی به‌عنوان ارقام جدید یا استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی پیشنهاد نمود.



شکل ۲- بای پلات حاصل از قرار دادن مقادیر مؤلفه اول اثر متقابل در مقابل محیط
Figure 2. Biplot of the first interaction principal component axis (IPCA1) versus environment

با توجه به مقادیر عددی مؤلفه‌های اثر متقابل ژنوتیپی و رتبه ژنوتیپ‌ها، مشخص شد که ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۲۰، ۱۲، ۱۸، ۲۱ و ۱ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بوده‌اند. همچنین طبق شاخص ارزش پایداری امی (ASV) به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲۰، ۶، ۸، ۱، ۲۱، ۱۸، ۹ و ۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار مشخص شدند. جهت بررسی پایداری و پتانسیل عملکرد بالای دانه به‌طور همزمان از نمودار AMMI1 استفاده گردید. از میان ژنوتیپ‌های پایدار ژنوتیپ‌های ۲۱ و ۶ علاوه بر پایداری عملکرد از میزان عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردار بودند. بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را جهت معرفی به‌عنوان ارقام جدید یا استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی پیشنهاد نمود.

تشکر و قدردانی

از آقایان و خانم‌ها رضا امیری، مهدی گراوندی بابت راهنمایی و کمک در تجزیه داده‌ها و ویراستاری، عزت اله فرشادفر، علی آرمینیان اصل، محمدمهدی پورسیاهبیدی، مریم برق پور، حامد هاشم‌پور، عباس رضایی زاد، علیرضا اطمینان، مهدی شیخه پور، عاطفه ظاهری، ایرج پیرمرادی و رضوان کشوری بابت جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل داده‌ها و کمک در اجرای طرح کمال تشکر را دارد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]
[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]

منابع

1. Achleitner, A., N.A. Tinker, E. Zechner and H. Buerstmayr. 2008. Genetic diversity among oat varieties of worldwide origin and associations of AFLP markers with quantitative. Theoretical and Applied Genetics, 117: 1041-1053.
2. Aghakhani, N., B. Sorkhi and Sh. Nakhjavan. 2011. Non-parametric stability analysis and yield comparison of promising oat lines in Karaj region. *In:* Proceedings of the First Regional Conference on Ecophysiology of Crop Plants. Islamic Azad University of Shushtar. Shushtar, Iran, pp: 148-152 (In Persian).
3. Agharokh, M. 2002. Evaluation of stability analysis methods in Oat (*Avena sativa* L.) genotypes. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran (In Persian).
4. Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. Euphytica, 94: 53-62.
5. Basford, K.E. and M. Cooper. 1998. Genotype by environment interactions and some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. Australian Journal of Agricultural Research, 49: 154-175.
6. Cocks, P. 1995. Genotype x site interactions in seed production, hard seed breakdown and regeneration of annual medics (*Medicago spp*.) in west Asia. Journal of Agricultural Science-Cambridge, 125: 199-209.
7. FAO, 2013. Food and Agriculture Organization, Statistics: FAOSTAT agriculture. From http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor
8. Farshadfar, E. 1997. Application of Quantitative Genetics in Plant Breeding. Tagh Bostan, Kermanshah. pp: 528 (In Persian).
9. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. Theoretical and Applied Genetics, 76: 1-10.
10. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. Optimal replication in selection experiments. Crop Science, 36: 838-843.
11. Kalateh Jari, S., K. Mostafavi and A. Nabipour. 2016. Intrraction of Genotpe and Environment on the Open Pollinated Sunfllower (*Heliantus annuus*) Cultivars base on Parametric Methods and Tai Method. Journal of Crop Breeding, 8: 114-122 (In Persian).
12. Kang, M.S. and R. Magari. 1996. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. pp. 1-14. In: Kang, M.S. and Zobel, H. G. (eds.) Genotype by Environment Interaction. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
13. Kearsay, M.J. and H.S. Pooni. 1996. The Genetical Analysis of Quantitative Trait, Chapman and Hall, London, pp: 241-265.
14. Lin, C.S. and B. Thompson. 1975. An empirical method of grouping genotypes based on a linear function of the genotype-environment interaction. Heredity, 34: 255-263.
15. Manrique, K. and M. Hermann. 1999-2000. Effect of G × E interaction on root yield and betacarotene content of selected sweet potato (*Ipomoea batatas*. L.) varieties and breeding clones. CIP Program Report. Lima, Peru, pp: 281-287.
16. Mohammadi, R., M. Armion and M.M. Ahmadi. 2011. Genotype × environment interactions for grain yield of durum wheat genotypes using AMMI model. Seed and Plant Improvement Journal, 27: 183-198.
17. Mohammadi, R., S.S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 59: 546-553.
18. Mohammadinejad, G. and A.M. Rezai. 2005. Analysis of genotype × environment interaction and study of oat (*Avena sativa* L.) genotypes pattern. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 9: 77-89 (In Persian).
19. Mohammadi R., D. Sadeghzadeh, M. Armion and M. Ahamadimalek. 2010. Analysis of stability and adaptability of grain yield in durum wheat geneotypes. Agronomy Journal (*Pajouhesh & Sazandegi*) 91: 70-78 (In Persian).
20. Nirmalakumari, R., G. Sellammal, T. Thamotharan, T. Ezhilarasi and R. Ravikesavan. 2013. Trait association and path analysis for grain yield in oat in the Western zone of Tamil Nadu. International Journal of Agricultural Science, 3: 331-338.
21. Perkinz, J.M. 1972. The principal component analysis of genotype environmental interactions and physical measures of the environment. Heredity, 29: 51-70
22. Peterson, D.M., D.M. Wesenberg, D.E. Burrup and C.A. Erickson. 2005. Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. Crop Science, 45: 1249-1255.
23. Shafii, B., K.A. Mahler, W.J. Price and D.L. Auld. 1992. Genotype x environment interaction effects on winter rapeseed yield and oil content. Crop Science, 32: 922-927.
24. Taghizadeh, A.A., B. Sorkhilalehloo and S. Nakhjavan. 2016. Study on Stability of Winter Barley (*Hordeum vulgare* L.) using Multivariate Statistical Methods. Journal of Crop Breeding, 8: 87-95 (In Persian).
25. 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.
26. Yan, W. and L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science, 41: 19-25.
27. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Genotype evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
28. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
29. Zhang Zhi, F., F. Fuxiao, Q. Jun, SH. Yang hai, Y. Chai, L. Feng bai and Q. Chen. 2010. Analysis on Site Discrimination and Yield Stability of Oat Varieties. Journal of Triticeae Crops, 3: 515-551.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]

[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]

The Evaluation of Genotype × Environment Interactions for Grain Yield of Oat Genotypes using AMMI Model

Seyed Mehdi Safavi[1] and Sohbat Bahraminejad[2]

1- Former PhD Student of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, (Corresponding author: sohbah72@hotmail.com)
Received: May 2, 2016 Accepted: Jun 13, 2016

Abstract

In this study, 21 cultivated oat genotypes were studied in a randomized complete block design with three replications in 13 environments (combination of year and place) in the years 2008 to 2015. The results of combined analysis of variance indicated that genotypes significantly different (P≤0.01) in term of grain yield. Moreover, the environment and genotype × environment effects were highly significant. Accordingly, AMMI model was used to investigate the interaction and identify stable genotypes. According to the numerical values of the components of the genotype × environment interaction and their ranks it could be concluded that Genotypes 6, 8, 20, 12, 18, 21 and 1 showed greater yield stability than other genotypes. Based on Ammi stability value (ASV) Genotypes 20, 6, 8, 1, 21, 18, 9 and 3 were determined as stable genotypes. To recognize genotypes that are stable and have higher grain yield simultaneously, AMMI1 charts were used. The result showed that Genotypes 21 and 6 are more stable and have higher grain yield. Thus, it could be suggested that these genotypes have potential to introduce as new cultivars or use in the future breeding programs.

Keywords: AMMI Model, Genotype-Environment Interaction, Oat, Yield Stability

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-15]

[DOI: 10.29252/jcb.9.22.125]