

Using Parametric, non-parametric methods and SIIG index to study the genotype × environment interaction and Seed Yield Stability of new sunflower hybrids

Amir Gholizadeh¹, Mehdi Ghaffari^{2*}, Hossein Ahmadi-Ochtapeh¹, Morad Cheshmehnoor³, Gholam Hossein Shiresmaeili⁴, Farnaz Shariati⁵

Received: 17 July 2024

Accepted: 26 December 2024

1-Assist. Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

2-Assoc. Prof., Oil Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3-Researcher, Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran

4-Assist. Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

5-Assist. Prof., Oil Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Corresponding Author E-mail: ghaffari@areeo.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: The aim of this study was to investigate the genotype × environment interaction and determine the yield stability of new sunflower hybrids.

Materials and Methods: In this study, 18 hybrids along with the Zarin cultivar were evaluated under non stress, salinity and drought stress conditions in a randomized complete block design with three replications in four experimental field stations (Boroujerd, Gorgan, Gonbad and Isfahan) during 2022-2023 cropping season. In this study, parametric, non-parametric methods, and SIIG index were used to investigate the genotype × environment interaction and determine the yield stability of new sunflower hybrids. Plants were harvested at maturity and then the seed yield was recorded for each genotype at each test environment.

Results: Results of combined analysis of variance indicated that the effects of environments, genotypes, and genotype × environment interaction were significant, suggesting that the genotypes responded differently in the studied environment conditions. So, there was the possibility of stability analysis. According to stability analysis using the Eberhart and Russel method, the H14, H10 and H1 genotypes with higher seed yield than the overall mean and regression coefficient equal one ($b_i=1$) were identified as the genotypes with high general stability for all regions. Based on the simultaneous selection method for yield and stability (YSi), the genotypes H1, H4, and H10 with the lowest values were stable, whereas genotypes H3, H9, and H6 with the highest values were unstable. Also, based on the SIIG index, the genotypes H1, H4, H2, H10, H12, and H16 having high SIIG values as well as higher seed yield than the total average was recognized as superior genotypes from the point of stability and seed yield.

Conclusion: Generally, the results indicated that hybrids H1, H4, H2, H10, H12 and H16 were superior genotypes for seed yield and stability in this study. Therefore, these hybrids can be used for further testing, including adaptation tests.

Keywords: Broad Adaptability, Eberhart and Russel method, Genotype×Environment Interaction, Sunflower, SIIG index.

استفاده از روش‌های پارامتری، ناپارامتری و شاخص SIIG به منظور بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد دانه هیبریدهای جدید آفتابگردان

امیرقلی‌زاده^۱، مهدی غفاری^{۲*}، حسین احمدی اوچ‌نپه^۱، مراد چشمه نور^۳، غلامحسین شیراسماعیلی^۴،
فرناز شریعتی^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۷	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۶
--------------------------	-------------------------

- ۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
- ۲- دانشیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۳- محقق، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران
- ۴- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
- ۵- استادیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: هدف از این مطالعه، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد و سازگاری هیبریدهای جدید آفتابگردان بود.

مواد و روش‌ها: در این بررسی، تعداد ۱۸ هیبرید به همراه رقم زرین در شرایط بدون تنش، تنش شوری و خشکی در چهار ایستگاه تحقیقاتی (بروجرد، گرگان، گنبد و اصفهان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این پژوهش برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد هیبریدهای جدید آفتابگردان از روش‌های پارامتری، ناپارامتری و شاخص SIIG استفاده شد. در زمان رسیدگی محصول عملکرد دانه برای هر ژنوتیپ در هر محیط اندازه‌گیری گردید.

نتایج: نتایج تجزیه مرکب عملکرد دانه نشان داد که اثرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بود و بنابراین، امکان تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها وجود داشت. بر اساس نتایج تجزیه پایداری با روش ابرهات و راسل، ژنوتیپ‌های H10، H14 و H1 با عملکرد بالاتر از میانگین و ضریب رگرسیون نزدیک به یک به‌عنوان ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی بالا برای تمام مناطق شناخته شدند. بر اساس روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری (YSi)، ژنوتیپ‌های H1، H4 و H10 با کمترین مقادیر به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های H3، H9 و H6 با بیشترین مقدار آماره مذکور به‌عنوان ناپایدارترین

ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. همچنین بر اساس شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های H1، H4، H2، H10، H12 و H16 با داشتن مقدار SIIG بالا و همچنین عملکرد دانه بالاتر از میانگین به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد دانه شناخته شدند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های H1، H4، H2، H10، H12 و H16 از نظر هر دو عامل پایداری و میانگین عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های برتر این آزمایش بودند و می‌توان از آن‌ها برای انجام آزمایشات بیشتر از جمله آزمایشات سازگاری استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، آفتابگردان، پایداری عمومی، روش ابرهات و راسل، شاخص SIIG

مقدمه

محیط در برنامه‌های به‌نژادی بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد.

روش‌های مختلفی برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار بکار برده شده است که شامل روش‌های پارامتری تک متغیره، ناپارامتری و چند متغیره می‌باشند. هر کدام از این روش‌ها جنبه‌ها و ابعاد خاصی از داده‌های چندمحیطی را مورد ارزیابی قرار می‌دهند (محمدی و همکاران ۲۰۱۸؛ واعظی و همکاران ۲۰۱۹). در این میان، از روش‌های پارامتری و ناپارامتری برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار به وفور توسط محققان مختلف استفاده شده است. در میان روش‌های پارامتری، روش‌های رگرسیونی که از روش‌های تک‌متغیره می‌باشند، به‌عنوان روش‌های مناسب و کارا برای تجزیه و تحلیل برهمکنش ژنوتیپ × محیط توسط محققان مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند (بکر و لئون ۱۹۸۸؛ واپیرا و همکاران ۲۰۰۲؛ اکبرپور و همکاران ۲۰۱۲). روش رگرسیون ابرهات و راسل (ابرهات و راسل ۱۹۶۶) یکی از پرکاربردترین روش‌های رگرسیونی می‌باشد که جهت تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها در آزمایشات چندمحیطی در گیاهان مختلف از جمله گلرنگ (جمشید مقدم و پورداد ۲۰۱۳)، خلر (احمدی و همکاران ۲۰۱۶)، جو (واعظی و همکاران ۲۰۱۹)، پنبه (عالیشاه و همکاران ۲۰۱۹)، آفتابگردان (احمدپور و همکاران ۲۰۱۹) و کلزا (علیزاده و همکاران ۲۰۲۱b) مورد استفاده قرار گرفته است. ابرهات و راسل (۱۹۶۶) از پارامترهای آماری شیب خط

کشت آفتابگردان در ایران از سابقه بیش از قرن برخوردار است و در فاصله سالهای ۱۲۹۵-۱۳۰۰ شمسی اولین بار کشت انواع آفتابگردان در ایران آغاز شد. از نظر نوع رقم ارقام آفتابگردان به دو دسته آزادگرده افشان و هیبرید طبقه‌بندی می‌شوند. مهمترین مزیت ارقام هیبرید عملکرد و یکنواختی زیاد این ارقام در مقایسه با ارقام آزادگرده افشان است که موجب توسعه بیشتر ارقام هیبرید در دنیا شده است. خوشبختانه تکنولوژی تولید بذر هیبرید سینگل‌کراس به صورت کامل در ایران وجود دارد و با معرفی ارقام هیبرید پرمحصول و با رعایت شرایط زراعی افزایش عملکرد آفتابگردان عملی است (غفاری و همکاران ۲۰۱۹). یکی از مهمترین مسائلی که هنگام معرفی و آزادسازی ارقام هیبرید جدید از اهمیت بالایی برخوردار است، بحث اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد می‌باشد. پایداری عملکرد به توانایی ژنوتیپ‌های گیاهی در بروز ظرفیت عملکرد خود و به حداقل خسارت ناشی از تغییرات آب و هوایی گفته می‌شود (فولادوند و همکاران ۲۰۱۳). برای تعیین و شناسایی ژنوتیپ‌های با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط کمتر و پایدار، ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و مکان‌های مختلف کشت می‌شوند. وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باعث پیچیده شدن ارزیابی ژنوتیپ‌ها و کاهش کارایی روش‌های به‌نژادی شده و سودمندی وسعت کشت ژنوتیپ‌های اصلاح شده را کاهش می‌دهد (علیزاده و همکاران ۲۰۲۱a). بنابراین بررسی اثر متقابل ژنوتیپ ×

نشود. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از مجموعه‌ای از روش‌ها، احتمال پیدا کردن ژنوتیپ‌های پایدار را افزایش می‌دهد. شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (Selection index of ideal genotype; SIIG) یکی از روش‌های آماری چندمعیاره است که بر اساس مجموعه‌ای از پارامترها یا شاخص‌های مختلف، ژنوتیپ‌های پایدار مطلوب را شناسایی می‌کند (زالی و همکاران ۲۰۱۶، ۲۰۱۵). به کمک روش SIIG، تمام شاخص‌ها و پارامترها به صورت یک شاخص درآمده و در نتیجه رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار بسیار راحت‌تر می‌شود. از جمله مزیت‌های این روش آن است که پارامترها یا شاخص‌های به‌کار رفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند (نجفی میرک و همکاران ۲۰۱۸). از روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) در گندم دوروم (نجفی میرک و همکاران ۲۰۱۸)، جو (رمزی و همکاران ۲۰۲۰) و باقلا (شیخ و همکاران ۲۰۲۱) برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس مجموعه‌ای از پارامترها یا شاخص‌ها استفاده شده است.

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار آفتابگردان با استفاده از روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری و استفاده از شاخص SIIG برای ادغام روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۱۸ هیبرید جدید آفتابگردان به همراه رقم شاهد زرین ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بروجرد، گرگان، گنبد و اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. کد، نام و شجره ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ و برخی مشخصات اقلیمی مناطق اجرای آزمایش در جدول ۲ ذکر شده است. جهت آماده‌سازی زمین از گاو آهن برگرداندار به همراه عملیات دیسک‌زنی (دو بار) برای از بین بردن کلوخه‌ها استفاده گردید. کودهای مورد نیاز خاک، شامل ۲۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع

رگرسیون و واریانس انحراف از خط رگرسیون برای بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کردند. بر مبنای این روش ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که دارای میانگین عملکرد بالا، ضریب رگرسیون نزدیک به یک و واریانس انحراف از خط رگرسیون آن کوچک باشد. از سایر روش‌های پارامتری مانند ضریب تغییرات، ضریب تشخیص، واریانس محیطی، واریانس پاداری شوکلا و اکوالانس ریک برای بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار توسط پژوهشگران مختلف استفاده شده است (واعظی و همکاران ۲۰۱۹؛ عزیززاده و همکاران ۲۰۲۲؛ اکبری و همکاران ۲۰۲۲).

روش‌های آماری ناپارامتری نیز به دلیل عدم نیاز به نرمال بودن داده‌ها یا یکنواختی واریانس خط‌های آزمایشی و همچنین حساس نبودن به خطا و داده‌های پرت، اطلاعات مفیدی را در مورد تغییرپذیری فنوتیپی و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در اختیار متخصصین اصلاح نباتات قرار می‌دهند (کریمی‌زاده و همکاران ۲۰۰۸؛ موحدی و همکاران ۲۰۱۰؛ پورداد و همکاران ۲۰۱۴؛ مقدس‌زاده و همکاران ۲۰۱۸). روش‌های ناپارامتری نسبت به روش‌های دیگر مزایای دیگری دارند که از آن جمله می‌توان به تجزیه و تحلیل و تفسیر آسان و همچنین عدم حساسیت به حذف یا اضافه نمودن تعداد کمی از ژنوتیپ‌ها بر این معیارها اشاره نمود. از روش‌های ناپارامتری در عدس (صباغ‌نیا و همکاران ۲۰۰۶)، نخود (عبادی و همکاران ۲۰۰۸)، یونجه (موحدی و همکاران ۲۰۱۰)، کلزا (پورداد و همکاران ۲۰۱۴؛ مرتضویان و عزیزنیا ۲۰۱۴؛ عزیززاده و همکاران ۲۰۲۱a)، جو (واعظی و همکاران ۲۰۱۷)، سیب زمینی (مقدس‌زاده و همکاران ۲۰۱۷)، گندم دوروم (کریمی‌زاده و همکاران ۲۰۱۹)، گندم نان (آبیاری و همکاران ۲۰۲۱) و آفتابگردان (غفاری و همکاران ۲۰۲۲) برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شده است.

با توجه به تنوع زیاد روش‌های پارامتری و ناپارامتری، استفاده از یک روش به تنهایی ممکن است منجر به نتایج مطلوبی در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار

گرفت. در شرایط تنش خشکی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، آزمایش تنها با استفاده از نزولات جوی اجرا گردید. در شرایط تنش شوری (ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان) نیز اولین آبیاری جهت سبزیکنواخت و استقرار گیاه با آب معمولی آبیاری گردید و در ادامه آبیاری‌های بعدی با آب شور با هدایت الکتریکی $8/3$ دسی‌زیمنس بر متر انجام گردید.

پس از رسیدگی محصول، جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، ابتدا $0/5$ متر از ابتدا و انتهای هر خط جهت از بین بردن اثر حاشیه حذف گردید. در ادامه تمام بوته‌های کرت برداشت شد و پس از خشک شدن کامل، بوته‌ها خرمن‌کوبی شدند و دانه‌های به دست آمده با ترازوی دقیق توزین گردید و پس از تبدیل، به‌عنوان عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد.

فسفات آمونیوم و 100 کیلوگرم پتاس خالص در هکتار از منبع سولفات پتاسیم موقع تهیه زمین به خاک مزرعه اضافه گردید. همچنین مقدار 150 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره که یک سوم آن موقع تهیه زمین و بقیه کود اوره طی دو نوبت یکی بعد از سبزی شدن و دیگری در مرحله قبل از غنچه‌دهی به خاک مزرعه اضافه گردید. هر کرت آزمایشی شامل 3 خط کشت به طول 3 متر و کشت به صورت دستی و با قرار دادن 3 عدد بذر در هر کپه و به فواصل 25 سانتیمتر از هم انجام گردید. بعد از مرحله 4 برگگی، عملیات تنک انجام گردید و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در دو مرحله انجام گرفت. آبیاری در شرایط بدون تنش در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی بروجرد و گرگان به نحوی بود که یک روز بعد از کشت آبیاری انجام و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه صورت

جدول ۱- شماره، کد و شجره هیبریدهای آفتابگردان مورد بررسی

شماره	کد	نام/شجره
۱	H1	R3×A1221
۲	H2	R3×A330
۳	H3	R3×A370
۴	H4	R111×A1221
۵	H5	R111×A370
۶	H6	R15×A196
۷	H7	R15×A110
۸	H8	R131×A32
۹	H9	R131×A370
۱۰	H10	R131×A330
۱۱	H11	RN75×A196
۱۲	H12	RN75×AF81-112
۱۳	H13	RF81-82×A370
۱۴	H14	RO28×AO42
۱۵	H15	R33×A370
۱۶	H16	R33×AF81-112
۱۷	H17	RF81-65×A32
۱۸	H18	R60×AO70
۱۹	H19	ZARIN

جدول ۲- خصوصیات اقلیمی محیط‌های مورد مطالعه در این تحقیق

مکان	طول جغرافیایی (درجه دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه دقیقه)	ارتفاع از سطح دریا (m)	متوسط بارندگی سالانه (mm)
بروجرد	۴۸° ۷۶'	۳۳° ۸۹'	۱۵۲۰	۴۱۵
گرگان	۵۴° ۲۵'	۳۶° ۵۴'	۵	۴۵۰
گنبد	۵۵° ۱۲'	۳۷° ۱۶'	۴۵	۴۵۹
اصفهان	۵۱° ۵۱'	۳۲° ۳۱'	۱۵۴۵	۱۲۲

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا آزمون نرمال بودن باقیمانده داده‌ها از طریق آزمون کولموگوروف-اسیمروف (Kolmogorov-Smirnov) با استفاده از نرم افزار SPSS ver 20 (2010) مورد بررسی قرار گرفتند. در ادامه تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر سال و مکان (محیط) و آزمون F با توجه به امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییرات انجام شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه پایداری با استفاده از روش‌های مختلف ناپارامتری انجام گردید. روش‌های پارامتری شامل ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون (فینلی و ویلکینسون ۱۹۶۳؛ ابرهارت و راسل ۱۹۶۶)، ضریب تغییرات (فرانسیس و کاننبرگ ۱۹۸۷)، ضریب تشخیص (پینتوس ۱۹۷۳)، واریانس پایداری شوکلا (شوکلا ۱۹۷۲)، اکوولانس ریک (ریک ۱۹۶۲) و واریانس محیطی (پلیستد و پترسون ۱۹۵۹) و روش‌های ناپارامتری شامل آماره‌های هان $S_i^{(1)}, S_i^{(2)}, S_i^{(3)}, S_i^{(6)}$ (هوهن ۱۹۷۹؛ نصار و هوهن ۱۹۸۷)، آماره‌های تنارازو $NP_i^{(1)}, NP_i^{(2)}$ (تناراسو ۱۹۹۵) و روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری (YSi) (کنگ ۱۹۸۸) توسط برنامه آنلاین STABILITYSOFT طراحی شده توسط پورابوقداره و همکاران (۲۰۱۹) محاسبه گردید.

در ادامه به منظور ادغام روش‌های پارامتری و ناپارامتری از شاخص SIIG (زالی و همکاران ۲۰۱۵؛ ۲۰۱۶) استفاده شد. نحوه محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) به شرح ذیل می‌باشد:

تشکیل ماتریس داده‌ها

با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و تعداد شاخص‌ها یا صفات مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به صورت رابطه (۱) تشکیل می‌شود.

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این ماتریس X_{ij} مقدار شاخص (صفت) i ام ($i = 1, 2, \dots, n$) در رابطه با ژنوتیپ j ام ($j = 1, 2, \dots, m$) است.

تبدیل ماتریس داده‌ها به یک ماتریس نرمال

از رابطه زیر برای نرمال کردن داده‌ها استفاده می‌شود: ماتریس R به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود:

$$R = \begin{bmatrix} I_{11} & I_{12} & \dots & I_{1m} \\ I_{21} & I_{22} & & I_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{n1} & I_{n2} & \dots & I_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه ۳})$$

پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف

در این مرحله برای هر شاخص یا صفت به‌طور جداگانه، بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ انتخاب می‌شود. محاسبه فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف در این مرحله برای هر آماره یا شاخص، فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و فاصله از ژنوتیپ ضعیف به ترتیب از روابط (۴ و ۵) محاسبه می‌شوند:

مقدار ایده‌آل برابر کمترین مقدار واریانس پایداری شوکلا برای ژنوتیپ‌ها و مقدار ضعیف برابر با بیشترین مقدار واریانس پایداری شوکلا برای ژنوتیپ‌ها است.

برای انجام محاسبات از نرم‌افزارهای آماری SAS Minitab ver 14، (SAS Institute Inc, 2011) ver 9.1 (SPSS, 2010) SPSS ver 19 و (MINITAB, 2005) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد دانه نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). محاسبه درصد مجموع مربعات سه منبع محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به مجموع آن‌ها نشان داد که واریانس بین محیط‌ها ۹۴/۷۴ درصد، واریانس بین ژنوتیپ‌ها ۳/۹۴ درصد و واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۱/۳۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). نتایج نشان داد که عمده تغییرات موجود در داده‌ها بوسیله واریانس محیط‌ها توجیه شده است. با توجه به این که محیط‌های آزمایش طیف وسیعی از فاکتورهای محیطی (ارتفاع از سطح دریا، درجه حرارت، میزان بارندگی و نوع خاک) را دارا بوده، بنابراین، بنابراین اختصاص عمده تغییرات به واریانس محیط‌ها دور از انتظار نیست. غفاری و همکاران (۲۰۲۱) نیز در آفتابگردان گزارش کردند که عمده تغییرات موجود در داده‌ها را اثر محیط به خود اختصاص می‌دهد. همچنین سایر پژوهشگران در محصولات دیگر گزارش کردند که اثر محیط درصد قابل توجهی از تغییرات موجود در داده‌ها را در آزمایش‌های چند محیطی به خود اختصاص داده است (نووساد و همکاران ۲۰۱۶؛ واعظی و همکاران ۲۰۱۷؛ عزیزاده و همکاران ۲۰۲۱؛ قلی‌زاده و همکاران ۲۰۲۲).

اثر معنی‌دار ژنوتیپ نیز بیانگر تنوع ژنتیکی بین مواد آزمایشی است. همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2 \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$i = 1, \dots, n$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2 \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$i = 1, \dots, n$$

در این روابط مقدار نرمال شده شاخص (صفت) i ($j = 1, 2, \dots, m$) در رابطه با ژنوتیپ j ($j = 1, 2, \dots, m$) است. r_j^+ و r_j^- به ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف برای هر شاخص (صفت) i ($i = 1, 2, \dots, n$) همچنین d_i^+ فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و d_i^- فاصله از ژنوتیپ ضعیف است.

محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل

در آخرین مرحله شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$0 \leq SIIG \leq 1$$

مقدار SIIG بین صفر و یک تغییر می‌کند و هرچه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار SIIG آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود (زالی و همکاران ۲۰۱۶؛ ۲۰۱۵). به عبارت دیگر می‌توان از شاخص‌های منفی و مثبت به شکل ترکیبی در این روش استفاده کرد. براساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیکترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است. در اینجا منظور از ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که بیشترین پایداری عملکرد را داشته باشد، درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف، ژنوتیپی فرضی است که کمترین پایداری عملکرد را داشته باشد (زالی و همکاران ۲۰۱۶؛ ۲۰۱۵). به طور خلاصه، ژنوتیپ ایده‌آل از مجموع مقادیر ایده‌آل هر یک از آماره‌های پایداری به دست می‌آید، درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف از مجموع مقادیر ضعیف هر یک از آماره‌های پایداری حاصل می‌شود. به عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر عملکرد یک ژنوتیپ، مقدار ایده‌آل و عملکرد پایین، به عنوان مقدار ضعیف در نظر گرفته می‌شود. همچنین در مورد واریانس پایداری شوکلا،

عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیطی دیگر یکسان نیست و پایداری عملکرد دانه و تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باید مورد بررسی قرار گیرد.

احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در این مطالعه نشان‌دهنده این مطلب است که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی نشان داده و به عبارت دیگر

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب و تجزیه واریانس به روش ابرهارت و راسل عملکرد دانه ژنوتیپ‌های آفتابگردان

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مجموع مربعات توجیه شده (درصد)
تجزیه واریانس مرکب				
محیط	۳	۹۵۷۶۳۱۷۶	۳۱۹۲۱۰۵۹**	۹۴/۷۴
تکرار درون محیط	۸	۷۱۵۵۱۶	۸۹۴۳۹	
ژنوتیپ	۱۸	۲۳۹۱۲۵۱۷	۱۳۲۸۴۷۳**	۳/۹۴
محیط × ژنوتیپ	۵۴	۲۳۹۰۲۸۵۱	۴۴۲۶۴۵**	۱/۳۱
خطا	۱۴۴	۱۸۷۸۴۶۶۲	۱۳۰۴۴۹	
کل	۲۲۷	۱۶۳۰۷۸۷۲۲		
تجزیه ابرهارت و راسل				
کل	۷۵	۴۷۸۵۹۵۱۵		
ژنوتیپ	۱۸	۷۹۷۰۸۳۹	۴۴۲۸۲۴**	
محیط	۳	۳۱۹۲۱۰۵۹	۱۰۶۴۰۳۵۳**	
محیط × ژنوتیپ	۵۴	۷۹۶۷۶۱۷	۱۴۷۵۴۹**	
[محیط × ژنوتیپ] + محیط	۷۲	۳۹۸۸۸۶۷۶	۵۵۴۰۰۹**	
[خطی] محیط	۱	۳۱۹۲۱۰۵۹	۳۱۹۲۱۰۵۹**	
[خطی] محیط × ژنوتیپ	۱۸	۱۳۰۶۰۷۰	۷۲۵۵۹**	
انحراف از رگرسیون	۳۸	۶۶۶۱۵۴۷	۱۷۵۳۰۴**	
H1	۲	۶۲۷۲۶	۳۱۳۶۳**	
H2	۲	۳۶۴۲۴۱	۱۸۲۱۲۱**	
H3	۲	۱۵۸۵۵۲۰	۷۹۲۷۶۰**	
H4	۲	۹۰۰۹۳	۴۵۰۴۷**	
H5	۲	۲۲۱۹۵۶	۱۱۰۹۷۸**	
H6	۲	۴۴۶۰۳۶	۲۲۳۰۱۸**	
H7	۲	۱۲۵۲۴	۶۲۶۳ ^{ns}	
H8	۲	۲۷۷۱۳۱	۱۳۸۵۶۶**	
H9	۲	۲۹۳۹۲۹	۱۴۶۹۶۵**	
H10	۲	۱۰۸۰۳۸	۵۴۰۱۹**	
H11	۲	۷۱۴۵۱۹	۳۵۷۲۵۹**	
H12	۲	۱۱۱۲۴۷	۵۵۶۲۴**	
H13	۲	۱۸۸۴۴۰	۹۴۲۲۰**	
H14	۲	۱۱۸۷۱۷۷	۵۹۳۵۸۸**	
H15	۲	۲۱۱۶۱۹	۱۰۵۸۰۹**	
H16	۲	۱۶۴۵۷۸	۹۷۲۸۹**	
H17	۲	۱۵۷۳۸۸	۷۸۶۹۴**	
H18	۲	۲۹۴۲۵۹	۱۴۷۱۳۰**	
H19	۲	۱۴۰۱۲۵	۷۰۰۶۳**	
خطا	۱۴۴	۱۸۷۸۴۶۶۲	۱۳۰۴۴۹	

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

روش‌های ناپارامتری

نتایج میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و نه آماره ناپارامتری نشان داد که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دامنه‌ای بین ۲۱۲۳ تا ۳۲۶۹ با میانگین کل ۲۶۶۰ کیلوگرم در هکتار بود و ژنوتیپ‌های H7 و H16 به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند (جدول ۴). میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های H12، H14، H10، H2، H4، H1 و H16 نیز از میانگین عملکرد کل آزمایش بیشتر بود. بر اساس آماره‌های ناپارامتری مورد بررسی در این تحقیق، ژنوتیپ‌های با کمترین مقادیر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. بر اساس آماره‌های $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ ژنوتیپ‌های H7، H1، H4 و H19 با کمترین مقادیر به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. همچنین بر اساس آماره‌های $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ ژنوتیپ‌های H1 و H4 به‌عنوان پایدارترین شناخته شدند (جدول ۵). آماره $NP_i^{(1)}$ ژنوتیپ‌های H1، H4 و H7 را ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کرد. بر اساس آماره $NP_i^{(2)}$ ژنوتیپ‌های H11، H19 و H17 با کمترین مقادیر به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها نشان داد که دو آماره $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ از نظر شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار نتایج تقریباً مشابهی داشتند. بر اساس این دو آماره، ژنوتیپ‌های H1 و H4 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند (جدول ۴).

روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری (YS_i) به‌عنوان معیار دیگری جهت تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها توسط کنگ (۱۹۸۸) ارائه شده است. بر این اساس ژنوتیپ‌های با کمترین مقدار YS_i به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. بر اساس این معیار، ژنوتیپ‌های H1، H4 و H10 با کمترین مقادیر به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های H3، H9 و H6 با بیشترین مقدار آماره مذکور به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند (جدول ۴). بیکر (۱۹۸۱) دو نوع پایداری ژنوتیپی را تعریف کرده است. پایداری در مفهوم زیستی (بیولوژیک) به ژنوتیپی اشاره دارد که واریانس

آن در میان محیط‌ها صفر است. این بدان معنا که ژنوتیپ پایدار عملکرد غیرقابل تغییری در میان محیط‌ها دارد. این جنبه از پایداری در کشاورزی مطلوب نمی‌باشد. در حالی‌که بسیاری از به‌نژادگران مفهوم دینامیک (زراعی) پایداری را جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا در شرایط محیطی مختلف ترجیح می‌دهند. بر طبق این مفهوم پایداری، یک پاسخ پیش‌بینی‌پذیر به عوامل محیطی وجود دارد یا به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های گزینش شده دارای پتانسیل پاسخ به بهبود شرایط محیطی می‌باشند. در این آزمایش به نظر می‌رسد که معیار پایداری گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری (YS_i) بیشتر از مفهوم دینامیک (زراعی) پایداری بهره می‌برد و ژنوتیپ‌های پایدار (H1، H4 و H10) انتخاب شده توسط این پارامتر از عملکرد بالایی نیز برخوردار می‌باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که معیار YS_i دارای مفهوم دینامیک (زراعی) پایداری می‌باشد و معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار در ژنوتیپ‌های آفتابگردان می‌باشد. سایر محققان در گیاهان مختلف از قبیل عدس یونجه (موحدی و همکاران ۲۰۱۰)، فستوکا (دهقانی و همکاران ۲۰۱۶)، سیب‌زمینی (مقدس زاده و همکاران ۲۰۱۸)، جو (واعظی و همکاران ۲۰۱۹)، کلزا (علیزاده و همکاران ۲۰۲۰)، گندم نان (آبیار و همکاران ۲۰۲۱) و آفتابگردان (غفاری و همکاران ۲۰۲۲) معیار پایداری YS_i را دارای مفهوم دینامیک (زراعی) پایداری معرفی کردند.

روش‌های پارامتری

نتایج تجزیه واریانس به روش ابرهارت و راسل (۱۹۶۶) در جدول ۳ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که اثرات ژنوتیپ، محیط (خطی)، ژنوتیپ \times محیط (خطی) و انحراف از رگرسیون معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده این مطلب است که تنوع ژنتیکی وسیعی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود داشت. معنی‌دار شدن میانگین مربعات مربوط به محیط (خطی) بیانگر این موضوع می‌باشد که بین عملکرد دانه

جدول ۴- آماره‌های پایداری ناپارامتری برای ۱۹ ژنوتیپ آفتابگردان

ژنوتیپ	میانگین عملکرد (Kg. ha ⁻¹)	NP _i (⁴)	NP _i (³)	NP _i (²)	NP _i (¹)	S _i (⁶)	S _i (³)	S _i (²)	S _i (¹)	YS ⁱ
۱	۳۱۴۹	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۵۰	۱/۲۵	۰/۳۱	۰/۵۴	۲/۹۲	۲/۱۷	۴
۲	۳۱۳۱	۰/۲۰	۰/۳۹	۰/۷۳	۴/۰۰	۰/۴۴	۱/۱۹	۶/۲۵	۲/۱۷	۱۶
۳	۲۲۳۸	۱/۵۲	۱/۲۴	۲/۸۸	۵/۲۵	۴/۱۸	۳۲/۵۵	۵۹/۶۷	۸/۳۳	۳۷
۴	۳۱۴۱	۰/۱۴	۰/۲۴	۰/۴۴	۳/۰۰	۰/۳۶	۰/۶۷	۳/۶۷	۲/۳۳	۸
۵	۲۳۲۱	۰/۶۰	۰/۹۲	۱/۲۲	۴/۲۵	۱/۶۰	۳/۶۰	۶/۰۰	۳/۰۰	۲۵
۶	۲۴۹۶	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۴۷	۴/۵۰	۲/۰۰	۱۰/۵۰	۲۸/۰۰	۶/۶۷	۲۹
۷	۲۱۲۳	۰/۲۹	۱/۲۰	۱/۵۰	۳/۰۰	۰/۸۶	۰/۸۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۲۰
۸	۲۵۱۱	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۵۰	۴/۲۵	۱/۸۷	۷/۰۷	۱۷/۶۷	۵/۳۳	۲۷
۹	۲۳۳۳	۰/۶۷	۰/۹۹	۱/۱۵	۵/۰۰	۱/۶۷	۵/۰۰	۱۰/۰۰	۴/۰۰	۲۹
۱۰	۲۹۴۷	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۳۸	۳/۷۵	۰/۴۹	۱/۱۸	۵/۵۸	۲/۸۳	۸
۱۱	۲۶۶۰	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۲۷	۴/۰۰	۱/۸۱	۱۱/۷۹	۴۲/۲۵	۶/۵۰	۲۵
۱۲	۲۷۵۴	۰/۴۵	۰/۵۷	۰/۳۱	۴/۷۵	۱/۱۶	۵/۰۹	۱۸/۲۵	۴/۸۳	۱۶
۱۳	۲۵۱۴	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۴۴	۴/۰۰	۱/۵۸	۵/۱۸	۱۴/۲۵	۴/۵۰	۱۸
۱۴	۲۷۸۷	۰/۷۲	۰/۵۶	۰/۳۶	۵/۷۵	۱/۷۱	۱۳/۱۲	۵۳/۵۸	۸۳/۸	۲۴
۱۵	۲۴۹۸	۰/۸۰	۰/۶۳	۰/۶۰	۳/۷۵	۱/۸۷	۸/۶۷	۲۱/۶۷	۶/۰۰	۲۴
۱۶	۳۲۶۹	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۵	۵/۷۵	۰/۸۹	۴/۳۵	۲۳/۵۸	۵/۱۷	۱۷
۱۷	۲۵۰۱	۰/۴۰	۰/۵۴	۰/۲۹	۴/۷۵	۱/۰۳	۲/۶۰	۷/۵۸	۲/۵۰	۱۹
۱۸	۲۵۷۶	۰/۶۷	۰/۸۴	۰/۴۷	۶/۵۰	۱/۷۵	۶/۷۵	۱۸/۰۰	۵/۳۳	۲۱
۱۹	۲۶۰۰	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۱۹	۳/۵۰	۰/۷۱	۱/۲۹	۳/۶۷	۲/۳۳	۱۳

NP_i(³)، NP_i(²)، NP_i(¹)، (Nassar and Huehn's, 1987) و هان (Huehn's, 1979) و نصار و هان (S_i(⁶) و S_i(³), S_i(²), S_i(¹)) و NP_i(⁴): آماره‌های تنارازو (Thennarasu's, 1995)، KR: آماره کانگ (Kang's, 1988).

رگرسیون غیرمعنی‌دار نشان‌دهنده پایداری یک ژنوتیپ می‌باشند. با توجه به معنی‌دار بودن انحراف از خط رگرسیون برای همه ژنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ H7 (جدول ۳)، از دو معیار دیگر ابرهات و راسل (عملکرد بالا و ضریب رگرسیونی برابر یک) جهت تعیین میزان پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده شد. معیارهای پایداری بر مبنای روش ابرهات و راسل در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین موقعیت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه و ضریب رگرسیونی در شکل ۱ نمایش داده شده است. طبق تعریف ژنوتیپ‌هایی که دارای ضریب رگرسیونی یک یا نزدیک به یک باشند و همچنین عملکرد آن‌ها از میانگین کل آزمایش بیشتر باشد، به‌عنوان ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی بالا برای تمام مناطق مورد بررسی شناخته می‌شوند. ژنوتیپ‌های با ضریب رگرسیونی بالاتر از یک دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های مطلوب و ژنوتیپ‌های با ضریب رگرسیونی کمتر از یک دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های

ژنوتیپ‌ها در هر محیط با شاخص محیطی رابطه خطی وجود دارد، به گونه‌ای که با افزایش شاخص محیطی (بهبود شرایط کشت)، عملکرد ژنوتیپ‌ها نیز افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (خطی)، می‌توان نتیجه گرفت که شیب خط رگرسیونی ژنوتیپ‌ها یکسان نبوده و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در محیط‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی را نشان داده‌اند. معنی‌دار شدن میانگین مربعات انحرافات از خط رگرسیونی (انحراف مرکب) نیز نشان‌دهنده پراکندگی زیاد نقاط مربوط به عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در اطراف خط رگرسیونی قرار می‌باشد و به بیان دیگر می‌توان گفت که واکنش یک ژنوتیپ در طول تغییرات خطی با محیط ممکن است دارای تغییرات زیادی باشد (جعفری و همکاران ۲۰۱۵).

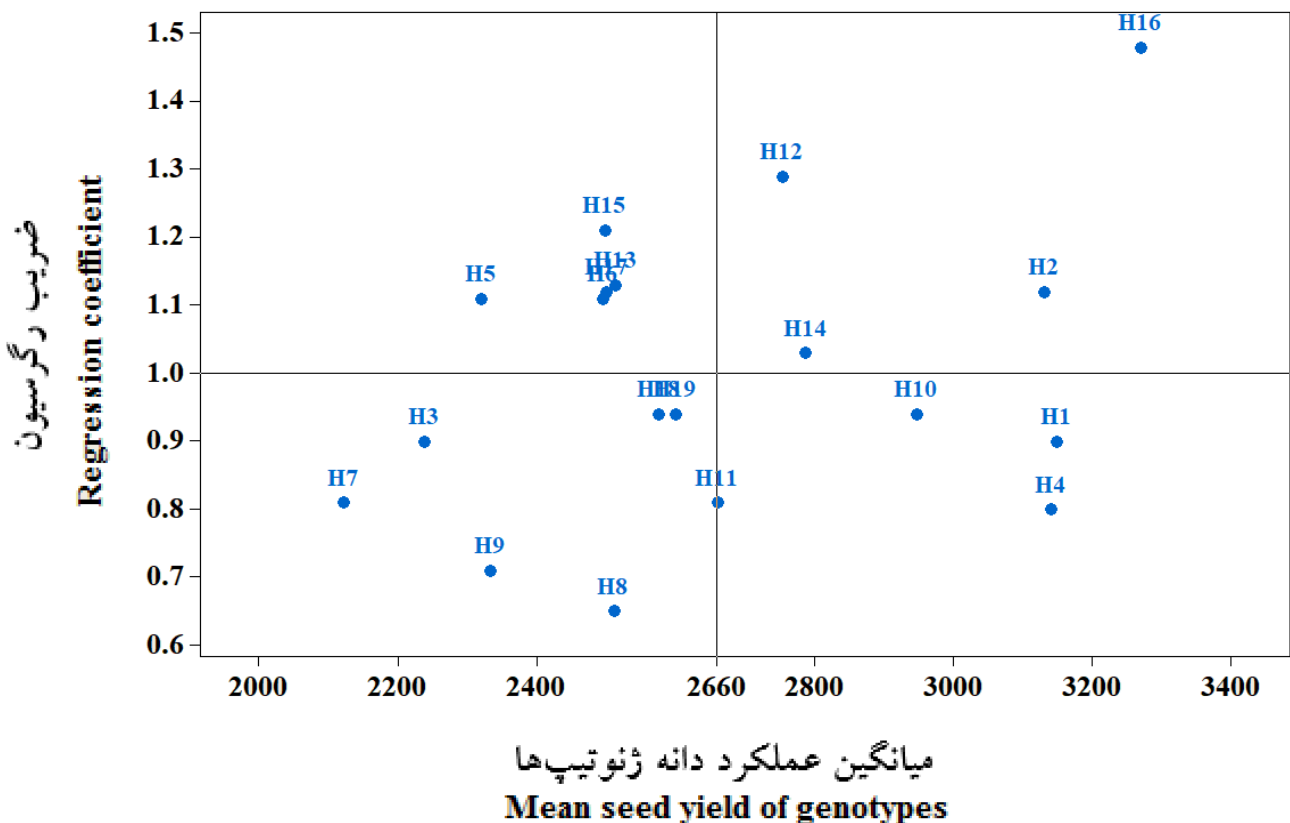
بر مبنای روش تجزیه پایداری رگرسیونی ابرهات و راسل (۱۹۶۶) سه معیار عملکرد بالا، ضریب رگرسیونی برابر با یک و واریانس انحراف از خط

ژنوتیپ‌های برتر در این مطالعه معرفی شوند. ژنوتیپ H16 با ضریب رگرسیون بالاتر از یک و عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل آزمایش به‌عنوان ژنوتیپ با سازگاری خصوصی به محیط‌های مساعد یا مطلوب شناسایی شد. همچنین ژنوتیپ‌های H7، H3 و H9 با ضریب رگرسیون کمتر از یک و عملکرد دانه پایین‌تر از میانگین کل آزمایش به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با سازگاری خصوصی به محیط‌های نامساعد یا نامطلوب شناسایی شدند (جدول ۵). استفاده از ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی و خصوصی در سیستم‌های زراعی می‌تواند آثار منفی اثرات ژنوتیپ × محیط را خنثی کند و از این طریق می‌توان از شرایط آب و هوایی متفاوت استفاده کرد (فرشادفر و سوتکا ۲۰۰۶).

نامطلوب می‌باشند (درانی نژاد و محمدی نژاد ۲۰۱۸). با توجه به نتایج جدول ۵ و شکل ۱ مشاهده می‌شود که در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های H14، H10 و H1 با داشتن عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل آزمایش و ضریب رگرسیون نزدیک به یک به‌عنوان ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی بالا برای تمام مناطق شناخته شدند. ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی به دلیل اینکه از سازگاری و درجه تحمل بیشتری در مقابل تغییرات محیطی برخوردارند، در میانگینی از شرایط محیطی، عملکرد رضایت‌بخشی را تولید می‌کنند. بنابراین ژنوتیپ‌های H14، H10 و H1 با میانگین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل، بهترین سازگاری عمومی را در تمام مناطق مورد مطالعه داشتند و می‌توانند به‌عنوان

جدول ۵- آماره‌های پایداری پارامتری برای ۱۹ ژنوتیپ آفتابگردان

ژنوتیپ	واریانس محیطی	واریانس شوکلا	اکووالانس ریک	انحراف از خط رگرسیون	ضریب رگرسیون	ضریب تغییرات	ضریب تشخیص
۱	۹۲۲۲۷	۲۱۳۱۰	۸۰۴۹۶	۳۱۳۶۳	۰/۹۰	۲۱/۸۱	۰/۹۶
۲	۱۴۶۱۳۱	۱۳۵۳۰۱	۳۸۶۴۷۴	۱۸۲۱۲۱	۱/۱۲	۲۸/۸۸	۰/۸۵
۳	۳۵۹۷۶۱	۵۸۱۲۴۹	۱۶۰۲۲۸۲	۷۹۲۷۶۰	۰/۹۰	۴۴/۲۸	۰/۴۶
۴	۱۰۵۱۵۹	۴۸۷۵۰	۱۵۴۱۵۲	۴۵۰۴۷	۰/۸۱	۱۹/۹۵	۰/۹۲
۵	۱۲۰۴۹۶	۸۱۲۳۷	۲۴۱۳۵۵	۱۱۰۹۷۸	۱/۱۱	۳۷/۵۸	۰/۹۰
۶	۱۶۰۴۲۳	۱۶۵۷۵۶	۴۶۸۲۲۰	۲۲۳۰۱۸	۱/۱۲	۳۶/۸۳	۰/۸۲
۷	۹۰۸۵۸	۱۸۳۸۳	۷۲۶۴۱	۶۲۶۲	۰/۸۱	۲۸/۷۴	۰/۹۹
۸	۱۶۲۷۰۹	۱۷۰۵۱۰	۴۸۰۹۸۲	۱۳۸۵۶۶	۰/۶۵	۲۲/۸۹	۰/۷۲
۹	۱۵۴۶۱۱	۱۵۳۵۰۹	۴۳۵۳۴۸	۱۴۶۹۶۵	۰/۷۱	۲۶/۴۴	۰/۷۴
۱۰	۹۸۳۲۵	۳۴۱۱۸	۱۱۴۸۷۸	۵۴۰۱۹	۰/۹۴	۲۴/۶۳	۰/۹۳
۱۱	۲۱۴۱۷۱	۲۷۹۳۹۹	۷۷۳۴۶۲	۳۵۷۲۵۹	۰/۸۱	۲۹/۳۲	۰/۶۱
۱۲	۱۲۳۱۱۵	۸۶۹۰۴	۲۵۶۵۶۵	۵۵۶۲۴	۱/۲۹	۳۵/۸۶	۰/۹۶
۱۳	۱۱۶۴۱۰	۷۲۵۹۲	۲۱۸۱۴۹	۹۴۲۲۰	۱/۱۳	۳۵/۱۷	۰/۹۲
۱۴	۲۸۷۰۸۴	۴۳۴۱۷۶	۱۱۸۸۷۱۶	۵۹۳۵۸۸	۱/۰۳	۳۵/۷۰	۰/۶۰
۱۵	۱۲۷۸۳۰	۹۶۴۹۶	۲۸۲۳۱۳	۱۰۵۸۰۹	۱/۲۱	۳۷/۶۴	۰/۹۲
۱۶	۱۸۰۹۹۷	۲۰۹۱۸۹	۵۸۴۸۰۳	۹۷۲۸۹	۱/۴۸	۳۴/۸۰	۰/۹۵
۱۷	۱۰۹۷۲۱	۵۸۴۲۹	۱۸۰۱۳۴	۷۸۶۹۴	۱/۱۲	۳۴/۶۴	۰/۹۳
۱۸	۱۳۱۰۶۸	۱۰۳۳۷۳	۳۰۰۷۷۱	۱۴۷۱۳۰	۰/۹۴	۲۹/۸۴	۰/۸۳
۱۹	۱۰۳۷۶۳	۴۵۷۴۱	۱۴۶۰۷۵	۷۰۰۶۳	۰/۹۴	۲۸/۳۲	۰/۹۱



شکل ۱- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌های آفتابگردان بر اساس عملکرد دانه و ضریب رگرسیون

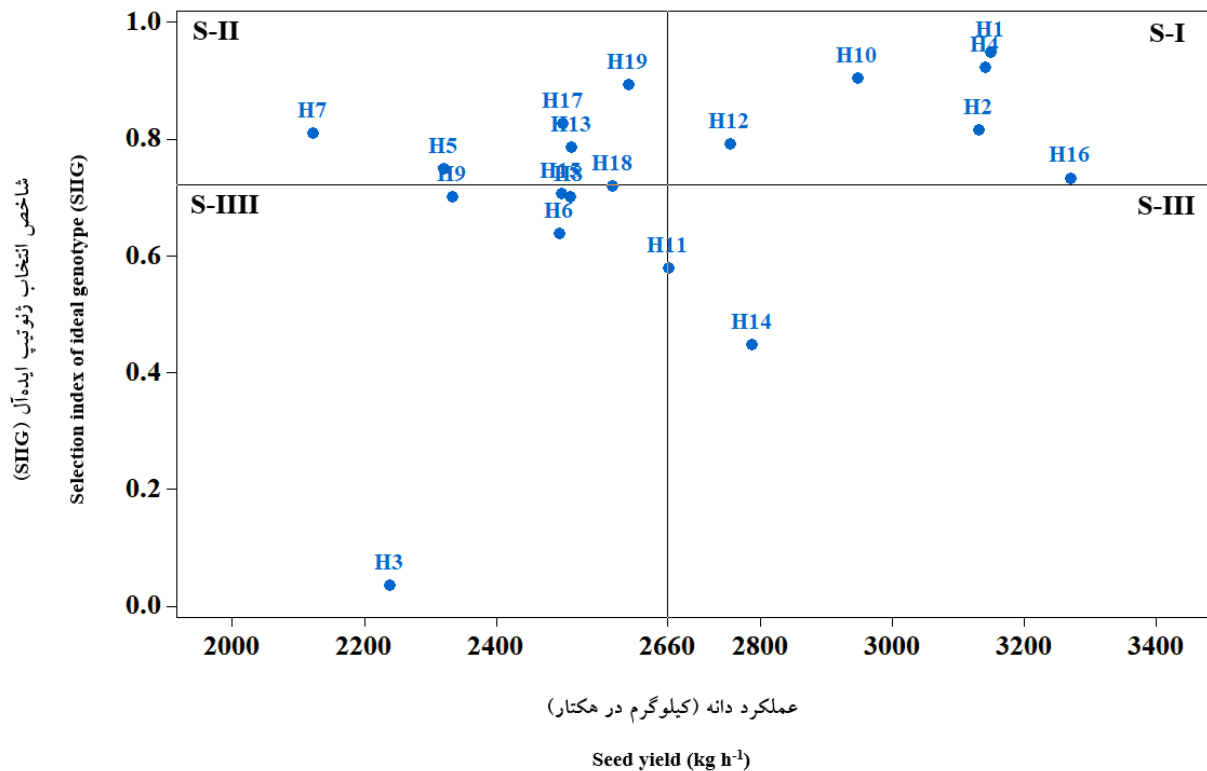
شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

در این تحقیق به منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر ثبات عملکرد در محیط‌های مختلف، علاوه بر استفاده از تک تک آماره‌های تجزیه پایداری ناپارامتری و پارامتری، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) نیز استفاده شد و همه آماره‌های تجزیه پایداری ناپارامتری و پارامتری ادغام شده و تبدیل به یک شاخص واحد یعنی SIIG شدند. شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) یک مدل گزینش‌گر بوده و به منظور انتخاب ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به کار می‌رود. با استفاده از روش SIIG می‌توان آماره‌های مختلف را به صورت یک شاخص واحد درآورد و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را مطمئن‌تر و دقیق‌تر انجام داد. با توجه به نتایج، ژنوتیپ‌های H1، H4، H2، H10، H12 و H16 با داشتن مقدار SIIG بالا و همچنین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل، جزء ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه و پایداری بودند.

نتایج سایر آماره پارامتری در جدول ۵ ذکر شده است. بر اساس آماره‌های اکوالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و واریانس محیطی ژنوتیپ‌های H7، H1 و H10 با کمترین مقادیر به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های H3، H11 و H14 با بیشترین مقادیر آماره‌های مذکور به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. آماره ضریب تغییرات ژنوتیپ‌های H4، H1 و H8 را ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کرد، در حالی‌که بر اساس آماره ضریب تشخیص که مقادیر بالای آن نشان‌دهنده پایداری می‌باشد، ژنوتیپ‌های H7، H1 و H12 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۵). از روش‌های پارامتری مانند ضریب تغییرات، ضریب تشخیص، واریانس محیطی، واریانس پایداری شوکلا و اکوالانس ریک برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار توسط پژوهشگران مختلف استفاده شده است (واعظی و همکاران؛ ۲۰۱۹؛ علیزاده و همکاران ۲۰۲۲؛ اکبری و همکاران ۲۰۲۲).

به‌منظور انتخاب ارقام و لاین‌های پایدار از نظر آماره‌های مختلف پایداری در گندم دوروم (نجفی میرک و همکاران ۲۰۱۸) نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

(شکل ۲). از طرفی دیگر ژنوتیپ H3 با مقدار SIIG پایین و همچنین عملکرد دانه کمتر از میانگین کل، به‌عنوان ژنوتیپ ناپایدار شناسایی شد (شکل ۲). شاخص SIIG



شکل ۲- نمودار دوعبده‌ی پراکنش ۱۹ ژنوتیپ آفتابگردان بر اساس عملکرد دانه و روش SIIG

آزمایشات بیشتر از جمله آزمایشات سازگاری استفاده شود.

سپاسگزاری

این پژوهش بر اساس نتایج حاصل از اجرای پروژه مصوب به شماره ۰۳-۰۳-۰۳۱۵-۰۱۷-۰۱۰۳۰۰ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌دین‌وسیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به پاس تامین هزینه‌های اجرای پروژه و نیز از مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، لرستان و سمنان به جهت فراهم نمودن امکانات اجرای پروژه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که روش‌های پایداری پارامتری و ناپارامتری و ادغام این روش‌ها با استفاده از روش SIIG، ابزارهایی سودمند برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و اطلاعات مفیدی در مورد ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا در اختیار قرار می‌دهند. بر اساس شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های H4، H1، H2، H10، H12 و H16 با داشتن مقدار SIIG بالا و همچنین عملکرد دانه بالاتر از میانگین به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد دانه شناخته شدند و توصیه می‌شود که از این ژنوتیپ‌ها برای انجام

منابع مورد استفاده

- Abyar S, Navabpour S, Karimizadeh R, Nasrollahnejad ghomi AA, Kiani GH and Gholizadeh A. 2021. Evaluation of genotype \times environment interaction and grain yield stability of different bread wheat genotypes using non-parametric methods. *Cereal Research*, 11(2): 89-104. (In Persian) DOI: 10.22124/cr.2021.20461.1687.
- Ahmadi J, Vaezi B and Pour-Aboughadareh A. 2016. Evaluation of forage yield stability of advanced lines of grass pea (*Lathyrus sativa* L.) by parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Breeding*, 8: 149-159. (In Persian). DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.159.
- Ahmadpour S, Darvishzadeh R, Sofalian O and Hatamzadeh H. 2019. Evaluation of yield stability of sunflower inbred lines under salt stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 11: 1-10. (In Persian). DOI: 10.29252/jcb.11.30.1.
- Akbari S, Akbarpour O and Pezeshkpour P. 2022. Evaluation of grain yield stability of lentil genotypes using parametric methods in rainfed conditions of khorramabad. *Journal of Crop Breeding*, 14(44): 227-238. (In Persian). DOI: 10.52547/jcb.14.44.227.
- Akbarpour O, Dehghani H and Sorkhi-Lalehloo B. 2012. Study of grain yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in cold regions of Iran using regression methods. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 14: 155-170. (In Persian). DOI: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.5.8.
- Alishah O, MahmoodJanloo H, Hekmat MH, Naderi Arefi A, Sidmasoomi SY and Talat F. 2019. Investigation of genotype \times environment interaction and yield stability of hopeful cotton (*G. hirsutum* L.) genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 11: 226-236. (In Persian). DOI: 10.29252/jcb.11.31.226.
- Alizadeh B, Rezaizad A, Yazdandoost Hamedani M, Shiresmaeili G, Nasserghadimi F, Khademhamzeh HR and Gholizadeh A. 2021a. Analysis of genotype \times environment interaction for seed yield in winter rapeseed cultivars and lines using multivariate method of additive main effects and multiplicative interaction. *Journal of Crop Production and Processing*, 11(1):95-108. (In Persian). DOI: 10.47176/jcpp.11.1.36131.
- Alizadeh B, Rezaizad A, Yazdandoost Hamedani M, Shiresmaeili G, Nasserghadimi F and Khademhamzeh HR. 2021b. Investigation of genotype \times environment interaction and seed yield stability of rapeseed genotypes in cold and mild cold regions of Iran. *Plant Genetic Researches*, 7(2): 65-82. (In Persian). DOI: 10.52547/pgr.7.2.6.
- Alizadeh B, Rezaizad A, Yazdandoost Hamedani M, Shiresmaeili G, Nasserghadimi F, Khademhamzeh HR and Gholizadeh A. 2022. Genotype \times environment interactions and simultaneous selection for high seed yield and stability in winter rapeseed (*Brassica napus*) multi-environment trials. *Agricultural Research*, 11(2): 185-196. DOI: 10.1007/s40003-021-00565-9.
- Alizadeh B, Rezaizad A, Yazdandoost Hamedani M, Shiresmaeili G, Nasserghadimi F, Khademhamzeh HR and Gholizadeh A. 2020. Evaluation of seed yield stability of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes using non-parametric methods. *Journal of Crop Breeding*, 12(35): 202-212. (In Persian). DOI: 10.52547/jcb.12.35.202.
- Becker H and Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101: 1-23. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x
- Dorrani-Nejad M and Mohammadi-Nejad G. 2018. Stability analysis for seed yield in different fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) ecotypes using Eberhart-Russel regression and different univariate statistics methods. *Journal of Crop Breeding*, 10: 19-27. (In Persian). DOI: 10.29252/jcb.10.25.19.
- Ebadi A, Sabaghpour SH, Dehghani H and Kamrani M. 2008. Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 162: 221-229. DOI: 10.1007/s10681-007-9552-x.
- Eberhart ST and Russell W. 1966. Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop Science*, 6: 36-40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.

- Farshadfar E and Sutka J. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. *Acta Agronomica Hungarica*, 54: 459-467. DOI: 10.1556/AAgr.54.2006.4.8.
- Finlay K and Wilkinson G. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742-754. DOI: 10.1071/AR9630742.
- Fooladvand M, Shahsavand H, Mohamadinejad G and Parvizi M. 2013. Genotype by environment interaction and study of sugar yield stability in the sugarcane cultivars in Khuzestan locations by stability criteria. *Cereal Research*, 2: 31-44. (In Persian). DOI: 20.1001.1.22520163.1391.2.1.3.3.
- Francis T and Kannenberg L. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58: 1029-1034. DOI: 10.4141/cjps78-157.
- Ghaffari M, Farrokhi E, Rahmanpour S, Daneshian J, Nouri Rad Davaji AM, Rezaeizad A, Zarei Siahbidi A, Soltani M, Kazerani N, Andarkhor AA, Ravanlou AA, Khiyavi M, Homayonifar M, Shasavari MR, Shariati F, Shiresmaeli GH, Nasser Ghadimi F and Yazdandoost M. 2019. Shams, new medium maturity sunflower hybrid adapted to spring cropping in temperate and cold regions and summer cropping in temperate regions of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(2): 221-233. (In Persian). DOI: 10.22092/rafhc.2019.110790.1076.
- Ghaffari M, Gholizadeh A, Andarkhor S A, Zareei Siahbidi, Kalantar Ahmadi S A, Shariati and Rezaeizad A. 2022. Evaluation of seed yield stability of sunflower genotypes using non-parametric statistics. *Journal of Crop Production and Processing*, 12(1) :1-13. (In Persian). DOI: 10.47176/jcpp.12.1.36104.
- Ghaffari M, Gholizadeh A, Andarkhor SA, Zareei Siahbidi A, Kalantar Ahmadi SA, Shariati F and Rezaeizad A. 2021. Stability and genotype \times environment analysis of oil yield of sunflower single cross hybrids in diverse environments of Iran. *Euphytica*, 217(10): 187. DOI: 10.1007/s10681-021-02921-w.
- Gholizadeh A, Khodadadi M and Sharifi-Zagheh A. 2022. Evaluation of genotype \times environment interaction for essential oil yield of coriander genotypes under different irrigation conditions using GGE biplot method. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(1): 43-52. (In Persian). DOI: 10.22077/escs.2020.3574.1878.
- Huehn, M. 1979. Beitrage zur erfassung der phanotypischen stabilitat. *EDV Med Biol*, 10: 112-117.
- Hühn M and Léon J. 1995. Nonparametric analysis of cultivar performance trials: experimental results and comparison of different procedures based on ranks. *Agronomy Journal*, 87: 627-632. DOI: 10.2134/agronj1995.00021962008700040004x.
- Jafari M, Asghari ZR, Alizadeh B, Sofalian O and Zare N. 2015. Study of seed yield stability in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes using Eberhart and Russell's method. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45: 585-592. (In Persian). DOI: 10.22059/IJFCS.2014.53568.
- Jamshidmoghaddam M and Pourdard SS. 2013. Genotype \times environment interactions for seed yield in rainfed winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.) multi-environment trials in Iran. *Euphytica*, 190: 357-369. DOI: 10.1007/s10681-012-0776-z.
- Kang M. 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communication*, 16: 113-115.
- Karimizadeh R, Safikhani Nasimi M, Mohammadi M, Seyyedi F, Mahmoodi A and Rostami B. 2008. Determining rank and stability of lentil genotypes in rainfed condition by nonparametric statistics. *Journal of Crop Production and Processing*, 12: 93-102. (In Persian). DOI: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.9.2.
- MINITAB INC. 2005. Minitab user's guide, vers. 14. Minitab Inc, Harrisburg, Pennsylvania, USA
- Moghaddasazadeh M, Asghari Zakaria R, Hassanpanah D and Zare N. 2018. Non-parametric stability analysis of tuber yield in potato (*Solanum tuberosum* L.) genotype. *Journal of Crop Breeding*, 28: 50-63. (In Persian). DOI: 10.29252/jcb.10.28.50.

- Mohammadi M, Karimizadeh R, Hosseinpour T, Ghogh H, Shahbazi K and Sharifi P. 2018. Use of parametric and non-parametric methods for genotype \times environment interaction analysis in bread wheat genotypes. *Plant Genetic Researches*, 4: 75-88. (In Persian). DOI: 10.29252/pgr.4.2.75.
- Mortazavian S, Nikkhah H, Hassani F, Sharif AHM, Taheri M and Mahlooji M. 2014. GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 609-622. DOI: 20.1001.1.16807073.2014.16.3.5.3.
- Movahhedi Z, Dehghani H and Mofidian M. 2010. A study of yield stability in cold region ecotypes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) through non-parametric measures. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40: 103-111. (In Persian). DOI: 20.1001.1.20084811.1388.40.4.10.8.
- Najafi Mirak T, Dastfal M, Andarzian B, Farzadi H, Bahari M and Zali H. 2018. Assessment of non-parametric methods in selection of stable genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 20: 126-138 (In Persian). (In Persian). DOI: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.3.8.
- Nassar R and Huehn M. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, 43: 45-53. DOI: 10.2307/2531947.
- Nowosad K, Liersch A, Popławska W and Bocianowski J. 2016. Genotype by environment interaction for seed yield in rapeseed (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. *Euphytica*, 208: 187-194. DOI: 10.1007/s10681-015-1620-z.
- Pinthus JM. 1973. Estimate of genotype value: a proposed method. *Euphytica*, 22: 121-123. DOI: 10.1007/BF00021563.
- Plaisted R and Peterson L. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Journal of Potato Research*, 36: 381-385. DOI: 10.1007/BF02852735.
- Pour-Aboughadareh A, Yousefian M, Moradkhani H, Poczai P, Kadambot H and Siddique M. 2019. STABILITYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Applications in Plant Sciences*, 7(1): e01211. DOI: 10.1002/aps3.1211.
- Pourdard S, Moghaddam M, Faraji A and Naraki H. 2014. Study on different non-parametric stability methods on seed yield of spring rapeseed varieties and hybrids. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44: 539-548. (In Persian). DOI: 10.22059/IJFCS.2013.50326.
- Ramzi E, Asghari A, Sofalian O, Mehraban A and Ebadi A. 2020. Evaluation of grain yield stability and genotype- environment interaction of barley promising lines in warm and humid regions of the country. *Journal of Crop Breeding*, 12(36), 57-65. (In Persian). DOI: 10.52547/jcb.12.36.57.
- Sabaghnia N, Dehghani H and Sabaghpour SH. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype \times environment interaction of lentil genotypes. *Crop Science*, 46: 1100-1106. DOI: 10.2135/cropsci2005.06-0122.
- SAS Inc. 2011. Base SAS 9.1 procedures guide. SAS Institute Inc, Cary
- Sheikh F, Sharifi H, Asteraki H, Miri K and Sekhavat R. 2021. Evaluation stability of seed yield of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes by parametric and non-parametric methods. *Crop Production*, 14(3): 125-144. (In Persian). DOI: 10.22069/EJCP.2022.18908.2411.
- Shukla G. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. *Heredity*, 29: 237-245. (In Persian). DOI: 10.1038/hdy.1972.87.
- SPSS Inc. 2010. SPSS 20. Users Guied. Chicago, USA.
- Thennarasu K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. Dissertation, University of New Delhi

- Vaezi B, Pour-Aboughadareh A, Mohammadi R, Armion M, Mehraban A, Hossein-Pour T and Dorii M. 2017. GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. *Cereal Research Communications*, 45: 500-511. DOI: 10.1556/0806.45.2017.019.
- Vaezi B, Pour-Aboughadareh A, Mohammadi R, Mehraban A, Hossein-Pour T, Koohkan E, Ghasemi S, Moradkhani H and Siddique KH. 2019. Integrating different stability models to investigate genotype× environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes. *Euphytica*, 215: 63. DOI: 10.1007/s10681-019-2386-5.
- Wachira F, Ng'etich W, Omolo J and Mamati G. 2002. Genotype × environment interactions for tea yields. *Euphytica*, 127: 289-297. DOI: 10.1023/A:1020273616349.
- Wricke G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Zeitschr F Pflanzenz* 47: 92-96. DOI: 10.4236/ajibm.2020.101003.
- Zali H, Hasanloo T, Sofalian O, Asghari A and Zeinalabedini M. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*, 8(20): 77-90. (In Persian). DOI: 20.1001.1.22286128.1395.8.20.7.4.
- Zali H, Sofalian O, Hasanloo T, Asgharii A and Hoseini SMM. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum—An International Journal*, 7(2): 703-711. DOI: 10.3390/plants12091843.