"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نهم، شماره ۱، بهار ۱۳۸٦

تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از الگوی تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI)

Analysis of yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes- using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model

حمیدرضا نیکخواه[۱]، احمد یوسفی[۲]، سیدمهدی مرتضویان[۳] و محسن ارزمجو[۴]

چکیده

نیکخواه، ح. ر.، ا. یوسفی، س. م. مرتضویان و م. آرزمجو. ۱۳۸٦. تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از الگوی تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI). **مجله علوم زراعی ایران**. ۹ (۱): ۱۳-۱.

وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، از مشکلات عمده ارزیابی و معرفی ژنوتیپ های برتر می باشد. به منظور شناسایی و معرفی ارقام پرمحصول و در عین حال پایدار و سازگار به شرایط محیطی مناطق معتدل کشور، آزمایش بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ۲۰ لاین امیدبخش جو برای مناطق معتدل کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ۹ ایستگاه تحقیقاتی طی سال‌های ۸۱-۸۰ و ۸۲-۸۱ انجام و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس عملکرد نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود. جهت تفسیر اثر متقابل از روش AMMI استفاده شد. با استفاده از روش چند متغیره AMMI، پنج مؤلفه اصلی اثر متقابل در سطح احتمال ۱% معنی‌دار شد که ۷٤/٦۸% از میانگین مربعات اثر متقابل را توجیه کردند. ژنوتیپ‌های شماره ۱٦ (L.B1/Cerbel//Alger-Ceres 5/3/Glorea"s") و شماره ۱۷ (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/Kavir) از لحاظ IPC_1 و IPC_2، کمترین مقادیر را دارا بودند و به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها تشخیص داده شدند. نمایش دو بعدی ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامترهای تجزیه AMMI بهمراه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ شماره ۹ (LB.Iran/Una8271//Gloria"s"/Come"s"-11M/3/Kavir) و ژنوتیپ شماره ۱٦ ژنوتیپ‌های مطلوب برای استفاده در برنامه‌های بهنژادی می‌باشند.

کلمات کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه AMMI، جو ، عملکرد دانه، پایداری عملکرد، مناطق معتدل.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۰/۵

۱ـ عضو هیأت علمی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (مکاتبه کننده)
۲ـ محقق، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۳ـ دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
٤ـ محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

مقدمه

در روش‌های مختلف اصلاح نباتات گزینش و معرفی ژنوتیپ‌های برتر، از مراحل پایانی برنامه‌های به‌نژادی می‌باشد. بنابراین انجام آزمایشات در قالب طرح‌های اماری تکراردار در مناطق مختلفی که هدف معرفی ژنوتیپ برتر برای این مناطق مورد نظر می باشد ضروری است. اثر متقابل معنی‌دار برای صفتی مثل عملکرد موجب کاهش پیشرفت در گزینش شده و توصیه ژنوتیپ‌ها برای مناطق مختلف را مشکل و محدود می‌سازد (Kang and Gaush, 1996). در عین حال با افزایش واریانس اثر متقابل، همبستگی بین مقادیر فنوتیپی و ژنوتیپی و در نهایت پاسخ به گزینش کاهش می‌یابد (Aastveti and Aastveti, 1993).

در شرایطی که بحث اثر متقابل ژنوتیپ × محیط وجود داشته باشد، بحث سازگاری و پایداری ارقام مطرح می‌شود. سازگاری یک رقم ظرفیت ژنتیکی رقم برای تولید عملکرد بالا و پایداری در محیط‌های متفاوت می‌باشد (فرشادفر، ۱۳۷۷).

نظر به اینکه ارقام در محیط‌های مختلف دارای سازگاری متفاوتی هستند، سازگاری را به سازگاری عمومی و سازگاری خصوصی تعریف می‌نمایند. ارقامی که دارای سازگاری عمومی هستند در اکثر محیط‌ها عملکرد مشابهی دارند و عملکرد آن‌ها در غالب محیط‌ها قابل قبول است. ولی ممکن است عملکرد آن‌ها حداکثر نباشد. اما ارقامی که دارای سازگاری خصوصی می‌باشند در یک یا چند محیط خاص واجد حداکثر عملکرد هستند و با ان محیط‌های خاص سازگاری نشان داده‌اند، اما در سایر محیط‌ها عملکرد قابل قبولی ندارند (فرشادفر، ۱۳۷۷).

واکنش ژنوتیپ‌های مختلف به شرایط محیطی متفاوت می‌تواند به صورت یک رابطهٔ چند متغیره باشد که در فضایی چند بعدی قابل توصیف است (شاه‌محمدی، ۱۳۸۱). تجزیه پایداری با استفاده از آماره‌های چند متغیره، در روش‌های گوناگونی به کار گرفته شده است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (Additive Main effects and Multiplicative Interaction=AMMI) اشاره کرد. مدل AMMI نسبت به سایر روش‌ها کاراتر و معتبرتر است و در آن به نوعی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و همچنین تجزیه خوشه‌ای در قالب تجزیه الگوی (Pattern Analysis) واکنش ژنوتیپی استفاده می‌شود. مدل AMMI اثرات اصلی افزایشی حاصل از تجزیه واریانس را با تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ * محیط ترکیب می‌کند (Kang and Gaush, 1996).

از روش AMMI برای تعیین الگوهای سازگاری و پایداری عملکرد در محصولات متفاوت و توسط محققین مختلف استفاده شده است؛ کروسا و همکاران (Crossa *et al*., 1990) با استفاده از مدل AMMI در تجزیه داده‌های حاصل از دو سری آزمایشات بین‌المللی ارقام ذرت، ضمن تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، از آن جهت پیش‌بینی عملکرد ژنوتیپ‌ها استفاده کردند. نتایج حاکی از آن بود که مدل AMMI دقت تخمین عملکرد را معادل دقت حاصل از افزایش تعداد تکرار افزایش می‌داد.

ناشیت و همکاران (Nachit *et al*., 1992) در تجزیه پایداری عملکرد ۲۱ ژنوتیپ گندم دوروم در ۲۲ منطقه مدیترانه‌ای نیمه مرطوب در سال زراعی ۸۷-۱۹۸۶ میلادی، از مدل رگرسیون خطی و AMMI استفاده کردند. با استفاده از مدل AMMI پنج محور مؤلفه اصلی اثر متقابل معنی‌دار به‌دست آمد. در این مطالعه تجزیه پایداری با استفاده از روش AMMI دقیق‌تر از روش رگرسیون بود.

انیکچیاریکو (Annicchiarico, 1997) در مقایسه مدل رگرسیونی خطی و AMMI در تفسیر اثر متقابل داده‌های سه ازمایش گندم دوروم، دو ازمایش ذرت و یک آزمایش گندم نان و یولاف، دریافت که توانایی بیشتر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

مدل AMMI محدود به گیاه خاصی نیست بلکه در شرایطی که محدودیت‌های محیطی تاثیر بیشتری بر پاسخ ژنوتیپ‌ها می‌گذارد این روش کارآیی بیشتری داشت.

اسنلر و همکاران (Sneller *et al*., 1997) در مطالعه پارامترهای پایداری عملکرد و تکرارپذیری آن‌ها در گیاه سویا در سال‌های ۹۴-۱۹۸۷ میلادی پارامترهای bi، S^2di، δ_i^2 و نه پارامتر پایداری AMMI را محاسبه کردند. نتایج آماره‌های پایداری مشتق از مدل AMMI با نتایج حاصل از آماره‌های S^2di و δi^2 مشابه بود. تکرارپذیری دو آماره ضریب رگرسیون و یک آماره AMMI به خصوص برای تخمین‌های محیطی در طی دو سال، متوسط بود.

ویکای و هانت (Weikai and Hunt, 2001) در مطالعهٔ آزمایشات عملکرد گندم زمستانه در انتاریو در کانادا در خلال سال‌های ۹۸-۱۹۹۲ میلادی، از تجزیه به مقادیر منفرد استفاده کردند. آن‌ها گزارش کردند که ارتفاع گیاه و رسیدگی دو عامل ژنتیکی اساسی ایجادکننده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و سرما در فصل زمستان و گرما در تابستان عوامل اصلی محیطی ایجادکننده اثر متقابل مذکور بودند.

شاه‌محمدی (۱۳۸۱) در ارزیابی پایداری ۱۹ ژنوتیپ جو در ده ایستگاه منطقه سرد کشور به مدت سه سال، پارامترهای مختلف پایداری را محاسبه و ژنوتیپ‌های پایدار را با استفاده از هر روش را معرفی کرد. با استفاده از معیارهای AMMI (Sum of the value of IPC Scores= $SIPC_1$، Sum across environments of GEI= $AMGE_1$ و Eigen Vector values= EV_1) و استفاده از تجزیه واکنش ژنوتیپی، ارقام با سازگاری عمومی و خصوصی مشخص شدند و نتایج همبستگی معیارهای پایداری نشان داد که $SIPC_1$ با bi همبستگی معنی‌داری داشتند.

جلیل‌نژاد و فرشادفر (۱۳۸۳) به منظور مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تجزیه پایداری، ۱۹ لاین گندم نان را به همراه رقم سرداری به مدت ٤ سال در دو شرایط ابی و دیم در کرمانشاه مورد ارزیابی قرار دادند. پس از انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ماتریس باقی مانده، سه مؤلفهٔ اصلی نخست معنی‌دار شد و مدل AMMI با سه مؤلفه ۸۳ درصد از تغییرات اثر متقابل را توضیح داد. براساس نمایش دو بعدی مدل، لاین‌های پایدار و لاین‌های با سازگاری خصوصی شناسایی شدند و گروهبندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر این اساس صورت گرفت.

با وجود تحقیقات متعدد در زمینه پایداری عملکرد و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تفاوت‌های ژنتیکی و شرایط محیطی هر آزمایش، مطالعهٔ اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در شرایط اختصاصی ان ازمایش الزامی می‌کند. به عبارت دیگر انجام مطالعات پایداری عملکرد و اثر متقابل در هر آزمایش به هیچ عنوان پاسخ‌گوی این نیاز در آزمایشات مستقل دیگر نیست. بنابراین با توجه به نیاز شدیدی که به وجود ارقام با عملکرد بالا و در عین حال پایدار جو در مناطق معتدل کشور وجود دارد، نیاز به چنین مطالعاتی را در محصول جو ضروری می‌نماید. سطح زیر کشت جو آبی در مناطق معتدل کشور حدود ۳۲۵ هزار هکتار و با تولید بیش از یک میلیون تن محصول دانه جو اهمیت این محصول را در این مناطق نشان می‌دهد. با توجه به موارد مذکور شناسایی ژنوتیپ‌ها با سازگاری عمومی برای اقلیم معتدل کشور و ارزیابی سازگاری خصوصی آن‌ها برای زیر منطقه‌های این اقلیم از اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

به منظور معرفی ژنوتیپ‌های پر محصول، سازگار و با عملکرد پایدار جو برای مناطق معتدل کشور، آزمایش یکنواخت سراسری لاین‌های امیدبخش جو با استفاده از ۲۰ ژنوتیپ (جدول ۱) در نه ایستگاه منطقه معتدل کشور شامل کرج، اصفهان، کرمان، یزد، بیرجند، زرقان، نیشابور، کلاردشت و ورامین در سال‌های زراعی ۸۱-۸۰

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

و ۸۲-۸۱ (بـه مـدت دو سـال) بـا اسـتفاده از طـرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار انجام شد. ژنوتیپ‌ها شامل ۱۸ لاین امید بخش جدید جو همراه با دو شاهد (رقم ریحان و لاین MB73-6 یا کارون ×کویر) بود. کرت‌های ازمایشی شامل دو پشته و روی هر پشته سه خط به طول شش متر بود. پهنای هر پشته برابر ٦۰ سانتی‌متر و عرض هر کرت برابر ۱/۲۰ متر بود. مساحت کاشت ۷/۲۰ = ۱/۲ × ٦ مترمربع بود که پس از حذف نیم متر از بالا و پایین هر کرت مساحت برداشت هر کرت ٦ = ۱/۲ × ۵ مترمربع گردید. میزان بذر بر اساس ۳۵۰ دانه درهر مترمربع منظور شد. در سال‌های اجرای آزمایش عملیات تهیه زمین طبق عرف معمول انجام گرفت. تعداد دفعات ابیاری براساس نیاز گیاه و با توجه به شرایط محیطی هر ایستگاه انجام شد. در کلیه مناطق ابیاری به مقدار کافی برای تمام دوره رشد و نمو انجام گردید. در پایان هر سال زراعی محصول کرت‌های آزمایشی به طور جداگانه برداشت و توزین شد و عملکرد دانه کرت‌ها اندازه‌گیری شدند.

پیش از انجام تجزیه واریانس مرکب ازمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد. جهت بهره‌گیری از اطلاعات گسترده تجزیه پایداری به روش‌های چند متغیره از روش AMMI استفاده شد. و ضمن تجزیه واریانس بر این اساس، مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل برای هر ژنوتیپ و مکان استخراج شد، و با استفاده از پارامترهای پایداری AMMI و نمایش دو بعدی، سازگاری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های جو

Table 1. Pedigree of barley genotypes

Entry	Parents/Pedigree
1	Check-1(Rihane)
2	Karoon/CS.53/Hiproly//Productive
3	Suifu//Walfajre//Desnud Navaro
4	C.C.89/VA 88-11-7
5	Th.Unk.48/Badia
6	Composit-1-92-6
7	Rihane//Aths/Bc
8	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Kavir
9	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir
10	Kavir/IFB
11	AS 46/Aths*2/(CM67/Centeno/Rubur)
12	Comp89-9CR-79-07/Atem//APM/HC1905//Rubur
13	Walfajre/Miraj1
14	Walfajre//Antares/Izmir252 2
15	Ashar/Rojo
16	L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"- Copal"s"
17	L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Kavir
18	Delisa/Alger-Ceres//Jeferson/PI1245
19	L.640/Productive
20	Check-2 (Karoon/Kavir)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

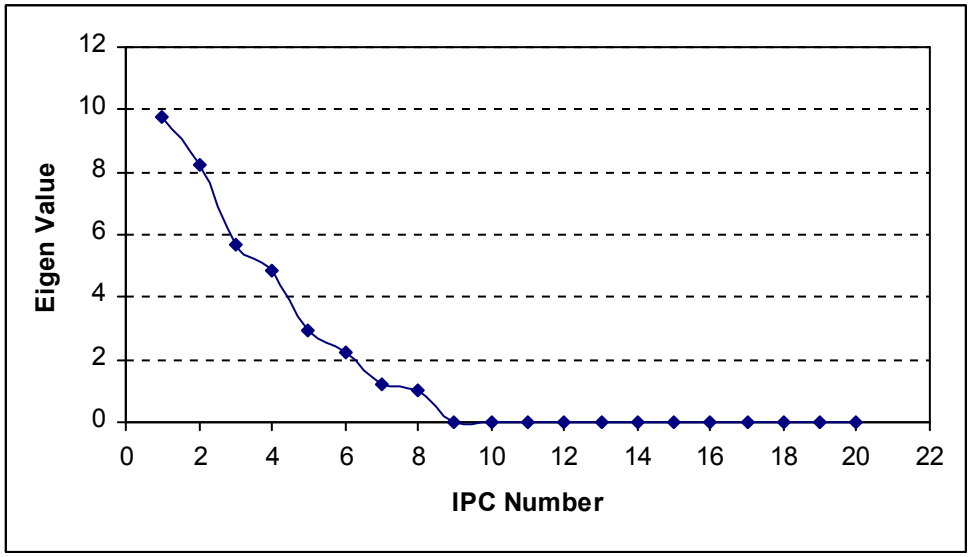
[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

پارامترهای پایداری مدل AMMI شامل SIPC (Sum of the value of IPC Scores)به عنوان مجموع قدر مطلق مقادیر IPC (مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) ژنوتیپ‌ها و EV (Eigen Vector values) به عنوان میانگین مربعات بردارهای ویژه ژنوتیپی نیز محاسبه و نمودارهای دو بعدی مربوط به این پارامترها و میانگین عملکرد برای ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها رسم و ژنوتیپ‌های پرمحصول، سازگار و با عملکرد پایدار بر این اساس معرفی شدند.

نتایج و بحث

پیش از انجام تجزیه واریانس مرکب، به منظور آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت انجام شد. با توجه به این که آماره‌ی χ^2 با درجه آزادی ۱۷ از مقدار آن در جدول مربوطه در سطح احتمال ۱% کوچک‌تر بود، بنابراین فرض همگنی واریانس خطای آزمایشات در سطح ۱% رد نشد.

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه بر مبنای روش AMMI در جدول ۲ اورده شده است. منابع تغییر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و نیز پنج مؤلفه اول از ترکیب پنج مؤلفه اصلی اثر متقابل در سطح احتمال ۱ % معنی‌دار بودند. پانزده مؤلفه غیرمعنی‌دار باقیمانده با باقیمانده اثر متقابل (Noise) ادغام شدند و در آزمون کارآیی مدل به کار رفتند. نمودار رتبه‌بندی مؤلفه‌های اصلی که در آن محور افقی نشان‌دهنده شماره مؤلفه‌های اصلی و محور عمودی بیانگر ریشه‌های مشخصه می‌باشند ترسیم گردید (شکل ۱). به‌طوریکه مشاهده می‌شود پنج مؤلفه اصلی اثر متقابل، بیشترین سهم را در بیان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشتند و بیش از هفتاد درصد تغییرات کلی را توجیه کردند. معنی‌دار بودن F مدل بیانگر برازش خوب مدل AMMI با داده‌ها بود.



شکل ۱- نمودار رتبه‌بندی مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط

Figure 1. GEI principle component screegraph for G * E interaction

اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط در حدود ۱۴/۱۸ % از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد. همچنین سهم اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از درجه ازادی کل ۳۰% بود. در مدل AMMI سهم اولین مؤلفه اصلی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

۲۲/۳۴% از مجموع مربعات اثر متقابل G×E بود و پنج مؤلفه اول در مجموع ۷۴/۶۸% از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را تبیین کردند. در مدل AMMI5 باقیمانده اثر متقابل ۲۵/۳۱% از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و ۳/۵۹% از تغییرات کل را تشکیل داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ جو در ۱۸ محیط بر مبنای روش AMMI

Table 2. Analysis of variance of grain yield for 20 barley genotypes in 18 environments- using AMMI

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)	آزمون F
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	3.67	6.07**
Env. (E)	محیط	17	92.19	152.46**
G × E	ژنوتیپ × محیط	323	1.06	1.76**
Model	مدل	361	5.49	9.08**
IPCA 1	مؤلفه اول	34	2.25	3.72**
IPCA 2	مؤلفه دوم	32	2.01	3.32**
IPCA 3	مؤلفه سوم	30	1.52	2.52**
IPCA 4	مؤلفه چهارم	28	1.43	2.37**
IPCA 5	مؤلفه پنجم	26	1.11	1.84**
Noise	باقیمانده اثر متقابل	173	0.50	0.83^{ns}
Error	خطا	718	0.60	

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جهت انجام تجزیه AMMI و تعیین مقادیر مؤلفه‌های اصلی هر یک از ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و همچنین محاسبه پارامترهای پایداری AMMI، بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها (ξ_i)، بردار ویژه محیط (η_j)، مقادیر ویژه مؤلفه‌ها و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (IPC) برای ژنوتیپ‌ها (جدول ۳) و محیط‌ها (جدول ٤) محاسبه شد. براساس اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل، بدون در نظر گرفتن علامت، ژنوتیپ شماره ۱۱ (AS 46/Aths*2/(CM67/Centeno/Rubur)) با کمترین مقدار (۰/۰۰۹-) پایدارترین ژنوتیپ بود. پس از این ژنوتیپ، ژنوتیپ‌های ۱۷ (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Kavir) و ۲ (Karoon/CS.53/Hiproly//Productive) جزء ژنوتیپ‌های پایدار بودند. ژنوتیپ‌های ۸ (LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Kavir) و ٤ (C.C.89/VA 88-11-7) با بیشترین مقدار مؤلفه اول، بیشترین نقش را در مؤلفه اول اثر متقابل داشتند و از این لحاظ ناپایدارترین بودند. بر اساس دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل که بعد از اولین مؤلفه بیشترین توجیه را برای اثر متقابل به خود اختصاص داده بود، ژنوتیپ‌های ۱۰ (Kavir/IFB) و ۱٦ (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/(Gloria"s"Copal"s")) با کمترین مقدار پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۳). همچنین از لحاظ مقادیر مؤلفه اول اثرات متقابل برای محیط‌ها، زرقان و یزد کمترین مقدار و کرج و اصفهان بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ٤).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

جدول ۳- مقادیر ویژه و مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل اول تا پنجم بر مبنای مدل AMMI5 برای بیست ژنوتیپ

Table 3. Genotypic Eigen values and principle components of first to fifth interactions based on AMMI5

(ژنوتیپ) Genotype	اولین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_1	دومین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_2	سومین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_3	چهارمین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_4	پنجمین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_5
مقادیر ویژه Eigen value	9.7669	8.2084	5.6516	4.8366	2.9604
13	0.676	-0.357	-0.261	-0.489	-0.171
14	0.668	0.256	0.563	0.190	0.149
12	0.625	0.462	0.306	0.497	0.012
15	0.606	-0.538	0.010	-0.268	0.322
10	-0.527	0.011	-0.447	0.482	0.061
7	-0.665	-0.507	0.350	0.240	-0.278
4	-0.713	-0.232	-0.138	-0.065	0.398
8	-0.800	-0.455	0.137	0.142	0.236
1	-0.211	0.736	0.421	-0.260	-0.189
11	-0.009	0.670	-0.352	0.221	0.573
9	-0.532	0.669	0.051	-0.200	0.278
2	-0.039	0.623	-0.602	0.415	-0.057
6	-0.296	-0.654	0.250	-0.360	0.037
5	0.237	-0.692	0.335	0.494	0.128
18	0.557	-0.151	-0.694	0.356	0.024
16	-0.272	0.025	-0.715	-0.018	-0.544
17	0.020	-0.130	-0.761	-0.091	-0.366
19	-0.075	0.419	0.332	-0.772	-0.029
3	0.306	0.116	0.636	0.133	-0.645
20	0.064	0.198	-0.208	-0.617	-0.201

جدول ٤- مقادیر ویژه و مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل اول تا پنجم بر مبنای مدل AMMI5 برای مکان‌ها

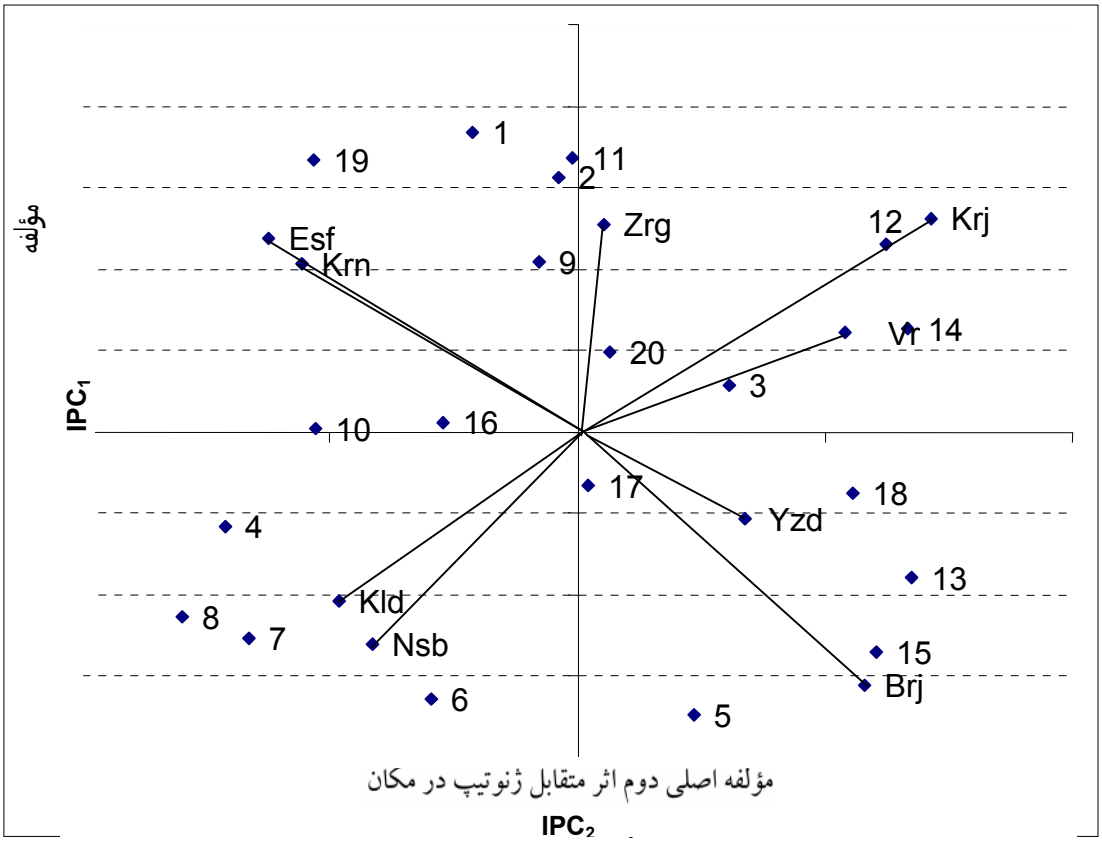
Table 4. Location eigen values and principle components of first to fifth interactions based on AMMI5

مکان Location	اولین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_1	دومین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_2	سومین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_3	چهارمین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_4	پنجمین مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_5
مقادیر ویژه Eigen value	9.767	8.208	5.652	4.837	2.961
Esfehan (2)	-0.623	0.475	-0.023	-0.072	-0.194
Kerman (5)	-0.556	0.414	0.094	0.375	-0.452
Yazd (3)	0.339	-0.213	-0.237	-0.789	-0.197
Karaj (1)	0.713	0.524	0.164	-0.291	-0.017
Zarghan (7)	0.052	0.510	0.054	0.311	0.733
Birjand (6)	0.578	-0.620	0.007	0.453	-0.176
Klardasht (9)	-0.482	-0.414	-0.714	-0.072	0.176
Neishabour (4)	-0.415	-0.522	0.703	-0.183	0.136
Varamin (8)	0.539	0.240	-0.198	0.358	0.094

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

به منظور ارزیابی تغییرات محیط‌ها و همچنین ارتباط دادن ژنوتیپ‌های با عملکرد پایدار در محیط‌های مختلف از نمودار دو بعدی استفاده گردید (شکل ۲). در نمودار دو بعدی محور عمودی اثرات متقابل ضربی یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی و محور افقی نمایانگر اثرات متقابل ضربی یا مقادیر دومین مؤلفه اصلی می باشد.



شکل ۲- نمودار دو بعدی، دو مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل ژنوتیپ * مکان

Fig. 2. GEI Biplot using first and second principle components

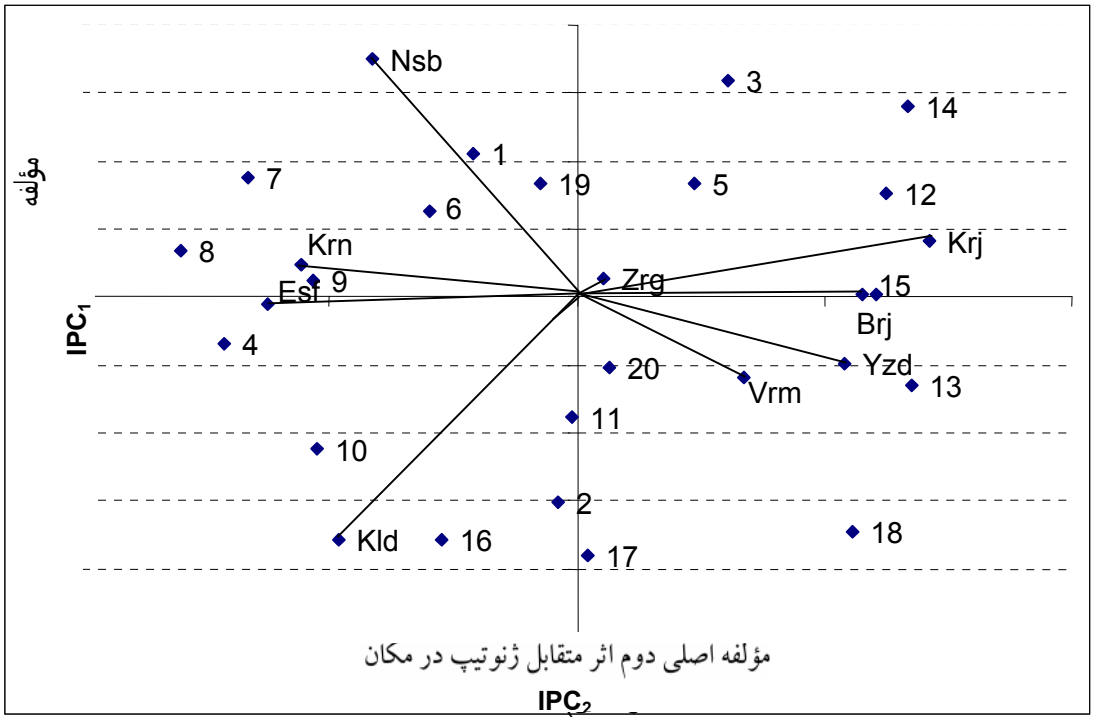
با توجه به نمودار دو بعدی (شکل ۲) دو مؤلفه اول که بیشترین میزان اطلاعات را نیز تبیین کردند (حدود ٤١/١%از کل مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توضیح می‌دهند)، ژنوتیپ‌هایی که در مجاورت مکان‌های هم جوار قرار گرفته‌اند دارای سازگاری خصوصی و ژنوتیپ‌هایی که در نزدیکی خطوط مؤلفه‌های اصلی متقابل قرار گرفته‌اند دارای سازگاری عمومی می‌باشند. بنابراین ژنوتیپ ۱۲ و ١٤ با مکان‌های کرج (Krj) و ورامین(Vrm) و ژنوتیپ‌های ۷، ۸ و ٦ با مکان‌های نیشابور (Nsb) و کلاردشت(Kld) و ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۵ و ۵ دارای سازگاری خصوصی با مکان‌های بیرجند (Brj) و یزد(Yzd) بودند. بر این اساس روند تغییرات محیطی در دو مکان بیرجند (Brj) و یزد (Yzd) به دلیل زاویه حاده بین این دو بردار محیطی همسو و به دلیل زاویه قائمه با مکان‌های نیشابور(Nsb) و کلاردشت (Kld) مستقل از ان است. بنابراین با توجه به شکل ۲ مکان‌ها به چهار گروه تقسیم شدند. به طوریکه ایستگاه‌های کرج و ورامین و تا حدودی زرقان در یک گروه ، بیرجند و یزد ، کلاردشت و نیشابور، و اصفهان و کرمان با هم در گروه‌های دیگر قرار می‌گیرند. براساس نمودار دو بعدی دو مؤلفه اول و دوم (شکل ۲) ژنوتیپ‌های شماره ١٦، ١٧، ٣ و ٢٠

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

جزء پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ولی براساس نمودار دو بعدی دو مؤلفه اول و سوم (شکل ۳) ژنوتیپ ۹ (LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir) برروی محور قرار گرفته که نشان می‌دهد حداقل تغییرات را تحت تأثیر تغییرات مکانی دارا بوده است.

ممکن است مقایسه نتایج دو نمودار ، نتایج کاملا مشابهی برای سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف به خاص همراه نباشد که به نظر می‌رسد که این به ان دلیل است که مؤلفه‌های مختلف، ابعاد متفاوت و متعامدی از اثر متقابل را کمی می‌سازند، بنابراین نتایج سازگاری خصوصی در نمودارهای دو بعدی (شکل ۲ و ۳) تا حدی متفاوت می‌باشد. به هر حال جهت تعیین سازگاری خصوصی، نمودار دو بعدی IPC_1 و IPC_2 چون با توجیه درصد بیشتری از تغییرات، را توضیح می‌دهد، قابل اسنادتر می‌باشد.



شکل ۳- نمودار دو بعدی با دو مؤلفه اصلی اول و سوم اثرات متقابل ژنوتیپ در مکان

Fig. 3. GEI Biplot using first(IPC_1) and third(IPC_3) principle components

به منظور بررسی دقیق‌تر پایداری ژنوتیپ‌ها از دو پارامتر مدل AMMI استفاده شد. این پارامترها شامل $SIPC_5$ به عنوان مجموع قدر مطلق مقادیر IPC ژنوتیپ‌ها و EV_5 به عنوان میانگین مربعات مقادیر بردار ویژه ژنوتیپی برای ۵ مؤلفه اول، که توسط مدل $AMMI_5$ توصیه شده است، بودند (جدول ۵). براساس دو معیار $SIPC_5$ و EV_5، قدر مطلق مقادیر کوچک و نزدیک صفر حاکی از عدم اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای ژنوتیپ مربوطه است و مقادیر بزرگ‌تر نشان‌دهنده وجود اثر متقابل بیشتر در آن ژنوتیپ است. بنابراین برای تعیین ژنوتیپ با عملکرد پایدار و برتر، تجزیه الکوی واکنش ژنوتیپی (نمودار دو بعدی) بر مبنای آماره پایداری $SIPC_5$ و میانگین عملکرد ژنوتیپ (شکل ٤) و EV_5 و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها (شکل۵) انجام شد.

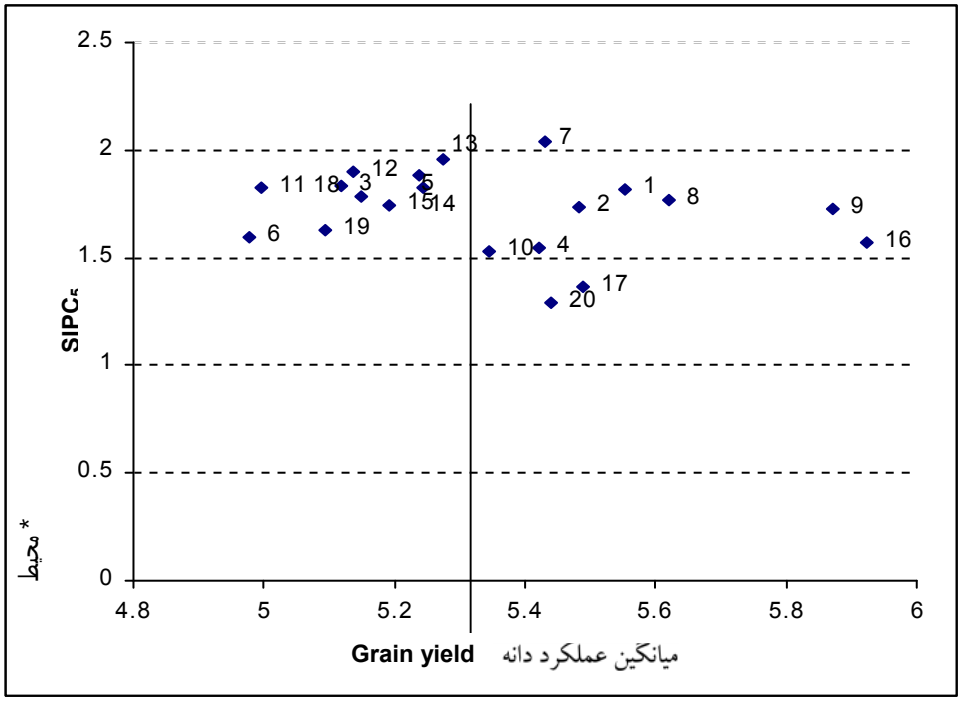
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه و پارامترهای برآورد شده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مدل AMMI5

Table 5. Means of grain yield and estimated parameters of GEI based on AMMI5

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه تن در هکتار Grain yield (t/ha)	میانگین مربعات بردارهای ویژه ژنوتیپی EV_5	مجموع قدر مطلق مقادیر پنج مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط $SIPC_5$
13	5.275	0.02596	1.9538
14	5.244	0.02435	1.8254
12	5.136	0.02676	1.9029
15	5.191	0.02181	1.7429
10	5.345	0.02249	1.5267
7	5.430	0.02522	2.0397
4	5.420	0.01909	1.5448
8	5.621	0.02193	1.7689
1	5.553	0.02466	1.8169
11	4.997	0.03090	1.8243
9	5.870	0.02165	1.7300
2	5.484	0.02955	1.7352
6	4.978	0.01985	1.5969
5	5.239	0.02755	1.8859
18	5.150	0.02920	1.7815
16	5.922	0.03186	1.5733
17	5.488	0.02681	1.3685
19	5.093	0.03298	1.6269
3	5.119	0.03450	1.8357
20	5.439	0.02001	1.2889



شکل ٤- نمودار دو بعدی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و SIPC5

Fig. 4. Biplot of Mean grain genotyps vs. SIPC5

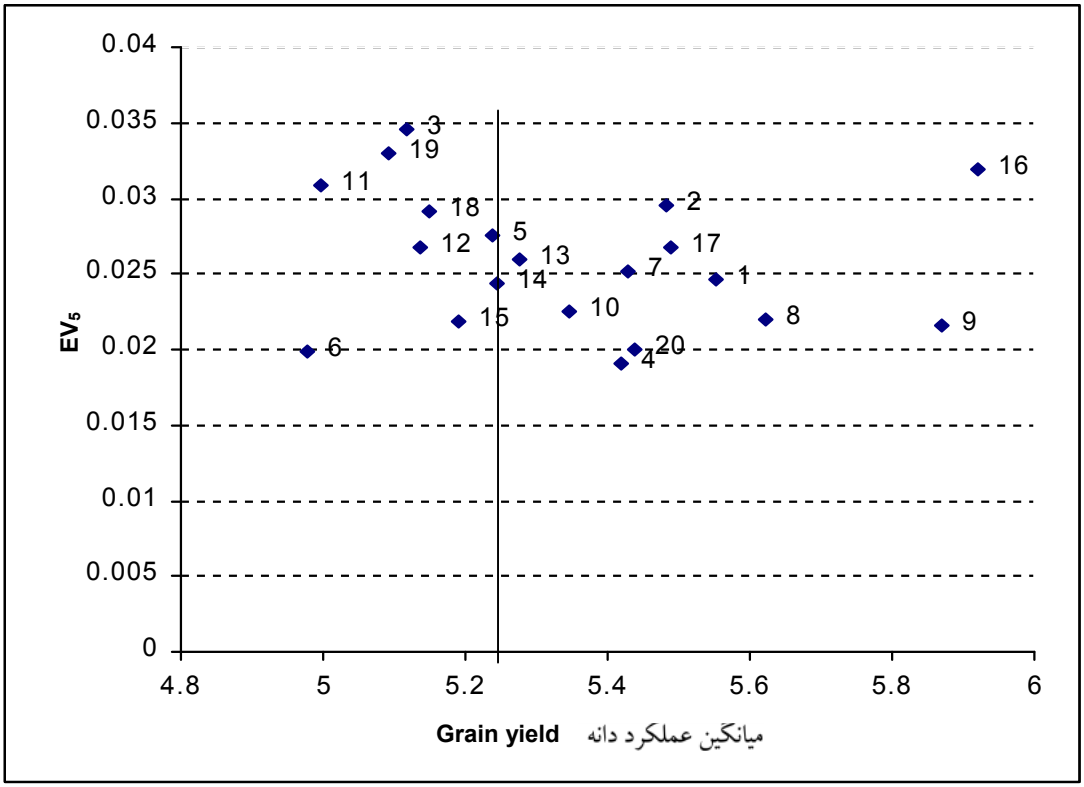
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

برمبنای نمودار دو بعدی پارامتر $SIPC_5$ و میانگین عملکرد دانه، ژنوتیپ ۱۶ (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"-Copal"s") ژنوتیپ ماندگار و عملکرد بالا و پایدار و ژنوتیپ‌های ۱۷، ۲۰ و ٤ ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار تشخیص داده شدند (شکل ٤).

تعدادی از محققین با استفاده از روش تجزیه AMMI و پارامترهای پایداری AMMI شامل SIPC، EV و AMGE و رسم نمودار دو بعدی در گیاه جو به ارزیابی وضعیت سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های متفاوت پرداختند و این روش را باسایر روش‌ها ی تجزیه پایداری مقایسه کردند. فتاحی و همکاران (۱۳۷۷) در بررسی تعدادی از پارامترهای پایداری در جو و تکرارپذیری آن‌ها از داده‌های آزمایشات یکنواخت سراسری جو در منطقه معتدل شامل ۱۹ ژنوتیپ جو در طی سه سال و هشت مکان استفاده کرده و نشان دادند که در مدل AMMI، شش مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC) معنی‌دار بود. با ترسیم نمودار دو بعدی میانگین عملکرد و IPC_1، و مؤلفه‌های اول (IPC_1) و دوم (IPC_2) اثر متقابل برای ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها، انواع ژنوتیپ‌ها را با سازگاری خصوصی به مکان‌های مختلف معرفی کردند و نشان دادند که پارامتر $SIPC_1$ حاصل از مدل AMMI با وجود تکرارپذیری متوسط، ارزیابی جنبه‌های دیگری از پایداری ارقام و مکان‌ها و انتصاب آن‌ها را به یکدیگر ممکن می‌سازد.

کامرانفر (۱۳۸٤) در مطالعه ۲۰ ژنوتیپ جو در ۹ ایستگاه منطقه سرد کشور به مدت دوسال آماره‌های مختلف پایداری عملکرد از جمله اماره‌های مدل AMMI را محاسبه کرد وی نشان داد که شش مؤلفه اصلی اثر متقابل تا سطح ۱% معنی‌دار شد که ۸۱/۳۲% از



شکل ۵- نمودار دو بعدی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و EV5

Fig. 5. Biplot of Mean grain genotyps vs. EV5

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند. در مجموع انان روش AMMI را ده برابر قوی‌تر از مدل رگرسیونی در توضیح اثر متقابل بود و در نهایت ژنوتیپ ۱۳ (EBYTC80-13) از لحاظ IPC_1 و IPC_2 و امارهٔ پایداری مدل AMMI شامل $SIPC_6$، EV6 و $AMGE_6$ به عنوان پایدارترین و برترین ژنوتیپ معرفی نمود.

برمبنای نمودار دو بعدی پارامتر EV_6 و میانگین عملکرد، ژنوتی‌پ ۹ (LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/ Come"s"-11M/3/Kavir) ژنوتیپ پر محصول و با عملکرد پایدار و ژنوتیپ‌های ٤ (C.C.89/VA 88-11-7) و ۲۰ (شاهد) به عنوان ژنوتیپ با عملکرد پایدار تشخیص داده شدند. در نهایت با توجه به بررسی‌های انجام شده و پارامترهای مورد بررسی دو ژنوتیپ شماره ۹ و شماره ۱٦ (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/(Gloria"s"Copal"s")) که حاصل برنامه‌های دورگ‌گیری انجام شده در برنامه ملی به‌نژادی جو در کرج می‌باشد، برای معرفی به مطالعات به‌زراعی و تحقیقی- تطبیقی انتخاب شدند.

منابع مورد استفاده References

جلیل‌نژاد، ن. و ع. ا. فرشادفر. ۱۳۸۳. مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در لاین‌های گندم نان با استفاده از مدل AMMI و تجزیه الگو. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ص ۲۹.

شاه‌محمدی، م. ۱۳۸۱. تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ارقام جو به روش AMMI و مقایسه آن با سایر روش‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

فتاحی، ف.، م. مقدم، ع. گرامی، و ا. یوسفی. ۱۳۷۹. ارزیابی تکرارپذیری پارامترهای پایداری در زیرگروه‌های مختلف محیطی توسط معیار ضرایب هماهنگی کندال در گیاه جو (*Hordeum Vulgare* L.). چکیده مقالات ششمین کنگره‌ی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ص ٥١٤.

فرشادفر، ع. ا. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. جلد دوم. انتشارات باغ بستان.

کامرانفر، ا. ۱۳۸٤. بررسی پارامترهای پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش جو اقلیم سرد و ارزیابی صفات مختلف مرتبط. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

Aastveti, A. H. and K. Aastveti. 1993. Effects of genotype – environment interactions on genetic correlations. Theor. Appl. Genet. 86: 1007-1013.

Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. Euphytica 94: 53-62.

Crossa, J., H. G. Gauch and R. W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar's trials. 30: 493-500.

Kang, M. S. and H. G. Gauch. 1996. Genotype-by-environment interaction. CRC press.

Nachit, M. M., G. Nachit, H. Ketata, H. G. Gauch and R. W. Zobel. 1992. Use of AMMI and liner regression model to analyze genotype-environment interaction in Durum wheat. Theor. Appl. Genet. 83: 597-601.

Sneller, C. H., L. Kilgore-Norquest and D. Dombek. 1997. Repeatability of yield stability statistics in soybean. Crop Sci. 37: 383-390.

Vargas, M., J. Crossa, F. A. Van Eeuwijk, M. E. Ramirez and K. Sayre. 1999. Using partial least squares regression, factorial regression and AMMI models for interpreting genotype × environment interaction. Crop Sci. 39: 955-967.

Weikai, Y., L. A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype× environment interaction for winter wheat yield. Crop Sci. 40: 597-605.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

Analysis of yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes- using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model

Nikkhah[1], H. R., A. Yousefi[2], S. M. Mortazavian[3] and M. Arazmjoo[4]

ABSTRACT

Nikkhah, H. R., A. Yousefi, S. M. Mortazavian and M. Arazmjoo. 2007. Analysis of yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes- using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. Iranian Journal of Crop Sciences. 9 (1): 1-13.

Significancet genotype × environment (G × E) interactions effects in a major constraint in evaluation and release of new cultivars. To achieve this goal and in order to evaluate and advance towards new high-yielding and stable/adaptable cultivars suitable for the temperate agro-ecological zone in Iran, a set of yield trials was conducted with 20 elite barley lines using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replicates at nine different experimental field stations during two successive years (1380-1382). Grain yield was studied and the results obtained from the combined analysis of variance revealed significance of all effects i.e. genotype, environment and genotype × environment interactions. Genotypes mean showed that the entries No. 9 (LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir) and No. 16 (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"-Copal"s") had the highest grain yield. To have a better interpretation of G × E interaction multivariate AMMI method was used, which resulted in five main principle components that explained 74.68% of the interaction mean square. Additionally, the genotypes No. 16 (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"-Copal"s") and No. 17 (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Kavir) had the lowest IPC_1 and IPC_2 and the highest levels of stability. Using the results of biplot and AMMI analysis, parameters integrated with those of grain yield, the entries 9 and 16 were selected as candidates lines with both best performance and grain yield stability.

Key words: Genotype × Environment Interaction, Barley, Grain yield, AMMI analysis, Temperate agro-ecological zone.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.1.7]

Received: December, 2006

1- Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. (Corresponding authors)

2- Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

3- Ph-D. Student, Agriculture and Natural Resouces Campus, The University of Tehran, Karaj, Iran.

4- Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center of Southern Khorsan, Birjand, Iran.+