دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

مطالعه پایداری عملکرد در ارقام آفتابگردان با استفاده از روش AMMI

علی خماری[۱]، خداداد مصطفوی[۲] و عبداله محمدی[۳]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، کرج
۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج (نویسنده مسوول: mostafavi@kiau.ac.ir)
۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۸ تاریخ پذیرش:۹۵/۴/۱۴

چکیده

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای به‌نژادگران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و یکی از مسائل مهم و پیچیده در برنامه‌های به‌نژادی برای تهیه ژنوتیپ پر محصول و پایدار از لحاظ عملکرد و آزادسازی ژنوتیپ‌های جدید محسوب می‌شود. به‌منظور بررسی سازگاری و پایداری ارقام آفتابگردان به شرایط آب و هوایی مختلف، ۱۲ رقم آفتابگردان در پنج منطقه آب و هوایی شامل اراک، بیرجند، شیراز، کاشمر و کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از مدل اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب پذیر (امی) استفاده شد. بر اساس نتایج تجزیه اثرات افزایشی جمع‌پذیر (تجزیه واریانس) و اثرات متقابل ضرب پذیر (تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود و دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل بیش از ۸٤ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمودند. نمودار بای‌پلات اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل و میانگین عملکرد دانه برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان داد که ژنوتیپ Progress با عملکردی بیش از میانگین و کم‌ترین میزان از نظر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل به‌عنوان ژنوتیپ پایدار و پر محصول شناخته شد. ژنوتیپ‌های Record و Gabur بعد از ژنوتیپ Progress به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پر محصول شناخته شدند. نمودار بای‌پلات مربوط به دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل نشان داد که ژنوتیپ‌های Progress، Master و Zargol در اراک و کرج، ژنوتیپ‌های Favorit، Record و Azargol در شیراز، Gabur و SHF81-90 در کاشمر و ژنوتیپ‌های Armaverski، Lakomka، Zaria و Sor در بیرجند دارای سازگاری خصوصی بودند. همچنین ژنوتیپ‌های Zaria، Lakomka، SHF81-90، Gabur و Zargol نیز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از سازگاری عمومی بیشتری برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، سازگاری، امی

مقدمه

دانه‌های روغنی از مهم‌ترین منابع تأمین انرژی می‌باشند که از نظر اهمیت، پس از غلات قرار دارند. آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از این دانه‌های روغنی است که در ردیف سویا، کلزا، پنبه و گلرنگ قرار دارد و به دلیل اسیدهای چرب مفید همواره در چند دهه گذشته مورد توجه قرار گرفته است. آگاهی از ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به به‌نژادگر کمک می‌نماید تا بتواند ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتری ارزیابی کرده و ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد بالا را انتخاب نمایند (۲۸،۱۹،۷). بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با هدف انتخاب ژنوتیپ برتر یکی از مهم‌ترین مراحل برنامه‌های به‌نژادی به شمار می‌رود (۱۸). وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باعث کاهش بازده روش‌های اصلاحی شده و سودمندی وسعت کشت ژنوتیپ‌های اصلاح شده را کاهش می‌دهد به‌طوری‌که محققین را وادار می‌سازد تا برای مکان‌های مختلف، ژنوتیپ‌های متفاوتی را اصلاح نمایند (۶،۸). چنانچه دو یا چند ژنوتیپ در محیط‌های مختلف کشت شوند ممکن است تفاوت‌هایی در عملکرد نسبی آن‌ها مشاهده شود که این پدیده را اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌نامند (۲۴). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به حالتی گفته می‌شود که ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی واکنش‌های متفاوتی نشان دهند. فالکونر (۱۳) معتقد است به جای پایداری عملکرد بهتر است از واژه انعطاف‌پذیری فنوتیپی استفاده شود. پایداری عملکرد به ساختار ژنتیکی یا عکس‌العمل ژنوتیپ‌های فردی یا گروهی وابسته است. پایداری نتیجه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بوده و برآیند این واکنش به ساختار ژنتیکی رقم و شدت عوامل محیطی بخصوص عوامل محدودکننده محیط بستگی دارد. مطالعه جامع اثر متقابل ژنوتیپ×محیط (G×E) برای عملکرد به ابزار قدرتمندی نیاز دارد. روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط وجود دارد که به‌طورکلی به دو گروه اصلی روش‌های تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. در میان روش‌های چند متغیره، مدل اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) روش کارآمدی برای حذف خطا یا نویز و آشکار کردن الگوی مناسب داده‌ها است (۳۹). دلیل استفاده گسترده از این روش این است که این مدل بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه و اثرات اصلی و اثرات متقابل را از یکدیگر تفکیک می‌کند (۱۲). همچنین این روش در طراحی برنامه‌های اصلاحی بلند مدت در خصوص سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب بسیار سودمند است (۱۵). محققان مختلف از بین روش‌های مختلف تجزیه پایداری، تجزیه AMMI را روشی مطمئن برای تجزیه واکنش سازگاری، پایداری ارقام و انتساب ارقام به محیط‌ها یا مکان‌های مختلف گزارش کردند (۱۶،۹). روش امی یک مدل ادغام شده از تجزیه واریانس و تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌باشد که ابتدا با استفاده از روش‌های تجزیه واریانس، اثر اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها محاسبه می‌شود و سپس اجزای ژنوتیپی و محیطی اثر متقابل، برای ماتریس انحراف از اثر افزایشی محاسبه می‌شود (۸). تاراکانواس و رزگاس (۳۵) روش AMMI را روشی موثر برای

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]

مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معرفی کردند و بیان داشتند که نتایج روش گرافیکی حاصل می‌تواند ارقام مناسب را برای کشت در محیط‌های مناسب یا ارقام را برای کشت در شرایط محیطی خاص مشخص کند. به نمایش گرافیکی نتایج حاصل از تجزیه امی، بای‌پلات گفته می‌شود. بای‌پلات روابط بین ژنوتیپ‌ها با محیط‌ها و اثر متقابل بین آن‌ها را نمایان می‌سازد (۴۰). بای‌پلات تجزیه امی یک ابزار قدرتمند برای تعیین الگوهای گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط محسوب می‌شود. مدل امی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را در بیش از یک بعد توصیف کرده و فرصت‌های بهتری را جهت مطالعه و تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نسبت به تجزیه واریانس و رگرسیون در اختیار قرار می‌دهد (۳۶). بنگ و همکاران (۵) خاطر نشان کردند که پتانسیل عملکرد آفتابگردان به شدت وابسته به شرایط محیطی است. اثرات اصلی محیطی (E) و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط (GEI)[1] به عنوان مهم‌ترین منابع تنوع برای اندازه‌گیری عملکرد محصولات زراعی گزارش شده است (۱۱،۲۹،۳۷). به همین دلیل، آزمایشات چند محیط در سراسر جهان برای محصولات عمده زراعی انجام شده است. اگرچه میزان عملکرد نتیجه ترکیب اثر ژنوتیپ، اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط می‌باشد، تنها ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط مربوط به ارزیابی رقم بوده و شناسایی و کنترل محیط مشکل می‌باشد. معمولاً بخش بزرگی از تنوع عملکرد توسط محیط توجیه می‌شود (۸۰٪ و یا بالاتر)، در حالی که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معمولاً کوچک می‌باشد (۳۸). با این حال، تفسیر و استفاده از داده‌های آزمایشات چند محیط برای تصمیم‌گیری انتخاب موثر، یک چالش عمده برای محققان می‌باشد. شومن (۳۳) برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ× محیط در آفتابگردان از روش‌های مختلف پایداری استفاده نمود و بیان داشت که مدل AMMI نه تنها پایدارترین ژنوتیپ‌ها را معرفی می‌کند، بلکه می‌تواند سازگاری خصوصی ارقام را تعیین کند. بنابراین مدل AMMI دقیق‌ترین برآورد از پتانسیل عملکرد حقیقی ارقام و محیط‌های خاص که ژنوتیپ‌ها در آنها ارزیابی می‌شوند را بیان می‌کند. طی آزمایشی که بر روی ۱۹ رقم آفتابگردان در خارطوم (سودان) انجام شد، تفاوت معنی‌داری در ارقام مورد ارزیابی در سطوح مختلف اثر متقابل ژنوتیپ×محیط وجود داشت و اعلام شد که عملکرد دانه آفتابگردان شدیداً وابسته به شرایط محیطی است. بنابراین انجام آزمایشات چند مکان برای چندین سال برای شناسایی ارقام پر محصول و پایدار، ضروری است (۳۰). پایداری ۲۵ ترکیب هیبریدی جدید آفتابگردان در برابر سه هیبرید استاندارد در سه مکان مقایسه گردید. نتایج تجزیه امی، تغییرات قابل توجهی در عملکرد دانه و درصد روغن در دانه از یک مکان به مکان دیگر و در درون هر مکان نشان داد. همچنین عملکرد دانه عمدتاً تحت تاثیر مکان (محیط) بود در حالی که تغییرات در محتوای روغن به تفاوت‌های ژنوتیپی در هیبریدها نسبت داده شد (۲۰). پایداری واریته در دامنه وسیعی از شرایط محیطی، عمدتاً به وسیله درجه اثر متقابل با محیط‌های مختلف در حال رشد مورد بررسی قرار می‌گیرد (۳۲). درصد روغن و اسیدهای چرب در آفتابگردان به میزان قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر شرایط محیطی قرار دارد (۲۵،۲۶). کیفیت روغن آفتابگردان مربوط به دانه است و درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب، ارزش روغن برای صنایع را تعریف می‌کند (۲۷). در آفتابگردان، درصد روغن دانه و نسبت اسیدهای چرب مختلف در طول رشد به شدت توسط عوامل محیطی دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. آباموف و آلوریک (۱) با استفاده از روش امی در ارقام برنج، تاثیرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها را مطالعه کردند و اظهار داشتند که مدل امی مناسب‌ترین مدل برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین ارقام پایدار است. سعید و همکاران از تجزیه امی برای بررسی لاین‌های برنج استفاده کردند و با دو مولفه اصلی اول که ۸۳/۳۹ درصد از تغییرات کل مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را در بر داشت، نسبت به رسم بای‌پلات و تصمیم‌گیری در مورد پایداری لاین‌های برنج اقدام کردند (۳۱). فرشادفر و سوتکا (۱۴) با استفاده از روش امی پایداری ۲۲ ژنوتیپ گندم دوروم را در ایران ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که ۹۲/۵ درصد از تنوع داده‌ها توسط مدل AMMI3 توجیه می‌شود که ۴/۵ برابر روش تجزیه رگرسیون خطی بود. استنلی و همکاران (۳۴) شش ژنوتیپ برنج را در دوازده محیط (چهار مکان و سه سال) از نظر عملکرد مطالعه کردند. آنان با برازش مدل AMMI2 و با رسم نمودار بای‌پلات مربوطه، ژنوتیپ‌های مناسب هر منطقه را شناسایی کردند. مصطفوی و همکاران (۲۲) چهارده لاین ذرت را با استفاده از روش امی و براساس داده‌های حاصل از تلاقی‌های دای‌آلل ارزیابی کردند. مدل برازش داده شده بیش از ۷۵ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه کرد. نتایج حاصل از این روش، لاین‌های دارای ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بالا را به درستی از یکدیگر تفکیک کرد.

هدف از این مطالعه شناسایی ارقام پایدار، انتخاب ارقام با عملکرد بالا و همچنین برآورد اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در ارقام آفتابگردان با استفاده از روش تجزیه و تحلیل پایداری AMMI بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سازگاری و پایداری ارقام آفتابگردان به شرایط آب و هوایی مختلف، ۱۲ رقم آفتابگردان در ۵ منطقه شامل اراک، بیرجند، شیراز، کاشمر و کرج در سال زراعی ۱۳۹۴ مورد مطالعه قرار گرفتند. نام هر ژنوتیپ و مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های اجرای آزمایش به ترتیب در جداول ۱و ۲ ارائه شده است. ارقام آفتابگردان در هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار از لحاظ صفت عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر کرت شامل سه ردیف کاشت به طول چهار متر و به فاصله شصت سانتی‌متر و فاصله بین بوته نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. میزان بذر مورد استفاده شش کیلوگرم در هکتار (۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) و میزان کود ازته ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و نازک برگ با وجین دستی و در صورت لزوم با علف‌کش انجام گرفت. مراحل آبیاری و

1- Genotype-environment interaction

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]

برداشت محصول طبق روش‌های معمول هر منطقه انجام گرفت. در این مطالعه برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها از روش چند متغیره AMMI استفاده گردید. ضمن انجام تجزیه واریانس AMMI مقادیر مولفه‌های اصلی برای هر ژنوتیپ و محیط استخراج و با ترسیم بای‌پلات‌های مربوطه، سازگاری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها تعیین شد (۳۴). از نرم‌افزار SAS جهت تجزیه داده‌ها به روش امی و از Minitab جهت ترسیم نمودارها استفاده گردید.

جدول ۱- اسامی ارقام آفتابگردان مورد مطالعه در پژوهش

Table 1. Names of sunflower cultivars studied in the research

ردیف	نام ژنوتیپ	منشأ	کد ژنوتیپ	ردیف	نام ژنوتیپ	منشأ	کد ژنوتیپ
۱	Zargol	ایران	G1	۷	Lakomka	روسیه	G7
۲	Armaverski	روسیه	G2	۸	Record	رومانی	G8
۳	Azargol	ایران	G3	۹	Zaria	ایران	G9
۴	Favorit	روسیه	G4	۱۰	Sor	روسیه	G10
۵	Master	روسیه	G5	۱۱	Progress	روسیه	G11
۶	SHF81-90	روسیه	G6	۱۲	Gabur	روسیه	G12

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی مناطق انجام پروژه

Table 2. Geographical characteristics of the locations in project

منطقه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی (درجه- دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه- دقیقه)
کرج	۱۳۱۲	۵۰:۵۴	۳۵:۵۵
شیراز	۱۴۸۴	۵۲:۳۶	۲۹:۳۲
بیرجند	۱۴۹۱	۵۹:۱۲	۳۲:۵۲
کاشمر	۱۱۰۹	۵۸:۲۸	۳۵:۱۲
اراک	۱۷۰۸	۴۹:۴۶	۳۴:۰۶

به منظور آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت انجام شد، نتیجه این آزمون حاکی از یک‌نواختی واریانس خطا در آزمایش‌های مختلف بود. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه نشان داد که میانگین مربعات مربوط به ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این موضوع نشان‌دهنده تنوع کافی بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها براساس مدل امی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تنوع بین محیط‌های مورد مطالعه است، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای عملکرد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، این موضوع حاکی از مشکلات پیش‌روی به‌نژادگران اصلاح نباتات و گزینش ژنوتیپ‌های جدید جهت آزادسازی می‌باشد. کلاته جاری و همکاران طی آزمایشی که به‌منظور مطالعه اثر متقابل در آفتابگردان انجام دادند، بیان داشتند که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمای یک درصد معنی‌دار می‌باشد (۲۰). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ×محیط لازم است امکان تجزیه آن به مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (IPCA)[1] انجام شود. مؤلفه اصلی اثر متقابل اول در سطح احتمال ۱ درصد و مؤلفه اصلی اثر متقابل دوم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA1) ۵۱/۴۹ درصد و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA2) ۳۲/۸۵ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند که این دو مؤلفه در مجموع بیش از ۸۴ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را توجیه کردند. مجموع مربعات باقی‌مانده از مدل امی (نویز)[2] با کمترین میانگین مربعات غیرمعنی‌دار بود که نشان‌دهنده دقت مدل امی می‌باشد (۲). بنابراین مدل با دو مؤلفه اصلی در نظر گرفته شد. آرمینیان و هوشمند با بررسی که بر روی گندم انجام دادند، اظهار نمودند که دو مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۹ درصد از تنوع اثر متقابل را توجیه می‌نماید (۴). عملکرد ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها، مقادیر اولین و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل برای ارقام و محیط‌ها در جدول ۴ درج شده است. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در تمامی محیط‌ها برابر ۳/۳ تن در هکتار بود. بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ Progress با ۳/۶۲ تن در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Azargol به ترتیب با ۲/۹۳ و ۳/۰۲ تن در هکتار می‌باشد. عملکرد دانه ژنوتیپ Favorit برابر با ۳/۲۷ تن در هکتار بود که تقریباً در حد میانگین کل عملکرد می‌باشد. در بین محیط‌های مورد مطالعه محیط کرج با عملکردی برابر با ۴/۱۹ تن در هکتار و مقدار اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA1) نزدیک به صفر به عنوان پایدارترین محیط شناخته شد (جدول ۴).

1- Interaction principal components analysis

2- Noise

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه بر اساس روش امی برای ژنوتیپ‌های آفتابگردان در پنج محیط
Table 3. Analysis of variance results base AMMI method for grain yield of sunflower genotypes in five environments

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	واریانس توجیه شده (٪)
بلوک	۲	۲۲۹۶۸۳۷/۲۱	۱۱۴۸۴۱۸/۶۱^{ns}	۱/۶۰۱
محیط	۴	۴۶۵۲۱۵۸۷/۱۷	۱۱۶۳۰۳۹۶/۷۹**	۳۲/۴۳۵
ژنوتیپ	۱۱	۶۹۳۳۶۷۶/۵۱	۶۳۰۳۳۴/۲۳^{ns}	۴/۸۳۴
ژنوتیپ×محیط	۴۴	۳۲۱۶۰۵۱۴/۴۳	۷۳۰۹۲۰/۷۸*	۲۲/۴۲۲
IPCA1	۱۴	۱۶۵۶۰۳۶۴/۱۷	۱۱۸۸۲۸۸۳/۱۶**	۵۱/۴۹۲
IPCA2	۱۲	۱۰۵۶۷۳۸۳/۵۵	۸۸۰۶۱۵/۳۰*	۳۲/۸۵۸
باقیمانده (نویز)	۱۸	۵۰۳۲۷۶۶/۷۲	۲۷۹۵۹۸/۱۵^{ns}	۱۵/۶۴۸
خطا	۱۱۸	۵۵۵۱۴۶۵۵/۵	۴۷۰۴۶۳/۲	۳۸/۷۰۵
ضریب تغییرات (CV%)		۲۰/۷۸		

*، ** و ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

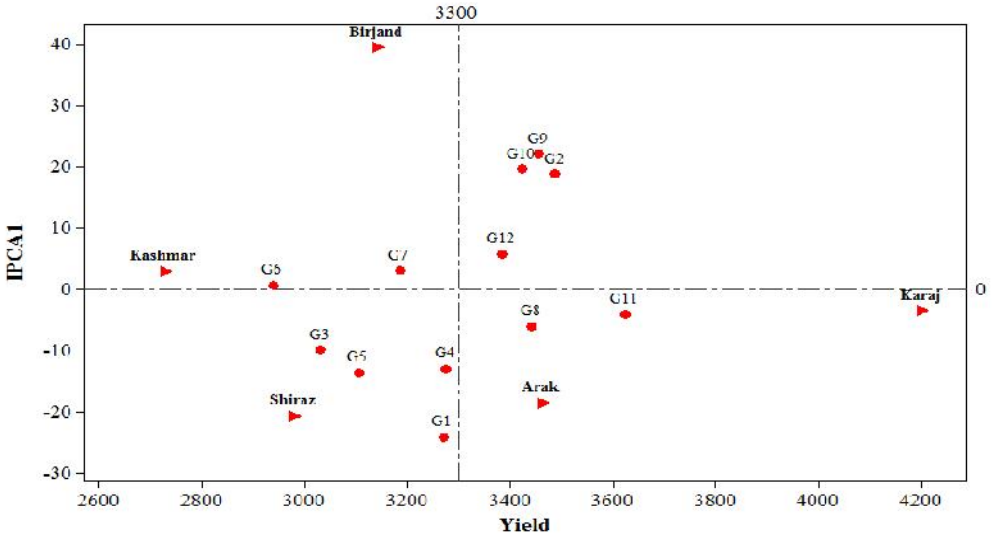
جدول ۴- میانگین عملکرد دانه، مقادیر مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل
Table 4. Mean of grain yield, the first and second interaction main components value

ژنوتیپ/ محیط	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	اولین مولفه اثر متقابل	دومین مولفه اثر متقابل	آماره پایداری امی (ASV)
Zargol	۳۲۶۸/۲۷	-۲۴/۰۷	-۴/۴۶	۳۷/۴۵
Armaverski	۳۴۸۵/۶۷	۱۸/۸۳	۶/۲۸	۳۰/۱۷
Azargol	۳۰۲۹/۶۷	-۹/۸۷	۲/۲۸	۱۵/۶۴
Favorit	۳۲۷۴/۱۳	-۱۲/۸۵	۲۵/۶۲	۳۲/۵۹
Master	۳۱۰۳/۸۷	-۱۳/۴۸	-۱۳/۸۷	۲۵/۲۸
SHF81-90	۲۹۳۷/۲۷	۰/۷۷	-۶/۶۳	۶/۷۴
Lakomka	۳۱۸۳/۸۰	۳/۱۳	۴/۷۰	۶/۷۹
Record	۳۴۴۱/۴۰	-۵/۹۵	۱۷/۷۱	۲۰/۰۱
Zaria	۳۴۵۳/۸۰	۲۲/۱۱	۰/۰۹	۳۴/۶۴
Sor	۳۴۲۱/۸۰	۱۹/۶۴	۱/۹۵	۳۰/۸۴
Progress	۳۶۲۲/۸۷	-۴/۰۴	-۱۹/۲۷	۲۰/۲۹
Gabur	۳۳۸۲/۱۳	۵/۷۹	-۱۴/۴۱	۱۷/۰۳
اراک	۳۴۵۹/۹۴	-۱۸/۴۶	-۲۶/۱۶	۳۹/۰۱
بیرجند	۳۱۳۹/۶۹	۳۹/۵۰	۵/۲۱	۶۲/۱۲
کرج	۴۱۹۸/۷۸	-۳/۴۶	-۴/۴۱	۶/۹۹
کاشمر	۲۷۲۶/۵۹	۳/۰۶	-۷/۶۲	۹/۰۰
شیراز	۲۹۷۶/۹۷	-۲۰/۶۴	۳۲/۹۸	۴۶/۱۹

در شکل (۱) بای‌پلات اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل با میانگین صفت عملکرد دانه ارائه شده است. در این نمودار ژنوتیپی که از نظر عملکرد (محور افقی) مقدار بیش‌تر و از نظر اولین مؤلفه اثر متقابل (محور عمودی) مقدار کم‌تری (نزدیک به صفر) داشته باشد، ژنوتیپ مطلوب‌تری خواهد بود زیرا این ژنوتیپ هم عملکرد بالایی دارد و هم پایدار است (شکل ۱ و جدول ۴). در این مطالعه ژنوتیپ Progress بیش‌ترین پایداری را داشت و ژنوتیپ پر محصول محسوب می‌شود زیرا عملکردی بیشتر از میانگین دارد و از نظر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل کمترین مقدار را به خود اختصاص داد و ژنوتیپ‌های Record و Gabur به ترتیب بعد از ژنوتیپ Progress بیش‌ترین پایداری را داشتند. خط عمود میانه نمودار، از میانگین کل آزمایش می‌گذرد، ژنوتیپ‌ها و محیط‌های طرف راست نمودار دارای عملکردی بیشتر از میانگین و ارقام سمت چپ این خط دارای عملکرد کمتر از میانگین می‌باشند. محور افقی در میانه نمودار نشان‌دهنده اولین مؤلفه اثر متقابل که از نقطه صفر (IPCA1=0) می‌گذرد که ناحیه عدم وجود اثر متقابل را نشان می‌دهد ژنوتیپ‌ها و مکان‌هایی که اثر متقابل بالایی را نشان می‌دهند دارای مقادیر بزرگ (مثبت یا منفی) برای اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل می‌باشند. هر چه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به خط افقی نزدیک‌تر باشند دارای اثر متقابل کم‌تری هستند. بر این اساس ژنوتیپ‌های SHF81-90، Lakomka و Progress و محیط‌های کرج و کاشمر از پایداری بیشتری برخوردار هستند. اگر ژنوتیپ و محیط از لحاظ اولین مؤلفه اثر متقابل هم علامت باشند، دارای اثر متقابل مثبت، و اگر از نظر این مؤلفه دارای علامت یکسان نباشند، اثر متقابل منفی دارند. محیط‌های کرج و اراک عملکردی بیش از میانگین داشته و از لحاظ اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل روند مشابهی داشته زیرا دارای اثر متقابل منفی می‌باشند. این دو محیط با ژنوتیپ‌های Record و Progress اثر متقابل مثبت و با ژنوتیپ‌های Armaverski، Zaria، Sor و Gabur اثر متقابل منفی دارند. محیط‌های بیرجند و کاشمر با ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Lakomka اثر متقابل مثبت اما عملکردی کمتر از میانگین دارند و با ژنوتیپ‌های Zargol، Azargol، Favorit و Master اثر متقابل منفی دارند. ژنوتیپ‌های Zargol، Azargol، Favorit و Master با محیط شیراز دارای اثر متقابل مثبت و عملکردی کم‌تر از میانگین دارند. در این نمودار ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که در امتداد یک خط عمودی هستند عملکرد یکسانی دارند مانند ژنوتیپ‌های Zargol و Favorit و همچنین ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که در امتداد یک خط افقی قرار گرفته باشند اثر متقابل مشابهی را نشان

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]

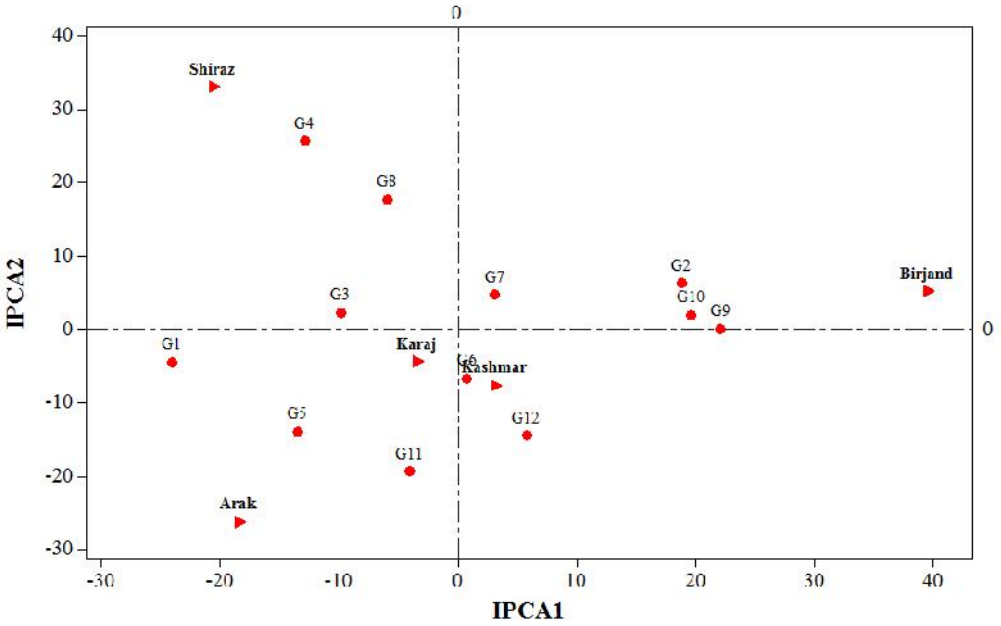
می‌دهند برای مثال ژنوتیپ‌های SHF81-90، Lakomka، Progress و محیط‌های کاشمر و کرج دارای اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مشابهی هستند (شکل ۱ و جدول ۴). ژنوتیپ‌هایی که از لحاظ عملکرد مقدار کم‌تری داشته باشند اما دارای مقادیر مثبت برای اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل باشند، برای کاشت در مناطق و نواحی ضعیف و فقیر مناسب می‌باشند؛ به عبارتی با مناطق فقیر اثر متقابل مثبت دارند (۱۷). در این مطالعه ژنوتیپ SHF81-90 چنین وضعیتی را نشان می‌دهد. جهت تمایز و جدا کردن ژنوتیپ‌ها، محیط‌هایی که دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل نزدیک به صفر می‌باشند، مناسب نیستند؛ کاشمر و کرج در این بای‌پلات چنین حالتی را دارا می‌باشند. عکس این موضوع نیز این گونه صدق می‌کند که محیط‌های دارای اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل بزرگ جهت تمایز و غربال ژنوتیپ‌ها مناسب می‌باشند مانند محیط‌های بیرجند و شیراز که به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل جهت جدا کردن ژنوتیپ‌ها مناسب می‌باشد.



شکل ۱- نمودار بای‌پلات میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در مقابل مقادیر اولین مولفه اصلی اثر متقابل
Figure 1. Biplot view of environments and genotypes yield for the first interaction main component

نمودار بای‌پلات مربوط به مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در شکل (۲) نمایش داده شده است. در این نمودار ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مشخص شده‌اند، آن‌هایی که از لحاظ مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل نزدیک به مبدأ مختصات (نزدیک به صفر) باشند دارای کمترین اثر متقابل می‌باشند. این نمودار (مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل) در مجموع ۸۴/۳۵۱ درصد از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌کند. در تفکیک ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها، سهم مؤلفه اصلی اول اثر متقابل (۵۱/۴۹ درصد) بیش‌تر و سهم مؤلفه اصلی دوم اثر متقابل (۳۲/۸۵ درصد) کم‌تر می‌باشد. در این نمودار ژنوتیپ‌هایی که در مجاورت یک مکان قرار داشته باشند با آن محیط سازگاری خصوصی دارند و ژنوتیپ‌هایی که نزدیک محورهای مؤلفه‌ها قرار گرفته باشند دارای سازگاری عمومی هستند (۲۳). بنا به تعریف ژنوتیپ‌های Progress، Master و Zargol با محیط‌های اراک و کرج، ژنوتیپ Favorit با محیط شیراز، ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Gabur با کاشمر و محیط بیرجند با ژنوتیپ‌های Armaverski، Sor و Zaria دارای سازگاری خصوصی می‌باشند. ژنوتیپ‌های SHF81-90، Lakomka، Zaria، Sor و Azargol از سازگاری عمومی بالایی برخوردار هستند زیرا به محورهای مولفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نزدیک می‌باشند (شکل ۲). آماره پایداری امی (ASV) نشان داد که ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Lakomka با کمترین میزان ASV به ترتیب ۶/۷۴۷ و ۶/۷۹۶ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و Zargol با دارا بودن بیش‌ترین میزان ASV ۳۷/۴۵۵، به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ شناخته شد (جدول ۴). می‌توان مناطق را بر اساس چهار ناحیه این نمودار (شکل ۲) تقسیم‌بندی کرد. مناطق هر ناحیه در یک گروه قرار می‌گیرند (۳،۱۰). بنابر این چهار گروه مناطق به صورت زیر می‌باشد: گروه اول شامل محیط‌های اراک و کرج، گروه دوم شامل محیط شیراز، گروه سوم شامل محیط کاشمر و گروه چهارم نیز شامل محیط بیرجند، بر همین اساس گروه‌هایی از ژنوتیپ‌ها که واکنش ژنوتیپی یکسانی دارند به صورت زیر گروه‌بندی می‌شوند: گروه اول شامل ژنوتیپ‌های Favorit، Record و Azargol، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های Zargol، Master و Progress، گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های Armaverski، Lakomka، Zaria و Sor، گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Gabur می‌باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]



شکل ۲- بای‌پلات اولین مولفه اصلی اثر متقابل در مقابل دومین مولفه اصلی اثر متقابل برای عملکرد دانه آفتابگردان
Figure 2. Biplot view for the first principal component interaction against second main component interaction for sunflower grain yield

مدل امی اثرات متقابل را به صورت دقیق و صحیح توجیه و ژنوتیپ‌های سازگار به هر منطقه آب و هوایی را از طریق نمایش گرافیکی نمایان می‌سازد. مناسب بودن این روش با محاسبه نویز مربوط به مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و نیز محاسبه ریشه میانگین مربعات باقی مانده مشخص می‌شود. در این پژوهش مدل امی محیط‌های مورد مطالعه را به چهار گروه تقسیم کرد. ژنوتیپ‌های Zargol، Master و Progress در محیط‌های اراک و کرج، ژنوتیپ‌های Azargol، Favorit و Record در محیط شیراز، ژنوتیپ‌های Armaverski، Lakomka، Zaria و Sor در محیط بیرجند و در محیط کاشمر ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Gabur از عملکرد نسبتا خوبی برخوردار بودند. بر اساس آماره پایداری امی در بین محیط‌های مورد بررسی، کرج با کمترین میزان ASV دارای بیشترین پایداری و کم‌ترین نقش در پدیده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بود و بیرجند با بیشترین میزان آماره پایداری امی به عنوان ناپایدارترین محیط شناخته شد (جدول ۴).

منابع

1. Abamuf, J. and A. Allurik. 1998. AMMI analysis of rain fed lowland rice (*Oriza sativa* L.) traits in Nigeria. Plant Breeding, 117: 395-397.
2. Anandan, A. and R. Eswaran. 2009. Genotype by environment interaction of rice (*Oryza sativa* L.) hybrids in the east ciast saline region of Tamil Nadu. In the Proceeding of 2nd Interaction Rice Congress, 226 pp.
3. Asenjo, C.A., R. Bezus and H.J. Acciaresi. 2003. Genotype by environment interaction of rice (*Oryza sativa* L.) in temperate region using the joint regression analysis and AMMI methods. Cereal Res. Communi, 31: 97-104.
4. Arminian, A. and S. Houshmand. 2012. Additive Main and Multiplicative Interaction Effect in Stability Analysis of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Yield. Journal of Crop Breeding, 4(9): 1-13.
5. Bange, M.P., G.L. Hammer and K.G. Rickert. 1997. Environmental control of potential yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the tropics. Australian Journal of Agricultural Research, 48: 231-240.
6. Becker, H.B. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding, 101: 1-23.
7. Cornelius, P. L. and J. Crossa. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. Crop Science, 39: 998-1009.
8. Crossa, J., H.G. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maiz cultivar trials. Crop Science, 30: 493-500.
9. Crossa, J., P.L. Cornelius and W. Yan. 2001. Biplot of linear-bilinear models for studying crossover genotype × environment interaction. Crop Science, 41: 158-163.
10. Crossa, J., P.N. Fox, W.H. Pfeiffer, S. Rajaram and H.G. Gauch. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an interaction wheat yield trial. Theoretical and Applied Genetics, 81: 27-37.
11. Dehghani, H., A. Ebadi and A. Yousefi. 2006. Biplot analysis of genotype by environment interaction for barley yield in Iran. Agronomy Journal, 98: 388-393.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]

12. Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: Interpretation of genotype × environment interaction. Crop Science, 42: 489-496.
13. Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Scientific & Technical, U.K. 438pp.
14. Farshadfar, E. and J. Sutka. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. Acta Agronomica Hungarica, 54: 459-467.
15. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: Genotype-by-Environment interaction, Kang MS and HG Gauch (Eds.). Boca Raton CRE CRC, New York, 85-122 pp.
16. Gower, J.C. and D.J. Hand. 1996. Biplots. Chapman and Hall, UK. 277 pp.
17. Hanamaratti, N.G., P.M. Salimth., C.H.M. Vijayakumar, R.L. Ravikumar, S.T. Kajjidoni and M.B. Chetti. 2009. Genotype stability of superior near isogenic introgression lines for productivity in upland rice. Karnataka Journal of Agriculture Science, 22: 736-740.
18. Kaiser, D.E., J.J. Wiersma and J.A. Anderson. 2014. Genotype and environment variation in elemental composition of spring wheat flag leaves. Agronomy Journal, 106: 324-336.
19. Lin, C.S., M.R. Binne and L.P. Lefcovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Science, 26: 894-900.
20. Kalateh-Jari, S., Kh. Mostafavi and A. Nabipour. 2014. Interaction of genotype and environment on the open pollinated sunflower (*Helianthus annuus*) cultivars based on parametrice methods and tai method. Journal of Crop Breeding, 8(17): 114-122.
21. Marinkovic, R., M. Jockovic, A. Marjanovic-Jeromela, S. Jocic, M. Ciric, I. Balalic and Z. Sakac. 2011. Seed yield and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using AMMI model. Helia, 34: 79-88.
22. Mostafavi, K., R. Choukan, M. Taeb, E. Majidi Heravan and M.R. Bihamta. 2011. Genetic potential evaluation of Iranian corn inbred line using griffing diallel and AMMI model. Journal of Agricultural Research, 2: 67-79 (In Persian).
23. 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: 1-12 (In Persian).
24. Peterson, C.J., M. Moffatt and J.R. Erickson. 1997. Yield stability of hybrid vs. pure line hard winter wheats in regional performance trials. Crop Science, 37: 116-120.
25. Qadir, G., S. Ahmad, F. Ul-Hassan and M.A. Cheema. 2006. Oil and fatty acid accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by temperature variation Pakistan Journal of Botany, 38: 1137-1147.
26. Radic, V., S. Jocic and J. Mrda. 2008. Effect of environment on the chemical composition and some other parameters of sunflower seed quality. In: Proceedings of the 17th international sunflower (*Helianthus annuus* L.) conference, Cordoba, pp: 747-750.
27. Rondanini, D., R. Savin and A.J. Hall. 2003. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. Field Crop Res, 83: 79-90.
28. Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd. U. K. 699pp.
29. Sabaghania, N., H. Dehghani and S.H. Shabaghpour. 2008. Graphic analysis of genotype×environment interaction of lentil yield in Iran. Agron, 100: 760-764.
30. Salah, B., M. Ahmed, A. Wahab and H. Abdalla. 2008. Genotype×environment interaction for yield and yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. Karnataka Journal of Agriculture Science, 16: 15-31.
31. Saeid, A., M. Moghadam and A. Mohammadi. 2005. Investigation of yield stability in rics cultivars and lines using AMMI analysis. Abstract article of 8th Iranian Congress in Agronomy and Plant Breeding. Gilan University, Rasht, 168 pp (In Persian).
32. Shafii, B. and W.J. Price. 1998. Analysis of genotype-by-environment interaction using the additive main effects and multiplicative interaction model and stability estimates. Journal of Agricultural, Biological. Environ. Stat, 3: 335-345.
33. Schoemam, L.J. 2003. Genotype x environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in South Africa. M.SC. Thesis, department of agronomy. Faculty of agricultural. University of Free State Bloemfontein, South Africa. 200 pp.
34. Stanley, O., P.B. Samante, T. Wilson, M.M. Anna and J.C. Medley. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environment using AMMI and SREG GGE Biplot analysis. Crop Science, 45: 2414-2424.
35. Tarakanovas, P. and V. Ruzgas. 2006. Additive main effact and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. Agronomy Research, 4: 91-98.
36. Vargas, M., J. Crossa, F. Vaneeuwijk, D.K. Sayre and M.P. Reynolds. 2001. Interpreting treatment×environment interaction in agronomy trials. Agron, 93: 949-960.
37. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. Crop Science, 47: 643-655.
38. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE-biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. 288 pp.
39. Yan, W. and L.A. Hunt. 2002. Biplot analtsis of multi-environment trial data, in M. S. Kang, ed. Quantitative genetics, genomics and plant breeding. CAB international, pp: 288-303.
40. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario, Crop Science, 42: 11-20.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]

Stability Study of Yield in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars using AMMI Method

Ali Khomari[1], Khodadad Mostafavi[2] and Abdollah Mohammadi[3]

1- Ph. D. student, Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj
2-Associated Professor, Islamic Azad University Karaj Branch (Corresponding author: mostafavi@kiau.ac.ir)
3- Associated Professor, Islamic Azad University Karaj Branch
Received: April 16, 2016 Accepted: July 4, 2016

Abstract

Genotype-environment interaction for plant breeders has been important as it is a complex issue in breeding for high yield varieties and releasing new genotypes. In order to assess adaptability and stability of sunflower varieties in different climate conditions, twelve cultivars were investigated in Karaj, Shiraz, Birjand, Kashmar and Arak in randomized complete block designs with three replications. To study genotype by environment interaction, additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model was used. Analysis of additive main effects (analysis of variance) and multiplicative interaction effects (principal components analysis) revealed that the effect of environment at 1% probability level and effect of genotype - environment interaction at 5% probability level were significant and tow first interaction principal components explained 84% of the interaction sum squares. Biplot of first interaction principle and mean yield revealed that Progress genotype had adequate yield and lowest value for first principle component. Therefore this genotype selected as a high yield and stable genotype; Record and Gabur genotypes were stable and high yield following Progress genotype. AMMI2 graph indicated that Progress, Master and Zargol in Arak and Karaj, Favorit, Record and Azargol in Shiraz, Gabur and SHF81-90 in Kashmar and Armaverski, Lakomka, Zaria and Sor in Birjand had specific adaptability. Among all genotypes, Zaria, Lakomka, SHF81-90, Gabur and Zargol had the highest general adaptability.

Keywords: Adaptability, AMMI, Genotype-environment interaction, Sunflower

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.117]