دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

بررسی پایداری عملکرد دانه در ارقام آفتابگردان با استفاده از روش‌های تک متغیره و مدل AMMI

عیسی انصاری‌فرد[۱]، خداداد مصطفوی[۲]، محمود خسروشاهلی[۳]، محمدرضا بی‌همتا[۴] و حسین رامشینی[۵]

۱- گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: mostafavi@kiau.ac.ir)
۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج
۵- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۳
صفحه: ۷۶ تا ۸۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: ارزیابی تاثیرات محیط‌های مختلف بر عملکرد دانه هیبریدهای آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و تعیین ژنوتیپ‌های برتر و پایدار در مکان‌های مختلف به عنوان الگویی برای پایداری و سازگاری با محیط مورد توجه است.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه در ۱۲ ژنوتیپ آفتابگردان، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) در پنج منطقه (کرج، بیرجند، فیروزآباد، کاشمر، اراک) و در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس در سطح احتمال ۱٪ حاکی از آن بود که تمام ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دارای اختلاف معنی‌داری با هم بودند. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که ژنوتیپ Zaria نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ برتر و ژنوتیپ Progress کمترین میزان رتبه را به خود اختصاص داد. بر اساس تجزیه واریانس مدل AMMI اثر محیط، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار بود و دو مولفه اول اثرمتقابل در مجموع بیش از ۸۰ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نمود (IPC1=52.4%, IPC2=27.9%). مدل AMMI1 نشان داد ژنوتیپ Zaria به دلیل داشتن کمترین میزان اولین مولفه اصلی اثر متقابل به عنوان ژنوتیپ پایدار شناسایی شد. مدل AMMI2 مشخص نمود که ژنوتیپ‌های Zargol و Master در اراک، ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Zaria در کاشمر، ژنوتیپ‌های Progress، Gabur، Favorite و Record در بیرجند و ژنوتیپ‌های Armaverski، Azargol و Lakumka در کرج و فیروزآباد دارای سازگاری خصوصی بودند. بر اساس روش‌های پارامترهای پایداری (واریانس محیطی، ضریب تغییرات، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، شیب رگرسیون، روش ابرهارت و راسل و ضریب تشخیص) ژنوتیپ Zargol به عنوان ژنوتیپ پایدار و ژنوتیپ SHF81-90 به عنوان ژنوتیپ ناپایدار شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی ژنوتیپ‌های Zaria و Zargol به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های SHF81-90 به‌عنوان ژنوتیپ ناپایدار شناسایی شد. نتایج همبستگی بین پارامترهای پایداری نیز حاکی از آن بود که پارامترهای واریانس محیطی و ضریب تغییرات با پارامترهای ابرهارت و راسل، واریانس شوکلا و اکووالانس ریک دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بودند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، پایداری، عملکرد دانه، مدل AMMI، همبستگی

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از چهار گروه عمده گیاهان روغنی است که از نظر سطح زیر کشت بعد از سویا، کلزا و بادام زمینی قرار دارد (۷) و منبع شاخص روغن خوراکی در سراسر جهان است. علاوه بر مصارف اولیه آن در خوراک انسان، روغن آفتابگردان دارای کاربردهای گسترده‌ای است و می‌تواند به عنوان مکمل در صنایع شیمیایی و هم چنین در صنایع داروسازی مورد استفاده قرار گیرد. بلغور که یک محصول جانبی از استخراج روغن در آفتابگردان است، منبع غنی از پروتئین است و به شکل مخلوط با کنجاله سویا در دامداری‌ها استفاده می شود (۳۱).

با توجه به افزایش جمعیت انسانی و تغییرات اقلیمی فرض بر این است که سطح زیر کشت و تولید آفتابگردان برای نیازهای آینده کافی نخواهد بود (۲۷). بنابراین برای دستیابی به عملکرد بالا و پایدار در شرایط مختلف، آفتابگردان بایستی به‌عنوان الگویی بالقوه برای سازگاری با محیط در حال تغییر پیشنهاد شده و مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این که آفتابگردان در سراسر جهان کشت می‌شود یکی از موضوعات چالش برانگیز در بین به‌نژادگران، اثر برهمکنش ژنوتیپ و محیط است. آگاهی در مورد تاثیر عوامل محیطی بر رشد و نمو محصول می‌تواند احتمال معنی‌دار شدن عملکرد را کاهش داده و انتخاب ژنوتیپ‌های خاص برای رشد در مناطق مورد نظر را بهبود بخشد (۲۲). در صورتیکه ژنوتیپ‌ها به عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شود، می‌توان از طریق آزمایشات محیطی مختلف بیشترین تولید هیبرید را در این شرایط خاص محیطی داشته باشند. این روش برای به حداکثر رساندن بهره‌وری هیبریدهای آفتابگردان در محیط و ارائه اطلاعات در مورد اثر ژنوتیپ، اثر محیط، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ضروری است (۳۵). تخمین ژنوتیپ در کلیه مکان‌های آزمایشی، بر اساس توانایی تفکیک‌پذیری آن‌ها امکان شناسایی ابر محیط‌ها را فراهم می‌آورد. ابر محیط‌ها مکان‌هایی هستند که با تنش‌های زیستی و غیر زیستی مشابه و نیازهای گیاهی همگن هستند (۳۹). به حفظ عملکرد گیاهان در هنگام تغییر شرایط محیطی پایداری گفته می‌شود. پایداری عملکرد، کیفیتی است که از طریق رقابت در جمعیت‌های ناهمگن ژنتیکی به ارث می‌رسد (۳۷). روش‌های مختلف از جمله روش‌های پارامتری و ناپارامتری جهت تحلیل آماری، به منظور برآورد ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ با محیط و کنترل آنها ارائه شده است، اما یک روش که توسط همه تأیید شده باشد، هنوز معرفی نشده است (۲۰). به دلیل متنوع بودن مولفه‌های عوامل محیطی، اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط پیچیده می‌باشد (۲۱). روش‌های آماری چند متغیره

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

به سبب توصیف اثر متقابل ژنوتیپ با محیط در مدل‌های چند بعدی نسبت به روش‌های معمول یک متغیره کارآمدتر هستند (۲۵). در بین روش‌های چند متغیره، روش AMMI[1] یا روش بررسی آثار اصلی جمع پذیر (ژنوتیپ و محیط) و برهمکنش ضرب پذیر (ژنوتیپ × محیط) به طور گسترده‌ای در برآورد اثر متقابل ژنوتیپ با محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار مورد استفاده قرارگرفته است (۴۰،۱). علت استفاده گسترده از روش AMMI این است که این مدل بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه می‌کند و اثرات اصلی و آثار متقابل را از یکدیگر تفکیک می‌کند (۱۱). هم چنین از نتایج حاصل از این روش برای پایه‌ریزی در برنامه‌های اصلاحی چون سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب استفاده می‌شود (۱۷). روش AMMI ترکیبی از تحلیل واریانس (ANOVA[2]) و تحلیل به مؤلفه‌های اصلی (PCA) است که می‌توان از آن برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده کرد (۱۶). به‌منظور تفکیک بین مدل AMMI و تجزیه به مولفه‌های اصلی، پارامترهای ضرب‌پذیر AMMI را با IPCA نشان می‌دهند. این روش در اصلاح نباتات روی دقت برآوردهای عملکرد ژنوتیپی در آزمایش‌های چند مکانی متمرکز شده است. با استفاده از مدل AMMI یک پارامتر پایداری معتبری برای پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شد، که آن را ارزش پایداری AMMI (ASV[3]) می‌نامند و در آن از دو مؤلفه اول AMMI برای این روش استفاده می‌گردد (۲۶). ژنوتیپ‌های دارای کمترین مقدار ASV، کوتاه‌ترین تصویر را از مبدا بای‌پلات دارند و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند (۳۶). شجاعی و همکاران به منظور بررسی پایداری ۱۲ هیبرید ذرت نیز از ارزش پایداری (ASV) در انجام مطالعات خود استفاده نمودند (۳۲). روش تحلیل AMMI در هدایت برنامه‌های اصلاحی مفید بوده و اصلاحگر را در انتخاب محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها با سازگاری خصوصی و عمومی کمک می‌نماید (۳). مطالعاتی در رابطه با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر روی عملکرد دانه آفتابگردان انجام شده است (۲۳،۸،۹،۱۰،۱۳،۶،۵). مارجانویچ و همکاران (۲۲) پایداری ۲۵ ترکیب هیبریدی جدید آفتابگردان را در برابر سه هیبرید استاندارد در سه مکان مورد مقایسه قرار دادند که در این بررسی عملکرد دانه در واحد سطح و درصد روغن در دانه با استفاده از تجزیه و تحلیل AMMI اندازه‌گیری شد. در این آزمایش تغییرات قابل توجهی در عملکرد دانه و درصد روغن دانه از یک مکان به مکان دیگر و در درون هر مکان مشاهده شد. عملکرد دانه عمدتا تحت تأثیر مکان (محیط) بوده در حالی که تغییرات در محتوای روغن با توجه به تفاوت‌های ژنوتیپی در هیبریدها بوده است. شومن (۳۰) برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در 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 دقیق ترین برآورد از پتانسیل عملکرد حقیقی ارقام و محیط‌های خاص که ژنوتیپ‌ها در آن‌ها ارزیابی می‌شوند، را بیان می‌کند.

استنلی و همکاران (۳۴) شش ژنوتیپ برنج را در دوازده محیط (چهار مکان و سه سال) از نظر عملکرد دانه مطالعه کردند. این محققین با برازش مدل AMMI2 و با رسم نمودار بای‌پلات مربوطه، ژنوتیپ‌های مناسب هر منطقه را شناسایی کردند. آکتر و همکاران (۲)، از مدل AMMI برای بیان ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس ترکیبی از تجزیه واریانس و تجزیه به مولفه‌های اصلی در برنج استفاده کردند.
هدف مطالعه حاضر ارزیابی تاثیرات محیط‌های مختلف بر عملکرد دانه هیبریدهای آفتابگردان و تعیین ژنوتیپ‌های برتر در مکان‌های آزمایشی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها، تعداد ۱۲ هیبرید آفتابگردان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و پنج ایستگاه تحقیقاتی شامل کرج، بیرجند، فیروزآباد، کاشمر و اراک در سال زراعی ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نام و خصوصیات ایستگاه‌های تحقیقاتی در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین مشخصات هیبریدهای استفاده شده در آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف کشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. بذور با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم کشت و کلیه مراحل داشت از قبیل آبیاری، وجین و تنک به طور مرتب و به صورت دستی انجام شد. نمونه‌برداری جهت حذف اثرات حاشیه‌ای از دو ردیف وسط صورت گرفت. میزان بذر مصرفی شش کیلوگرم در هکتار (۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) و میزان کود ازته ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد.

روش امی در واقع ترکیبی از مدل تحلیل واریانس و تحلیل به مؤلفه‌های اصلی است و مدل آن به صورت زیر می‌باشد:

$$y_{ijk} = \mu + g_i + e_j + \sum \delta_n \xi_{in} \eta_{jn} + \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

در این فرمول y_{ijk} عملکرد ژنوتیپ i در محیط j و در تکرار k میانگین کل، μ، g_i اثر اصلی ژنوتیپ (اختلاف میانگین ژنوتیپ از میانگین ژنوتیپ‌ها) e_j اثر اصلی محیط (اختلاف میانگین یک محیط از میانگین محیط‌ها)، δ_n مقدار منفرد مربوط به nامین مؤلفه اصلی باقی مانده در مدل که برابر با جذر ریشه مشخصه مربوط به همان مؤلفه اصلی است، N تعداد مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (I.P.C.) در مدل AMMI که برابر است با (e-1)، $N \leq \min(g-1)$ ξ_{in} بردار مشخصه برای iامین ژنوتیپ از n امین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC)، η_{jn} بردار مشخصه برای j امین محیط از nامین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC)، θ_{ij} عبارت مربوط به مقدار باقی مانده (نویز) و ε_{ijk} عبارت مربوط به خطاست (۱۳). پارامتر ارزش پایداری امی به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی لاین‌ها با توجه به ثبات عملکرد آنها با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۲۶):

$$ASV = \sqrt{\left[\frac{SSIPCA1}{SSIPCA2}(IPCA1_{score})\right]^2 + (IPCA2_{score})^2}$$

در رابطه فوق $SSIPCA1$ و $SSIPCA2$ به ترتیب مجموع مربعات اثر متقابل مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، $IPCA1$ و

1- Additive Main effects and Multiplicative Interaction 2- Analysis of Variance 3- AMMI Stability Value

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

$IPCA2$ به ترتیب مقدار مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل برای هر یک از لاین‌ها می‌باشند. به منظور بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها شوکلا بر اساس باقی مانده حاصل از طبقه‌بندی دو طرفه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، برآورد نااریب واریانس ژنوتیپ‌ها در تمام محیط‌ها را پیشنهاد نمود و این پارامتر پایداری را واریانس پایداری نام‌گذاری کرد که با δ_i^2 نشان داده می‌شود و از رابطه زیر بدست می‌آید (۳۳):

$$\delta_i^2 = \left[\frac{P}{(p-2)(q-1)}\right] \times \left(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..}\right)^2 - \frac{SSGE}{(p-1)(p-2)(q-1)}$$

در فرمول بالا مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به صورت زیر بدست می‌آید:

$$SSGE = \sum_i Wi = \sum_i^p \sum_j^q \left(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..}\right)^2$$

جدول ۱- خصوصیات جغرافیایی و کد مناطق مورد آزمایش

Table 1. Geographical specifications of the experiment areas

Area	Longitude	Latitude	Elevation MSL(m)	Average rainfall(mm)
Karaj(E1)	۵۰:۵۴	۳۵:۵۵	۱۳۱۲	۲۹۵
Birjand(E2)	۵۹:۱۲	۳۲:۵۲	۱۴۹۱	۱۷۱
Firooz-Abad(E3)	۵۲:۳۶	۲۹:۳۲	۱۶۰۰	۳۳۷/۸
Kashmar(E4)	۵۸:۲۸	۳۵:۱۲	۱۱۰۹	۱۷۸
Arak(E5)	۴۹:۴۶	۳۴:۰۶	۱۷۰۸	۳۴۱/۷

طبق واریانس پایداری شوکلا (۳۳) ژنوتیپی پایدار است که مقدار واریانس پایداری در آن حداقل باشد. ریک (۳۸) پارامتر W_i را پیشنهاد نمود که در این پارامتر از اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط برای هر ژنوتیپ به عنوان معیار پایداری استفاده می‌شود. اکووالانس در واقع میزان سهم هر ژنوتیپ در مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌باشد که مقادیر کمتر اکووالانس بیانگر پایداری بیشتر می‌باشد (۷).

$$\sum x_j^2 - \left(\frac{1}{t}\right)\left(x_{i.} - \frac{x^2}{s}\right)^2 \sum x_{ij}x_{.j} + \left(\frac{1}{s^2}\right) - \left(\frac{2}{s}\right) = \sum \bar{x}_{ij}{}^2\, w_i^2$$

سپس این رابطه به صورت زیر تغییر یافت (۲۹).

$$w_i^2 = \sum_j \left(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..}\right)^2$$

اکووالانس و واریانس پایداری از نظر درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسانی هستند. برآوردهای منفی واریانس پایداری را می‌توان برابر با صفر در نظر گرفت (۱۳). فرانسیس و کاننبرگ (۱۵) ضریب تغییرات مربوط به هر رقم را به عنوان پارامتر معرفی کردند و ژنوتیپ‌های با عملکرد بیش‌تر از میانگین و ضریب تغییرات کمتر از میانگین را به عنوان واریته پایدار تشخیص دادند. در این روش با استفاده از انحراف معیار و میانگین عملکرد هر ژنوتیپ آماره پایداری محاسبه می‌شود. ابرهارت و راسل (۱۲) علاوه بر شیب خط رگرسیون و متوسط عملکرد ارقام، میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون را نیز در میزان پایداری ارقام مهم تلقی کرده و رقم پایدار را رقمی با شیب رگرسیون یک و میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون کوچک و میانگین عملکرد بالا معرفی کردند.

همچنین برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها از روش AMMI استفاده شد و با به کارگیری این روش مقادیر مولفه‌های اصلی اثر متقابل ۱۲ ژنوتیپ آفتابگردان و محیط استخراج و با نمودارهای به دست آمده سازگاری خصوصی و عمومی ژنوتیپ‌ها مشخص شد (۳۴). محاسبات آماری این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS و Excel انجام گرفت و به منظور رسم نمودارهای مدل AMMI1 و AMMI2 از نرم‌افزار GGE biplot استفاده شد.

جدول ۲- کد، نام و منشاء ۱۲ ژنوتیپ آفتابگردان مورد بررسی در آزمایش

Table 2. Origin and names and code of sunflower varieties studied in the project

Genotype no.	Genotype	Origin	Genotype no.	Genotype	Origin
G1	Progress	Russia	G7	SHF81-90	Russia
G2	Gabur	Russia	G8	Zaria	Iran
G3	Zargol	Iran	G9	Favorite	Russia
G4	Armaverski	Russia	G10	Record	Romania
G5	Azargol	Iran	G11	Lakumka	Russia
G6	Master	Russia	G12	Bulg3	Bulgaria

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ساده در سطح احتمال ۱٪ ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه، ارقام اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. بیشترین میزان درصد ضریب تغییرات مربوط به ایستگاه کاشمر (۲۳/۳۹) و کمترین میزان آن مربوط به ایستگاه اراک (۱۶/۶۵) بود (جدول ۳).

در بررسی به عمل آمده در مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۱٪، در منطقه کرج ژنوتیپ Zaria (۵/۴۳ تن در هکتار) برترین ژنوتیپ با پتانسیل عملکرد بالا و Progress (۲/۲۶ تن در هکتار) نامطلوب‌ترین ژنوتیپ، در منطقه بیرجند Master (۴/۱۳ تن در هکتار) و Zaria (۳/۸۷ تن در هکتار) برترین ژنوتیپ‌ها و Progress (۱/۸۵ تن در هکتار) نامطلوب‌ترین ژنوتیپ، در مناطق فیروزآباد و کاشمر به ترتیب ژنوتیپ‌های Zaria (۴/۶۹ و ۵/۴۸ تن در هکتار) و Progress (۱/۸۳ و ۱/۸ تن در هکتار) برترین و نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند و در نهایت در منطقه اراک ژنوتیپ‌های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

SHF81-90 و Zaria برترین ژنوتیپ‌ها (۴/۴۳ و ۴/۳۸ تن در هکتار) بودند و Progress (۲/۲۱ تن در هکتار) نامطلوب‌ترین ژنوتیپ شناخته شد. با این اوصاف در تمامی مکان‌های مورد بررسی ژنوتیپ Zaria به‌عنوان ژنوتیپ برتر (مطلوب‌ترین) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها شناخته شد. همچنین ژنوتیپ Progress در همه مناطق کمترین رتبه را دریافت نمود و به عنوان ژنوتیپ نامطلوب معرفی شد (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مدل AMMI حاکی از آن بود که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (IPCA) در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان دهنده تفاوت در میزان عملکرد دانه ارقام آفتابگردان مورد بررسی در محیط‌های مختلف و معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام مورد بررسی است. فرشادفر و همکاران (۱۴) با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط اعلام کردند بخش عمده تنوع کل، مربوط به محیط و پس از آن ژنوتیپ×محیط بود. مولفه‌های اثر متقابل اول (IPCA1) و دوم (IPCA2) برای عملکرد دانه معنی‌دار شد و به ترتیب ۵۲/۴۴ و ۲۷/۹۴ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمودند (جدول ۵). مقادیر اولین و دومین مولفه اصلی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به ترتیب در جدول ۶ ارائه شده است. به طور کلی محیط‌هایی که دارای اولین مولفه اثر متقابل بزرگ باشند برای شناسایی، تمایز و غربال ژنوتیپ‌ها مناسب هستند. در این مطالعه محیط کاشمر (E4) برای غربال و جدا کردن ژنوتیپ‌ها به‌عنوان محیط مناسب انتخاب شد. ژنوتیپ Favorite دارای کمترین میزان IPCA1 بود ولی با توجه به این که ژنوتیپ Zaria دارای بیشترین میزان میانگین عملکرد بود و دارای میزان IPCA1 پایینی بود به عنوان ژنوتیپ پایدار شناسایی شد و می‌توان از آن به عنوان ژنوتیپی مناسب برای کاشت در مناطق و سال‌های مختلف استفاده نمود. یان و هانت (۴۰) و آکورا و همکاران (۱) داشتن دو مولفه اول معنی‌دار در مدل AMMI را بهترین حالت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دانستند. براساس رتبه‌بندی ASV نیز ژنوتیپ Zargol با توجه به این که کمترین میزان این آماره را دارا بود به عنوان ژنوتیپ پایدار شناسایی شد. در این رتبه‌بندی ژنوتیپ Zaria در رتبه چهارم قرار گرفت. هم چنین ژنوتیپ SHF81-90 با توجه به این که بیشترین میزان این آماره را دارا بود به عنوان ژنوتیپ ناپایدار شناسایی شد (جدول ۶). از این رو ژنوتیپ‌هایی که بر اساس پارامترهای ASV و IPCA به عنوان ژنوتیپی پایدار معرفی می‌شوند، تمایل به میانگین عملکرد کمتری دارند (۷).

محمدی و همکاران (۲۴) به‌منظور تجزیه بهتر اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط از پارامترهای پایداری برای محیط‌ها استفاده نمودند. مقادیر پارامترهای پایداری بر روی داده‌های حاصل از پنج منطقه در جدول ۷ آمده است. بر اساس واریانس محیطی ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین میزان این آماره هستند به عنوان مطلوب‌ترین هیبرید انتخاب می‌شوند که بر این اساس ژنوتیپ‌های Bulg3 (۰/۱۲) و Progress (۰/۰۶۹) نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها دارای واریانس محیطی کمتری بودند و به عنوان مطلوب‌ترین و پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش معرفی شدند. ژنوتیپ SHF81-90 (۱/۰۶) با توجه به این که دارای بیشترین میزان واریانس محیطی بودند، به‌عنوان ناپایدارترین هیبریدها معرفی شد. ارقامی پایدار هستند که با داشتن میانگین عملکرد مناسب واریانس محیطی پایینی داشته باشند (۲). بر اساس ضریب تغییرات محیطی (CV_i)، ژنوتیپی پایدار است که دارای کمترین میزان این پارامتر باشد. به عبارت دیگر، واریته‌هایی انتخاب می‌شوند که علاوه بر دارا بودن واریانس پائین، میانگین عملکرد بالاتری داشته باشند. بر این اساس ژنوتیپ Zargol (۱۱/۵) دارای کمترین میزان این پارامتر بود و به عنوان پایدارترین هیبرید معرفی شد. هم چنین ژنوتیپ SHF81-90 (۲۷/۹) با توجه به این که بیشترین میزان ضریب تغییرات محیطی را به خود اختصاص داده بود به عنوان ناپایدارترین هیبرید معرفی شد. بر اساس روش‌های مبتنی بر واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط که عبارتند از واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک هر چه میزان این آماره‌ها در ژنوتیپ‌ها کمتر باشد به عنوان پایدارترین هیبریدها گزینش می‌شوند. بر این اساس ژنوتیپ Zargol (۰/۰۱۷-، ۰/۰۷) با توجه به این که در هر دو آماره دارای کمترین مقدار بودند به‌عنوان پایدارترین هیبرید معرفی شد. هم چنین ژنوتیپ SHF81-90 (۱/۱۴، ۲/۸۵) به دلیل دارا بودن بیشترین میزان این دو آماره به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ معرفی شد و دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های مساعد می‌باشد. جهرمی و همکاران (۱۹) هم در مطالعه خود با بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امید بخش گندم دوروم در اقلیم گرم وخشک جنوب ایران به این نکته اشاره کردند که اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا از نظر درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسانی هستند. ژنوتیپی که دارای شیب رگرسیون نزدیک به یک (b=۱) باشد بیشترین پایداری را در محیط‌های مختلف نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر دارد و جزو واریته‌هایی با سازگاری عمومی محسوب می‌گردند. درضمن ژنوتیپ‌هایی که دارای شیبی به صورت معنی‌دار بزرگتراز یک باشند واریته‌های پاسخ ده بوده و دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های با عملکرد بالا می‌باشند. ژنوتیپ‌های دارای شیبی کمتر از یک (نزدیک به صفر)، ژنوتیپ‌هایی با پایداری بیولوژیکی بوده و قابل توصیه برای محیط‌های بسیار ضعیف خواهند بود. لذا سازگاری خصوصی به محیط‌های دارای عملکرد پایین دارند. بر این اساس ژنوتیپ‌های Gabur، Zargol، Azargol، Zaria، Favorite و Lakumka دارای شیب رگرسیون بالاتر از ۱ بودند. هم‌چنین بر اساس روش ضریب رگرسیون ابرهارت و راسل (۱۲) که بر پایداری زراعی تاکید دارد، هر ژنوتیپی که دارای کمترین میزان این آماره باشد از پایداری بیشتری برخوردار خواهد بود. در نتیجه ژنوتیپ‌های Zargol (۰/۰۳۶) و Progress (۰/۰۴) دارای کمترین میزان این پارامتر بودند و به‌عنوان پایدارترین هیبریدها معرفی شدند. هم‌چنین ژنوتیپ SHF81-90 (۱/۴۴) به دلیل این که دارای بیشترین میزان این پارامتر بودند به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند. آکورا و همکاران (۱) در مطالعات خود بر روی گندم دوروم

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

نتیجه‌گیری نمودند که روش ابرهارت و راسل برای تعیین ارقام پایدار مناسب است. بر اساس روش ضریب تشخیص (تبیین) ژنوتیپی پایدار است که دارای بیشترین میزان این آماره باشد. بر این اساس ژنوتیپ Zargol (۰/۸۴) با دارا بودن بیشترین میزان، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ و ژنوتیپ Bulg3 (۰/۰۵) به دلیل دارا بودن کمترین مقدار این آماره به عنوان ناپایدارترین هیبریدها معرفی شدند. البته ضریب تشخیص به صورت کامل نمی‌تواند معرف ژنوتیپ پایدار باشد زیرا این روش فقط برازش مدل رگرسیونی را نشان می‌دهد. لذا این آماره می‌بایست با توجه به مدل رگرسیونی توجیه شود. همانطور که ملاحظه می‌شود، در روش واریانس محیطی ژنوتیپ‌های Progress و Bulg3، در روش ضریب تغییرات محیطی ژنوتیپ Zargol، در روش مبتنی بر واریانس ژنوتیپی، ژنوتیپ Zargol، در روش ضریب رگرسیون ابرهارت و راسل ژنوتیپ‌های Zargol و Bulg3 و در روش ضریب تشخیص ژنوتیپ Zargol به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند که این نتایج نشانه وجود تفاوت‌هایی در انتخاب هیبریدها می‌باشد. به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از روش‌های پارامترهای پایداری، می‌توان این گونه نتیجه‌گیری نمود که ژنوتیپ Zargol به‌عنوان ژنوتیپ پایدار انتخاب شده و ژنوتیپ SHF81-90 نیز به‌عنوان ژنوتیپ ناپایدار شناسایی شد (جدول ۷). به‌منظور بررسی همبستگی بین پارامترهای پایداری از تجزیه ضریب همبستگی استفاده شد. در این بررسی پارامتر واریانس محیطی با پارامترهای ضریب تغییرات، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا و پارامتر ابرهارت و راسل دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. پارامتر ضریب تغییرات نیز با پارامترهای اکوالانس ریک، واریانس شوکلا، شیب رگرسیون و پارامتر ابرهارت و راسل دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. در بررسی پارامتر اکووالانس ریک، همبستگی مثبت و معنی‌داری با پارامترهای واریانس شوکلا و ابرهارت و راسل و همبستگی منفی و معنی‌داری با پارامتر ضریب تشخیص مشهود بود. آماره واریانس شوکلا نیز با پارامتر ابرهارت و راسل دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با پارامتر ضریب تشخیص دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بود. در بررسی پارامتر شیب رگرسیون همبستگی مثبت و معنی دار با پارامتر ضریب تشخیص و در بررسی آماره ابرهارت و راسل همبستگی منفی و معنی‌داری با پارامتر ضریب تشخیص مشهود بود (جدول ۸). زارعی و همکاران (۴۱) در مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی بین اکووالانس ریک، واریانس شوکلا همبستگی معنی‌داری مشاهده کردند. در مقایسه روش‌های آماری برای توصیف اثر متقابل ژنوتیپ × محیط همبستگی بسیار معنی‌داری میان روش ابرهارت و راسل با واریانس شوکلا، اکووالانس ریک و ارزش پایداری امی مشاهده گردید (۲).

بر اساس مدل AMMI1 (شکل ۱)، که ۸۶/۹ درصد از مجموع مربعات واریانس داده‌ها را توجیه نمود، سهم محیط ۱۱/۴۹ درصد، سهم ژنوتیپ ۶۰/۹۲ درصد و سهم مولفه اول ۱۴/۵ درصد بود. بر این اساس هر ژنوتیپی که نزدیک محور میانگین و در قسمت مثبت قرار دارد از پایداری بالاتری برخوردار است. ژنوتیپ‌های Armaverski، Zargol و Lakumka نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از پایداری بیشتری برخوردار بودند. ژنوتیپ Azargol به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ با عملکرد کم و ژنوتیپ Zaria به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ با عملکرد بالا شناخته شد. آلبرت (۴) و روچا و همکاران (۲۸) اعلام نمودند نتایج ارزش پایداری AMMI و بای پلات با هم مطابقت دارند. بر اساس نمودار AMMI2 (شکل ۲)، ۸۰/۳ درصد از اطلاعات مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ و محیط توجیه شد که از این مقدار ۵۲/۴ درصد مربوط به مولفه اول و ۲۷/۹ درصد مربوط به مولفه دوم بود. بر اساس این نمودار، ژنوتیپ Zargol در منطقه اراک، ژنوتیپ SHF81-90 در منطقه کاشمر، ژنوتیپ Azargol در مناطق کرج و فیروزآباد و ژنوتیپ Blug3 در منطقه بیرجند از خود عملکرد بالاتری را نسبت به سایر مناطق نشان دادند. ژنوتیپ‌های Zargol و Progress نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از پایداری بیشتری برخوردار بودند ولی بر خلاف نمودار AMMI1 که ژنوتیپ‌های Lakumka و Armaverski نیز دارای پایداری بیشتری بودند، در نمودار AMMI2، این ژنوتیپ‌ها ناپایدار شناسایی شدند (شکل ۲). در این نمودار می‌توان چهار ناحیه شناسایی کرد. مناطق هر ناحیه در یک گروه قرار می‌گیرند (۴). گروه اول شامل محیط کاشمر، گروه دوم شامل اراک، گروه سوم شامل کرج و فیروزآباد و گروه چهارم شامل بیرجند بود. گروه‌های ژنوتیپی که واکنش ژنوتیپی یکسانی دارند به شکل زیر گروه‌بندی شدند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های Zargol و Master، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های SHF81-90 و Zaria، گروه سوم شامل ژنوتیپ‌هایProgress، Gabur، Favorite، Record وBulg3 و گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های Armaverski، Azargol و Lakumka بود. بر اساس آماره پایداری امی در بین محیط‌های مورد بررسی، اراک با کمترین میزان ASV دارای بیشترین پایداری و فیروزآباد با دارا بودن بالاترین میزان ASV ناپایدارترین محیط شناسایی شد (جدول ۶).

جدول ۳- تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه آفتابگردان در ۵ محیط آزمایشی

Table 3. Simple variance analysis for grain yield of sunflower in five areas

Source of variation	Df	Karaj	Birjand	Firooz-Abad	Kashmar	Arak
Block	۲	۰/۷۱^{ns}	۲/۵۲^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۳/۱۹**
Genotype	۱۱	۱/۸۶**	۱/۰۱*	۱/۴۷**	۳/۳۵**	۱/۰۵*
Error	۲۲	۰/۴	۰/۵	۰/۳۴	۰/۵۹	۰/۵۵
CV (%)	–	۱۶/۶۵	۲۲/۷	۱۹/۳	۲۳/۳۹	۲۲/۱

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

جدول۴- مقایسه میانگین عملکرد به روش دانکن با سطح احتمال ۱٪ در آزمایش ۱۲ هیبرید آفتابگردان در ۵ منطقه آزمایشی

Table 4. Yield mean comparison by Duncan method with 1% probability in 12 hybrids of sunflower in 5 experiment regions

Genotype	Karaj	Birjand	Firooz-Abad	Kashmar	Arak
G1	۲/۲۶^{a}	۱/۸۵^{D}	۱/۸۳^{C}	۱/۸^{e}	۲/۲۱^{D}
G2	۴/۰۱^{DC}	۳/۴۱^{a}	۲/۹۲^{DC}	۲/۴۵^{ae}	۳/۰۲^{aD}
G3	۳/۸۷^{DC}	۳/۲۶^{a}	۲/۹۶^{DC}	۳/۵۶^{DCa}	۳/۵۱^{aD}
G4	۳/۵^{DC}	۲/۷۵^{aD}	۳/۶۴^{D}	۳/۳۱^{DCa}	۳/۳۴^{aD}
G5	۴/۶۶^{aD}	۳/۰۱^{aD}	۳/۴۹^{D}	۲/۹۱^{Cae}	۳/۴۵^{aD}
G6	۳/۷۴^{DC}	۴/۱۳^{a}	۲/۶۶^{DC}	۴/۱۵^{aDC}	۳/۲۶^{aD}
G7	۳/۵۵^{DC}	۲/۹۱^{aD}	۲/۷۶^{DC}	۴/۷۵^{aD}	۴/۴۳^{a}
G8	۵/۴۳^{a}	۳/۸۷^{a}	۴/۶۹^{a}	۵/۴۸^{a}	۴/۳۸^{a}
G9	۴/۲۲^{DC}	۳/۲۵^{a}	۲/۸۹^{DC}	۲/۶۴^{ae}	۳/۳۳^{aD}
G10	۳/۴۳^{DC}	۲/۸۱^{aD}	۲/۸۵^{DC}	۲/۳۷^{ae}	۳/۱۲^{aD}
G11	۳/۹۵^{DC}	۲/۹۲^{aD}	۳/۳۵^{D}	۳/۳۳^{DCa}	۳/۰۴^{aD}
G12	۳/۰۶^{Ca}	۳/۳۶^{a}	۲/۵۷^{DC}	۲/۸۱^{Cae}	۳/۱۷^{aD}

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد دانه بر اساس روش AMMI برای ژنوتیپ‌های آفتابگردان در ۵ محیط

Table 5. Variance analysis base AMMI method for grain yield of sunflower genotypes in five areas

Source of variation	Df	Sum of square	Mean square	% Explained	%Accumulated
بلوک (Block)	۲	۵/۸۵	۲/۹۲^{ns}		
محیط (Environment)	۴	۳۶/۴	۹/۱۱**		
ژنوتیپ (Genotype)	۱۱	۴/۲۹	۰/۳۹*		
محیط ×ژنوتیپ(G×E)	۴۴	۲۳/۳۵	۰/۵۳*		
IPCA1	۱۴	۱۲/۱	۰/۸۶**	۵۲/۴۴	۵۲/۴۴
IPCA2	۱۲	۴/۹۵	۰/۴۱**	۲۷/۹۴	۸۰/۳۸
IPCA3	۱۰	۴/۰۹	۰/۴۰^{ns}	۱۲/۱۷	۹۲/۵۵
IPCA4	۸	۲/۱۹	۰/۲۷^{ns}	۷/۴۵	۱۰۰
خطا (Error)	۱۱۸				
ضریب تغییرات (٪)		۲۳/۲۷			

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری

جدول ۶- مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر اساس آماره پایداری AMMI

Table 6. The first and second interaction main factors value and genotypes and environments ranking according to AMMI stability statistic

Genotype/Environment	IPCA1	IPCA2	ASV	Rank (ASV)
G1	-۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۹	۰/۰۲۳	۶
G2	-۰/۰۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۳۹	۱۱
G3	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۱۰	۱
G4	۰/۰۱۱۲	-۰/۰۱۲	۰/۰۲۷	۷
G5	-۰/۰۱۶۱	-۰/۰۱۱	۰/۰۳۷	۱۰
G6	۰/۰۱۲۴	۰/۰۲۲۳	۰/۰۳۵	۹
G7	۰/۰۳۳۲	-۰/۰۰۱۸	۰/۰۷۴	۱۲
G8	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۰۴	۰/۰۲۰	۴
G9	-۰/۰۱۴۲	۰/۰۰۳۷	۰/۰۳۲	۸
G10	-۰/۰۱۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۲۲	۵
G11	-۰/۰۰۲۷	-۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۱	۲
G12	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۶۳	۰/۰۱۶	۳
E1	-۰/۰۲۰۷	-۰/۰۱۰۷	۰/۰۴۷	۴
E2	-۰/۰۱۰۴	۰/۰۳۳۳	۰/۰۴۰	۳
E3	-۰/۰۱۴۹	-۰/۰۲۰۲	۰/۰۸۹	۵
E4	۰/۰۳۸۳	-۰/۰۰۵۱	۰/۰۳۶	۲
E5	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۲۸	۰/۰۱۷	۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

جدول ۷- نتایج روش‌های پارامترهای پایداری بر روی صفت عملکرد دانه در ۱۲ هیبرید آفتابگردان در ۵ منطقه آزمایشی

Table 7. The results of stability parameters method on grain yield trait in 12 hybrids of sunflower at 5 experimental regions

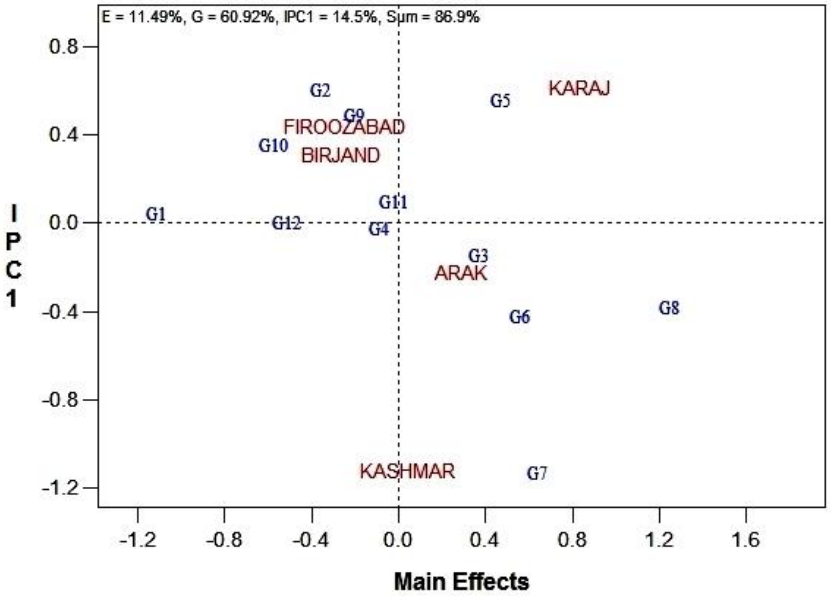
Genotype	S^2_i	CV	w^2	δ^2	b_i	S^2_{di}	R^2
G1	۰/۰۶۹	۱۳/۲	۰/۱۲	۰/۰۰۵	۰/۶	۰/۰۴	۰/۶
G2	۰/۴۵	۲۱/۳	۰/۸۳	۰/۳۴	۱/۲۸	۰/۳۹	۰/۴۱
G3	۰/۱۵۷	۱۱/۵	۰/۰۷	-۰/۰۱۷	۱/۰۷	۰/۰۳۶	۰/۸۴
G4	۰/۱۵۳	۱۱/۸	۰/۵۸	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۰۷۹
G5	۰/۶۴	۲۲/۸	۰/۹۳	۰/۳۴	۱/۹۳	۰/۳۱	۰/۶۷
G6	۰/۵۳	۲۰/۳	۱/۵۶	۰/۶	۰/۵۸	۰/۷۴	۰/۰۷۴
G7	۱/۰۶	۲۷/۹	۲/۸۵	۱/۱۴	۰/۹	۱/۴۴	۰/۰۸
G8	۰/۶۲	۱۶/۶	۱/۲۷	۰/۴۸	۱/۴۱	۰/۵۹	۰/۳۶
G9	۰/۴۸	۲۱/۱	۰/۶۲	۰/۲۱	۱/۶۷	۰/۲۳	۰/۶۷
G10	۰/۲۰	۱۵/۶	۰/۳۵	۰/۱	۰/۸۷	۰/۱۷	۰/۴۲
G11	۰/۲۱	۱۳/۸	۰/۲۵	۰/۱۰۵	۱/۰۷	۰/۳۱	۰/۶۲
G12	۰/۱۲	۱۱/۸	۰/۵۵	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۰۵

جدول ۸- تجزیه همبستگی بین پارامترهای پایداری در ۱۲ هیبرید آفتابگردان در ۵ منطقه آزمایشی

Table 8. Correlation analysis among stability parameters in 12 hybrids of sunflower in 5 experimental regions

	ضریب تغییرات (CV)	اکووالانس ریک (W^2)	واریانس شوکلا (δ^2)	شیب رگرسیون (b_i)	پارامتر ابرهارت و راسل (S^2_{di})	ضریب تشخیص (R^2)
واریانس محیطی (S^2_i)	۰/۹۱۷**	۰/۹۱۴**	۰/۹۰۸**	۰/۴۵ns	۰/۸۸**	-۰/۲۳ns
ضریب تغییرات (CV)		۰/۷۹۷**	۰/۷۹۴**	۰/۵*	۰/۷۶**	-۰/۱۳ns
اکووالانس ریک (w^2)			۰/۹۹**	۰/۰۶ns	۰/۹۷**	-۰/۵۶*
واریانس شوکلا (δ^2)				۰/۰۵ns	۰/۹۸**	-۰/۵۷*
شیب رگرسیون (b_i)					۰/۰۳۳ns	۰/۶۴*
پارامتر ابرهارت و راسل (S^2_{di})						-۰/۵۲*

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری

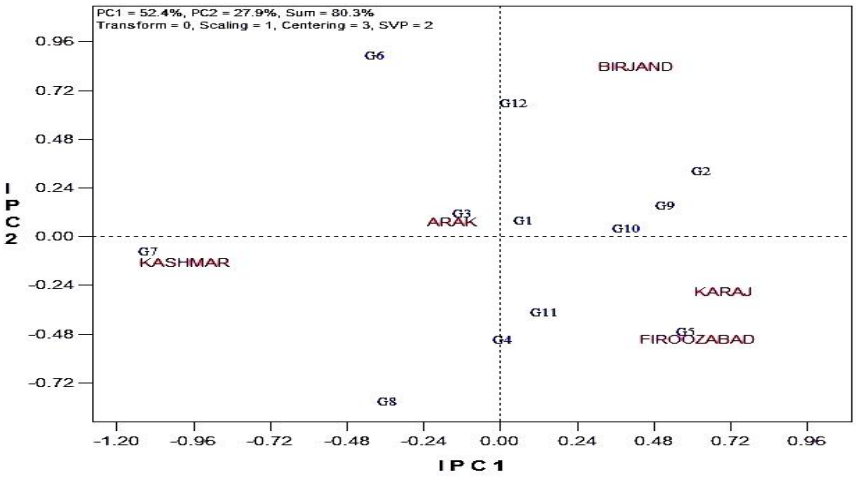


شکل ۱- نمودار میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در مقابل مقادیر اولین مولفه اصلی اثر متقابل

Figure1. Biplot view of environments and genotypes yield for the first interaction main component

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]



شکل ۲- نمودار 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

منابع

1. Akcura, M., Y. Kaya and S. Taner. 2005. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the centeral Anatolian region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29: 369-375.
2. Akter A, J. Hassan, U. Kulsum, I.K. Hossain and M. Rahman. 2014. AMMI Biplot Analysis for Stability of Grain Yield in Hybrid Rice (*Oryza sativa* L.). Journal Rice Research, 2(2): 126.
3. Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype× environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. M.Sc. Thesis. Department of Plant Sci. The University of the Free State, Bloemfontein.
4. 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 Research Communications, 31: 97-104.
5. Branković, G., I. Balalić, M. Zorić, V. Miklič, S. Jocić and G. Šurlan-Momirović. 2012. Characterization of sunflower testing environments in Serbia. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36(3): 275-283.
6. Casadebaig, P., E. Mestries and P. Debakey. 2016. A model-based approach to assist variety evaluation in sunflower crop. European Journal of Agronomy, 81: 92-105.
7. Chukan, R. 2007. Methods of genetic analysis of quantitative traits in plant breeding, publication of agricultural education, 270 pp.
8. De La Vega, A.J. and S.C. Chapman. 2001. Genotype by environment interaction and indirect selection for seed yield in sunflower, II. Three-mode principal component analysis of oil and biomass yield across environments in Argentina. Field Crops Research, 72(1): 39-50.
9. De La Vega, A.J. and S.C. Chapman. 2006. Defining sunflower selection strategies for a highly heterogeneous target population of environments. Crop Science, 46(1): 136-144.
10. De La Vega, A.J. and S.C. Chapman. 2010. Mega-environment differences affecting genetic progress for yield and relative value of component traits. Crop Science, 50(2): 574-583.
11. Ebdon, J.S. and H.G. Guach. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trails. II Cultivar recommendations. Crop Science, 42: 489-496.
12. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
13. Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. Razi University. Kermanshah, Iran (In Persian).
14. Farshadfar, E., N. Mahmodi and A. Yaghotipoor. 2011. AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Crop Science, 5: 1837-1844 (In Persian).
15. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58(4): 1029-1034.
16. Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometr, 44(3): 705-715.
17. Guach, H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega environments and targeting genotypes. Crop Science, 37: 311-326.http://dx.doi.org/10.4172/jrr.1000126.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

18. Hu, J., G. Seiler and C. Kole. 2010. Genetics, Genomics and Breeding of Sunflower. CRC Press, Clemson, USA.
19. Jahromi, M.A., M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011. Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran.Iranian Journal of Crop Sciences, 13: 565-579 (In Persian).
20. Kaya, Y., M. Akcura and S. Taner. 2006. GGE-Biplot analysis of multi environment yield trials in bread wheat. Bahari Dağdaş International Agricultural Research Institute. Turkish. Journal of Agriculture and Forestry. For, 30: 325-337.
21. Krishnamurthy, S.L., S.K. Sharma, D.K. Sharma, P.C. Sharma, P. Singh and V.K. Shra, et al. 2015. Analysis of Stability and G × E interaction of Rice Genotypes across Saline and Alkaline Environments in India Cereal Research Communications 44(2): 349-360. DOI: 10.1556/0806.43.2015.05.
22. Marjanović-Jeromela, A., N. Nagl, J. Gvozdanović-Varga, N. Hristov, A. Kondić-Špika, M. Vasić and R. Marinković. 2011. Genotype by environment interaction for seed yield per plant in rapeseed using AMMI model. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46(2): 174-181.
23. Mijić, A., I. Liović, A. Sudarić, D. Gadžo, Z. Jovović, M. Jankulovska, A. Markulj-Kulundžić and T. Duvnjak. 2017. The effect of environment on the phenotypic expression of grain yield, oil content and oil yield in sunflower hybrids. Agriculture and Forestry, 63(1): 309-318.
24. Mohammadi, R., S.S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Crop Science Resource, 59: 546-553.
25. Najafian, G., A.K. Kaffashi and A. Jafar- Nezhad. 2010. Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotype grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. Journal of Agricultural Science and Technology, 12: 213-222.
26. Purchase, J.L., H. Hatting and C.S. Vandeventer. 2000. Genotype× environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South African Journal of Plant and Soil, 17(3): 101-107.
27. Radanović, A., D. Miladinović, S. Cvejić, M. Jocković and S. Jocić. 2018. Sunflower Genetics from Ancestors to Modern Hybrids - a review. Genes, 9(11): 1-19.
28. Rocha, M.M., F.R. Freire Filho, V.Q. Ribeiro, H.W.L. Carvalho, J. Belarmino Filho, J.A.A. Raposo, J.P. Alcântara, S.R.R. Ramos and C.F. Machado. 2007. Yield adaptability and stability of semi-erect cowpea genotypes in the Brazil Northeast Region. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42: 1283-1289.
29. Roy, D. 2000. Plant breeding: Analysis and exploitation of variation. Alpha Science Int'l Ltd.
30. 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.
31. Seiler, G. and C.C. Jan. 2010. Basic information. In: Genetics, genomics and breeding of sunflower, ed. Hu, J. Seiler, G. and Kole, C., 1-40, Enfield, New Hampshire, USA, CRC Press.
32. Shojaei, S.H., K. Mostafavi, A. Omrani, S. Omrani, S.M. Nasir Mousavi, A. Illés and J. Nagy. 2021. Yield Stability Analysis of Maize (*Zea mays* L.) Hybrids Using Parametric and AMMI Methods. Scientifica, 2021.
33. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype- environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
34. Stanley, O., P.B. Samente, 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. Tamesgen, A., K. Mammo and L. Dagnachew. 2014. Genotype by Environment Interaction (G x E) and Grain Yield Stability Analysis of Ethiopian Linseed and Niger Seed Varieties. Journal of Applied Biosciences, 80: 7093-7101.
36. Tamesgen, T., G. Keneni, T. Sefera and M. Jarso. 2015. Yield stability and relationship among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. The Crop Journal 3: 258-268 and Salerno, J.C. 2010. Statistical models for evaluating the genotype-environment interaction in maize. International Journal of Experimental Botany, 79: 39-46.
37. Torres R.O. and A. Henry. 2018. Yield stability of selected rice breeding lines and donors across conditions of mild to moderately severe drought stress. Field Crops Research, 220: 37-45.
38. Wricke., G. 1962. Ubereine method zurrefassung der okologischenstreubretite in feldversuchen, Flazenzuecht, 47: 92- 96.
39. Yan, W. and C. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of Soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
40. Yan, W. and L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science, 41: 656-663.
41. Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi, M. Mohammadi-Sarab-Badieh and H. Zali. 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Production, 5: 81-97 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]

The Evaluation of Grain Yield Stability in Sunflower Varieties Using Univariate Analysis and AMMI Method

Isa Ansarifard[1], Khodadad Mostafavi[2], Mahmoud Khosroshahli[3], Mohammad Reza Bihamta[4] and Hossein Ramshini[5]

1- Department of Biotechnology Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, (Corresponding author: mostafavi@kiau.ac.ir)
3- Professor of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran
4- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. Iran
5- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Abouryhan Campus, University of Tehran
Received: 24 May, 2021 Accepted: 4 September, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Evaluation of the effects of different environments on grain yield of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) and determination of superior and stable genotypes in different places is considered as a model for stability and adaptation to the environment.

Material and Methods: In order to investigate the interaction of yield stability on 12 sunflower hybrids, an experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications in five regions (Karaj, Birjand, Firooz-Abad, Kashmar and Arak).

Results: The evaluation of variance analysis in 1% probability indicated that the genotypes effect was significant for kernel yield. Also, the data collected from mean value showed that genotype Zaria is the most desirable genotype and genotype Progress the most undesirable. According to AMMI method variance analysis environment effect, genotype effect and genotype × environment interaction in 1% and 5% probability level was significant and the first two factors have covered more than 80% of data variance totally (IPC1= 52.4%, IPC2= 27.9%). AMMI1 model clarified due to having the least first main factor in interaction, genotype Zaria have known as the stable genotype. AMMI2 model shows that genotypes Zargol and Master in Arak, genotypes SHF81-90 and Zaria in Kashmar, genotypes Gabur, Favorite, Record and Progress in Birjand, genotypes Armaverski, Azargol, Lakumka in Karaj and Firooz-Abad have specific adaptation. Based on stability parameters (environmental variances, coefficient of variation, wrick's ecovalance, Shukla variances, regression coefficient, Eberhart and Russell) genotype Zargol recognized as the stable genotype and genotype SHF81-90 as the unstable.

Conclusion: Genotypes Zaria and Zargol identified as the most stable genotypes and genotype SHF81-90 as the unstable genotype generally. The result of stability parameters correlation describes that environmental variance and coefficient values parameters have positive and significant correlation with Eberhart and Russell, Shukla variance and Wricke's ecovalence parameters.

Keywords: AMMI model, Correlation, Grain yield, Stability, Sunflower

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.76]