



Study of Grain Yield Stability of Lentil Genotypes by AMMI model

Seyedeh Soudabeh Shobeiri^{1*}, Davood Sadeghzadeh Ahari², Payam Pezeshkpour³,
Mahmoud Azimi⁴

Received: 21 November 2021 Accepted: 22 September 2022

1-Assist. Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran.

2-Assoc. Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.

3-Assist. Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khoramabad, Iran.

4-Assist. Prof., Horticultural Sciences Research Institute, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran.

*Corresponding Author Email: s.shobeiri@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: This study was conducted to investigate the interaction of genotype \times environment and to study the compatibility and yield stability of 20 lentil genotypes using incremental and multiplicative principal effects model (AMMI).

Materials and Methods: The present experiment was carried out in randomized complete block designs with 3 replications during 2018-2019, 2019-2020 under rain-fed conditions (in two regions of cold dryland areas including Zanjan, Maragheh (total of 4 environments). Each experimental plot consisted of 4 rows of planting 4 meters long with a density of 200 plants per square meter with a distance of 25 cm between lines. Planting was done manually. Combined analysis of variance was performed using SAS.V.9.1 statistical software assuming the effect of genotype and location were constant and the effect of year was random. AMMI analysis and calculation of main components of interaction for all genotypes and drawing of biplots and calculation of ASV stability index were done using CROPSTAT software.

Results: The combined analysis of variance for grain yield showed significant differences for year, genotype, genotype \times year, year \times location effects. The first and second components in AMMI model accounted for 83.3% and 10.92% of the interaction sum of squares, respectively. Considering the numerical values of interaction for each genotypes and genotypes rank, genotypes G3, G17, G1, G7, G13, G14 and G18 were found to be more stable genotypes. Also, based on AMMI stability value (ASV), genotypes G11, G8, G14, G10, G20, G3 and G13 were determined as stable genotypes.

Conclusion: Among stable genotypes, genotypes G5, G8, G11, G13 and had higher mean grain yield. Therefore, these genotypes can be proposed for using in future breeding programs to introduce new cultivars.

Keywords: AMMI Stability Value, Dry-land, Genotype \times Environment Interaction, Lentil



مطالعه‌ی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس توسط مدل AMMI

سیده سودابه شبییری^{۱*}، داود صادق زاده اهری^۲، پیام پزشکیپور^۳، محمود عظیمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۳۱

- ۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
 - ۲- دانشیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
 - ۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران
 - ۴- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات علوم باغبانی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
- *مسئول مکاتبه: Email: s.shobeiri@yahoo.com

چکیده

اهداف: این تحقیق به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و مطالعه سازگاری و پایداری عملکرد ۲۰ ژنوتیپ عدس با استفاده از تجزیه مدل اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر (AMMI) انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش حاضر در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار و در دو ایستگاه از مناطق سردسیر دیم کشور (قیدار زنجان، مراغه) در طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ (در مجموع چهار محیط) در شرایط دیم اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۴ متر با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع با فاصله خطوط ۲۵ سانتیمتر بود. عملیات کاشت به صورت دستی انجام گرفت. تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و مکان و تصادفی بودن اثر سال با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. تجزیه AMMI و محاسبه مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل برای تمام ژنوتیپ‌ها و ترسیم بای پلات‌ها و محاسبه شاخص پایداری ASV با استفاده از نرم افزار CROPSTAT صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای اثرات سال، ژنوتیپ، ژنوتیپ × سال، سال × مکان نشان داد. مؤلفه اول و دوم در تجزیه AMMI به ترتیب ۸۳/۳ و ۱۰/۹۲ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند. با توجه به مقادیر عددی مؤلفه‌های اثر متقابل ژنوتیپی و رتبه ژنوتیپ‌ها، مشخص شد که ژنوتیپ‌های G3، G17، G1، G7، G13، G14 و G18 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار هستند. همچنین طبق شاخص ASV، به ترتیب ژنوتیپ‌های G11، G8، G14، G10، G20، G3 و G13 به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تعیین شدند.

نتیجه گیری: از میان ژنوتیپ‌های پایدار، ژنوتیپ‌های G5، G8، G11 و G13 از میزان عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردار بودند. بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را جهت معرفی به عنوان ارقام جدید یا برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: ارزش پایداری امی، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، دیمزار، عدس

مقدمه

عدس پس از نخود دومین گیاه بقولاتی غذایی مهم کشور محسوب شده و نقش مهمی در تأمین نیازهای پروتئینی مورد نیاز کشور ایفا می‌کند. دانه این گیاه به طور متوسط دارای ۲۶ درصد پروتئین بوده و به عنوان مکمل غذایی در الگوی تغذیه‌ای انسان جایگاه ویژه‌ای دارد. همچنین کاه و بقایای عدس در تغذیه دام ارزشمند است (موهلبار و همکاران ۱۹۹۵). سطح زیر کشت عدس در جهان در حدود ۴/۸ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۱۱۹۶ کیلوگرم در هکتار است. در ایران ۹۲ درصد در شرایط دیم کشت می‌گردد. سطح زیر کشت عدس در ایران ۱۱۲۴۱۱ هکتار بوده و میزان تولید آن بالغ بر ۶۱۵۵۸ تن گزارش شده است (احمدی و همکاران ۲۰۲۰). ایران به لحاظ سطح زیر کشت این محصول رتبه هشتم در جهان را بعد از کانادا، هند، استرالیا، ترکیه، نپال، آمریکا و بنگلادش به خود اختصاص داده است. در حال حاضر در سطح جهانی، کشور کانادا وسیع‌ترین منطقه تولیدکننده عدس و بزرگترین صادرکننده این محصول در جهان به‌شمار می‌رود و ایران نیز از لحاظ رتبه تولید در رده‌ی چهاردهم قرار می‌گیرد (فائو ۲۰۱۹). به منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ برای محیط خاص و یا تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در دامنه‌ای از محیط‌ها، ارقام و لاین‌های عدس در آزمایش‌های ناحیه‌ای ارزیابی شده و عملکرد دانه آن‌ها در سال‌ها و مناطق مختلف مورد مقایسه قرار می‌گیرد (یان و راجکان ۲۰۰۲).

به‌طور کلی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط عملکرد یک رقم را تعیین می‌کنند (فرشادفر، ۲۰۰۸) و عملکرد ژنوتیپ‌های عدس تا حد زیادی به محیط بستگی دارد (یان و راجکان ۲۰۰۲). در رابطه با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، دو موضوع سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها مطرح می‌شود و در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، پایداری کاهش یافته و این امر سبب کاهش بازدهی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود (فرشادفر ۱۹۹۸). از روش‌های کاهش اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و نیز افزایش عملکرد، انتخاب و معرفی

لاین‌های با عملکرد بالا و پایدار در مناطق مختلف است (کانگ ۱۹۹۲). لذا اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، یکی از موضوعات اساسی در مطالعات اصلاح نباتات است به ویژه زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط شدید باشد، گزینش و توصیه‌ی ژنوتیپ‌های برتر و پایدار را با مشکل مواجه و پیشرفت گزینش را کند می‌کند (ادجایی و همکاران ۲۰۱۴).

سازگاری عبارت است از پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها برای حصول عملکرد بالا در محیط‌های مختلف. پایداری عملکرد ژنوتیپ‌هایی که دارای پتانسیل عملکرد بالایی بوده ولی در شرایط محیطی مختلف عملکرد پایینی دارند بایستی مورد ارزیابی قرار بگیرد تا ژنوتیپ‌های سازگار برای مناطق خاص معرفی گردند (بارتیا و همکاران ۲۰۱۷). پایداری یک محصول در واقع عبارت از توانایی آن جهت بقاء در محیطی خاص است، یعنی یک گیاه بایستی قادر باشد سرما، گرما، کمبود یا زیاد بودن آب، تغییرات طول روز، شدت نور و دامنه وسیعی از شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک را تحمل نماید (بخشایشی و قشلاق ۲۰۱۲).

اصلاح ارقام سازگار با یک محیط خاص از نظر اقتصادی نیازمند صرف هزینه سنگین و وقت زیاد است، لذا بایستی ارقامی را اصلاح و معرفی کرد که بتوان در بیشتر از یک محیط و حتی برای چند محیط متفاوت آنها را توصیه نمود، یعنی رقمی که بهترین سازگاری و عملکرد قابل قبول را در محیط‌های مختلف داشته باشد (صادق‌زاده اهری و همکاران ۲۰۰۵). روش‌های گوناگونی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه شده است که شامل روش‌های تک متغیره، چندمتغیره و ناپارامتری هستند (خماری و همکاران ۲۰۱۸). اگرچه محاسبه و استفاده از روش‌های تک متغیره، پارامتری و ناپارامتری آسان است، ولی این روش‌ها نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چند بعدی اثر متقابل را به خوبی تفسیر نمایند. از این‌رو، استفاده از روش‌های چند متغیره برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است (شیری و همکاران ۲۰۱۵). یکی از روش‌های پارامتری چندمتغیره، مدل تجزیه آثار اصلی

مقدار باقیمانده تفکیک می‌گردد (عزیزی و همکاران ۲۰۱۶).

جهت تفکیک بین AMMI و تجزیه به مؤلفه های اصلی، پارامترهای ضرب‌پذیر امی را با IPCA نشان می‌دهند. با استفاده از نمودار بای‌پلات دوگانه تجزیه AMMI، هم ژنوتیپ‌ها و هم مکان‌ها در یک اسکترگرام نمایش داده می‌شوند و تفسیر اثر متقابل مکان‌های خاص میسر می‌گردد. مدل آماری AMMI به صورت زیر ارائه شده است.

$$X_{IJO} = \mu + a_i + Y_j + \sum_{M=1}^N \lambda_{im} y_{jn} + P_{-ij} + \varepsilon_{-ijk} \quad (\text{رابطه ۱})$$

مدل تجزیه واریانس مرکب و تجزیه به مؤلفه اصلی بوده و مرکب از دو مدل جمع‌پذیر است، لذا ایرادات و معایب هیچیک از دو روش بیان شده را ندارد (صفری و بهرامی نژاد ۲۰۱۷). ASV نیز با استفاده از فرمول زیر که برای اولین بار توسط پورچاس (۱۹۹۷) ارائه گردید، محاسبه می‌شود.

$$ASV = \sqrt{\frac{IPCA1SS}{IPCA2SS} (IPCA1_{Score}) + (IPCA2_{Score})} \quad (\text{رابطه ۲})$$

اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بین دو مؤلفه اصلی اول تفاوت معنی‌داری وجود داشت و سه ژنوتیپ دارای سازگاری عمومی بودند. سوبدی و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی پایداری ۳۴ ژنوتیپ عدس در طی دو سال زراعی در پنج مکان در غرب کانادا بیان کردند که بر اساس مدل‌های AMMI و رگرسیونی پنج ژنوتیپ (4043, IBC1235, IBC929R, IBC17-3674, 9-3923) پایداری مطلوب از منابع ژنتیکی مفید می‌باشند، که بهبود ژنتیکی عملکرد دانه برای آنها امکان‌پذیر می‌باشد.

تورک و کندال (۲۰۱۷) با بررسی شش ژنوتیپ عدس در هشت ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیان کردند که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل آثار اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و دو مؤلفه

جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر AMMI است. مدل AMMI با نقطه‌یابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر روی بای‌پلات موقعیت ژنوتیپ‌ها را نسبت به یکدیگر و محیط‌های مورد بررسی شناسایی می‌کند. در مدل امی آثار اصلی جمع‌پذیر ژنوتیپ و محیط با استفاده از تجزیه واریانس برآورد می‌شوند، ولی از آنجا که واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از یک محیط به محیط دیگر باعث اثر متقابل ضرب‌پذیر شده و تجزیه واریانس قادر به تجزیه این آثار نیست، با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل و

که در آن X_{ij0} میانگین ژنوتیپ، μ میانگین کل، a_i اثر ژنوتیپ، y_j اثر محیط، λ_n مقدار انفرادی است که جذر λ_n یعنی یک مقدار ویژه است. P_{ij} تفاوت مقدار برآورد شده با مقدار واقعی را نشان می‌دهد و ε_{ijk} مقدار باقیمانده است. در این مدل a_{in} بردار ویژه ژنوتیپ و y_{jn} بردار ویژه محیط است. مدل AMMI تلفیقی از دو

IPCA1SS و IPCA2SS مجموع مربعات مولفه اصلی اول و دوم برای ژنوتیپ‌ها، $IPCA1_{score}$ نمره مولفه اصلی اول برای ژنوتیپ i ام، $IPCA2_{score}$ نمره مولفه اصلی دوم برای ژنوتیپ i ام و ASV ارزش پایداری AMMI است. مدل AMMI کمیت پایداری را به صورت کمی برآورد نمی‌کند و از آنجاییکه اندازه کمی پایداری به منظور رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس پایداری عملکرد آنها بسیار ضروری است، از این‌رو ارزش پایداری (ASV) به عنوان شاخصی برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای مدل امی ارائه شد (فرشادفر ۲۰۱۰).

تادس و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی ۱۷ ژنوتیپ عدس به مدت سه سال زراعی در مناطق مرتفع اتیوپی، بیان کردند که اثرات ژنوتیپ، محیط و اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه معنی‌دار هستند. بر

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به منظور ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری تعدادی ژنوتیپ عدس در شرایط آب و هوایی مختلف مناطق زنجان و مراغه در مدت دو سال انجام گرفت. در این آزمایش ۲۰ ژنوتیپ عدس شامل ۱۷ لاین پیشرفته انتخابی از آزمایشات پیشرفته سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ و ۳ شاهد کیمیا، بیله سوار و سنا (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم کشت شدند. هر کرت آزمایش شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۴ متر با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع و فاصله خطوط ۲۵ سانتیمتر بود. عملیات کاشت به صورت دستی انجام گرفت. با توجه به اجرای آزمایش در دو سال و دو مکان، داده‌های مربوط به مکان‌ها و سال‌ها در قالب محیط ادغام و تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس چهار محیط و با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و مکان و تصادفی بودن اثر سال با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد. تجزیه AMMI و محاسبه مقادیر مؤلفه های اصلی اثر متقابل برای تمام ژنوتیپ‌ها و ترسیم بای پلات‌ها و محاسبه شاخص پایداری ASV با استفاده از نرم افزار 7.2 CROPSTAT صورت گرفت.

داده‌های هواشناسی دو سال اجرای پروژه نشان داد پراکنش بارندگی در بهار در دو منطقه خدابنده زنجان و مراغه در سال اول آزمایش به ترتیب ۱۸۷/۸، ۱۶۳/۷ و در سال دوم آزمایش ۱۴۸/۷، ۱۲۲/۳ میلی متر بوده است. بیشترین میزان بارندگی در سال اول آزمایش (۹۸) در منطقه قیدار زنجان در ماه فروردین با ۱۳۷/۴ میلی‌متر بارندگی بوده است. همچنین با توجه به بارندگی ناچیز در طول خرداد ماه در دو ایستگاه زنجان و مراغه ارقام و لاین‌های آزمایشی در همه ایستگاه‌ها در معرض تنش خشکی قرار داشتند. با توجه به اینکه یکی از حساس‌ترین مراحل رشد و نمو به تنش خشکی در حبوبات مرحله گل‌دهی و پر شدن غلاف‌هاست، لذا شرایط محیطی حاکم بر ایستگاه‌ها در خردادماه این فرصت را برای ارزیابی وضعیت و عکس‌العمل لاین‌های آزمایشی در برابر تنش خشکی در موقع گل‌دهی و پر شدن غلاف‌ها پدید آورد (جدول ۱).

اصلی، ۸۵/۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه کردند.

در کشور هندوستان با بررسی ۲۴ ژنوتیپ عدس در سه محیط، دو مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۰ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمودند و تجزیه و تحلیل AMMI نشان داد که ژنوتیپ‌ها سازگاری گسترده‌ای داشته و تحت تاثیر اثر متقابل محیط × ژنوتیپ قرار نگرفته اند (جبرسون و همکاران ۲۰۱۹). کریمی زاده و محمدی (۲۰۱۰) با ارزیابی ۱۰ ژنوتیپ عدس با روش تجزیه پایداری AMMI نشان دادند که اثر محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط معنی دار بود و این سه جزء به ترتیب ۸۹، ۲ و ۸/۶ درصد از مجموع مربعات کل ترکیبات تیماری را در بر می گرفتند. تقی زاده و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی پایداری ژنوتیپ‌های جو سردسیر با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره طی دو سال نشان دادند که ژنوتیپ‌های EC86-10، EC88-07 از پایداری عملکرد بیشتری برخوردارند. در آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی سرارود در کرمانشاه، ۱۴ ژنوتیپ گندم نان در سه سال متوالی در دو شرایط دیم و آبی با استفاده از روش AMMI مورد بررسی و ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند (فرشادفر و همکاران ۲۰۱۱). بدوئی دلفارد و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با استفاده از روش AMMI در ۱۰ رقم جو نشان دادند که ارقام گرگان ۴، ماکوئی و نصرت دارای پایداری عمومی بوده و نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه کمترین برهمکنش را با محیط دارند.

افزایش روزافزون نقش حبوبات در امنیت غذایی کشور بسیار مهم است که این موضوع با تولید ارقام پر محصول با پایداری عملکرد تحقق می‌یابد. هدف از پژوهش حاضر، تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش عدس به منظور ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها و شناسایی ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی و خصوصی با محیط‌ها می‌باشد.

جدول ۱- آمار هواشناسی سال زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ ایستگاه تحقیقات خدابنده زنجان و مراغه

ماه	بارندگی				میانگین دما			
	خدابنده ۹۷-۹۸	خدابنده ۹۸-۹۹	مراغه ۹۷-۹۸	مراغه ۹۸-۹۹	خدابنده ۹۷-۹۸	خدابنده ۹۸-۹۹	مراغه ۹۷-۹۸	مراغه ۹۸-۹۹
مهر	۴/۹	۳۲/۵	۹/۷	۲۱/۶	۱۵/۵	۱۷/۲	۱۳/۷۶	۱۳/۴
آبان	۴۸/۱	۵۵/۶	۴۷	۴	۷/۱	۶/۴	۵/۵۷	۴/۴
آذر	۷۸	۴۸/۱	۹۱/۴	۲۷/۸	۴/۳	۱/۹	۲/۳	۱
دی	۴۶/۱	۲۹/۷	۴۰/۸	۶۷/۶	-۰/۷	-۱/۲	-۲/۵	-۳/۲
بهمن	۵۲/۷	۳۳	۸۶/۴	۲۴/۹	۰/۸	-۲/۹	-۱/۲	-۶/۱۹
اسفند	۱۲/۴	۷۸/۷	۵۵/۶	۵۸/۶	۲/۶	۵/۶	۰/۲۷	۲/۷
فروردین	۱۳۷/۴	۹۲/۳	۱۱۶/۱	۸۰/۱	۶/۸	۶/۶	۵/۲۲	۵/۰۸
اردیبهشت	۳۸/۹	۵۴/۶	۴۳/۴	۴۲	۱۲/۲	۱۲/۸	۹/۶	۱۱/۴
خرداد	۱۱/۵	۱/۸	۴/۲	۰/۲	۲۰	۲۱/۴	۱۸/۱۴	۱۸/۳۵

جدول ۲- نام و منشأ ژنوتیپ های مورد مطالعه در این تحقیق

Code	Genotype	Pedigree	Origin
1	FLIP2012-2L	ILL7985XILL6037	ICARDA
2	FLIP2012-8L	ILL4605XILL1005	ICARDA
3	FLIP2012-9L	ILL4605XILL1005	ICARDA
4	FLIP2013-2L	ILL6434XILL8072	ICARDA
5	FLIP2013-15L	ILL8066XILL6024	ICARDA
6	FLIP2013-25L	ILL7938XILL1005	ICARDA
7	FLIP2013-29L	ILL6129XILL1005	ICARDA
8	FLIP2014-021L	ILL9977 x ILL 1005	ICARDA
9	FLIP2012-3L	ILL6434XILL8072	ICARDA
10	FLIP 2012-196 L	ILL590XILL8113	ICARDA
11	FLIP 2012-207L	ILL7620XILL590	ICARDA
12	FLIP 2012-245 L	ILL7547XILL9892	ICARDA
13	FLIP 2012-262 L	ILL7934XILL6994	ICARDA
14	FLIP 2013-13 L	ILL9894 X ILL8072	ICARDA
15	FLIP 2013-24 L	ILL7938 X ILL1005	ICARDA
16	FLIP 2013- 45 L	ILL6037 X ILL 7981	ICARDA
17	Percoz	ILL7620XILL590	Argentina
18	Kimia	-	IRAN
19	Bilehsevar	-	IRAN
20	Sana(Check) L(Sana)	-	IRAN

نتایج و بحث

میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در چهار محیط در جدول ۶ آورده شده است. بیشترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های G13، G11، G7 و G20 به ترتیب با میانگین عملکرد ۰/۳۴۰، ۰/۳۰۵، ۰/۳۰۱ و ۰/۲۹۹ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های G17، G3، G9 و G2 به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۰/۲۲۱، ۰/۲۲۷، ۰/۲۲۹ و ۰/۲۴۴ تن در هکتار بود.

نتایج حاصل از تجزیه مرکب اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به این معنی است که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی داشته‌اند و اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از یک محیط به محیط دیگر متفاوت است، بنابراین می‌توان پایداری عملکرد را در محیط‌های مختلف از طریق آماره‌های پایداری بررسی نمود.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس در محیط‌های مختلف

منابع تغییر	df	میانگین مربعات
محیط	3	2.41**
تکرار/ محیط	8	0.003
ژنوتیپ	19	0.011**
ژنوتیپ × محیط	57	0.007**

** : Significant at 1% probability level.

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در ۴ محیط

ژنوتیپ	عملکرد دانه (t.ha ⁻¹)	ژنوتیپ	عملکرد دانه (t.ha ⁻¹)
G1	0.275	G11	0.305
G2	0.244	G12	0.286
G3	0.227	G13	0.340
G4	0.259	G14	0.266
G5	0.289	G15	0.279
G6	0.247	G16	0.251
G7	0.301	G17	0.221
G8	0.279	G18	0.262
G9	0.229	G19	0.286
G10	0.269	G20	0.299
کمترین	0.221		
بیشترین	0.340		
میانگین	0.271		
LSD5%	0.072		

تجزیه AMMI

مؤلفه سهم هر ژنوتیپ در اثر متقابل مشخص شد. هر چه سهم ژنوتیپ از اثر متقابل کمتر باشد، نشان دهنده پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. معنی‌دار بودن مؤلفه‌های اول و دوم اثر متقابل بیانگر برآزش خوب مدل AMMI با داده‌ها بود. مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۸۳/۳ و ۱۰/۹۲ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بالای اولین مؤلفه اصلی (مثبت یا منفی) اثر متقابل بالایی با محیط

به منظور مطالعه ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از روش AMMI استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس مدل AMMI برای اثرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار ژنوتیپ، محیط، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و مؤلفه‌های اول و دوم اثر متقابل برای عملکرد دانه بود. با استفاده از این دو

علاوه بر این میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های G5، G8، G11 و G13 مناسبی داشتند و بنابراین ژنوتیپ‌های پایدار با سازگاری عمومی بالا معرفی شدند .

دارند درحالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی نزدیک به صفر دارای اثر متقابل پایینی هستند (فیکر و همکاران ۲۰۱۸). بر این اساس با توجه به جدول (۴) ژنوتیپ‌های G3، G5، G8، G11 و G17 دارای مقادیر کمتر مولفه اول اثر متقابل بودند و

جدول ۵- تجزیه واریانس AMMI برای عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ عدس در ۴ محیط

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درصد مجموع مربعات
ژنوتیپ	19	0.0592525	0.00311855*	2.25
محیط	3	2.08513	0.695042**	79.5
ژنوتیپ × محیط	56	0.478276	0.00854064*	18.23
مولفه اول اثر متقابل	21	0.398733	0.0189873**	83.3
مولفه دوم اثر متقابل	19	0.0522707	0.00275109*	10.92
مولفه سوم اثر متقابل	17	0.0272723	0.00160425 ^{ns}	5.70
کل	78	2.6228	-	-

جدول ۶- میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های عدس، مقادیر دو مولفه اصلی اثر متقابل و آماره‌های پایداری ASV، GSI، IPCA1، فاصله AMMI و رتبه آن‌ها

	IPCA1	IPCA ₂	ASV	RankASV	mean rank	SY	GSI	GSIRAN K	SIPC1	SIPC1Rank	درصد افزایش نسبت به شاهد بیل سوار	درصد افزایش نسبت به شاهد سنا	درصد نسبت به میانگین کل	فاصله AMMI
G1	0.045	0.117	0.0374	19	10	0.275	29	16	0.045	7	96	92	101	0.125194
G2	-0.128	0.217	0.0040	17	17	0.244	34	20	0.128	15	85	82	90	0.251974
G3	0.001	-0.059	0.0001	2	19	0.227	21	8	0.001	1	79	76	84	0.058521
G4	0.160	-0.145	0.0043	18	14	0.259	32	19	0.160	19	90	87	96	0.215504
G5	-0.003	-0.068	0.0002	4	5	0.289	9	3	0.003	2	101	97	107	0.067712
G6	0.050	0.049	0.0004	7	16	0.247	23	11	0.050	9	86	83	91	0.069751
G7	0.047	-0.122	0.0008	10	3	0.301	13	4	0.047	8	105	101	111	0.131124
G8	-0.015	0.097	0.0004	6	9	0.279	15	5	0.015	3	97	93	103	0.098452
G9	0.121	-0.119	0.0025	13	18	0.229	31	18	0.121	14	80	77	85	0.169145
G10	0.136	-0.109	0.0030	14	11	0.269	25	14	0.136	17	94	90	99	0.174243
G11	0.016	-0.046	0.0001	1	2	0.305	3	1	0.016	4	107	102	113	0.048634
G12	0.154	-0.095	0.0036	16	6	0.286	22	10	0.154	18	100	96	106	0.180998
G13	0.031	-0.025	0.0002	3	1	0.340	4	2	0.031	6	119	114	126	0.039453
G14	0.087	0.057	0.0012	11	12	0.266	23	12	0.087	12	93	89	98	0.104121
G15	0.061	0.066	0.0007	9	8	0.279	17	6	0.061	10	97	93	103	0.089915
G16	-0.133	0.178	0.0036	15	15	0.251	30	17	0.133	16	88	84	93	0.222062
G17	0.022	0.063	0.0002	5	20	0.221	25	15	0.022	5	77	74	82	0.066597
G18	-0.061	-0.025	0.0005	8	13	0.262	21	9	0.061	11	92	88	97	0.066105
G19	0.103	0.105	0.0019	12	7	0.286	19	7	0.103	13	100	96	106	0.147225
G20	-0.694	-0.139	0.0680	20	4	0.299	24	13	0.694	20	104	100	110	0.707391

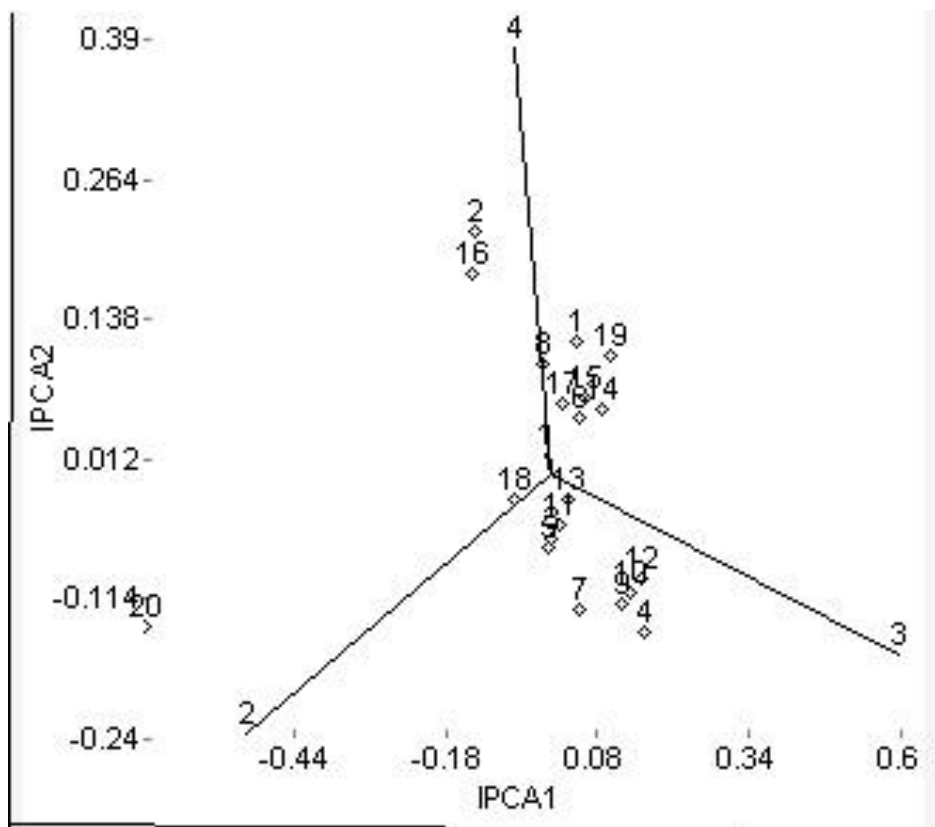
بالا و پایدار شناخته می‌شوند. در این تحقیق ژنوتیپ‌های شماره G11، G13، G5، G7، و G8 به ترتیب با مقادیر کمتر GSI (۳، ۴، ۹، ۱۳ و ۱۵) به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد و پایداری عملکرد شناخته شدند (جدول ۷). بر مبنای آماره SIPC1 که از قدر مطلق اولین مؤلفه اصلی مدل بدست می‌آید، به ترتیب ژنوتیپ‌های G3، G5، G8، G11، G13 و G17 جزء پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری عملکرد دانه بودند و ژنوتیپ‌های G5، G8، G11 و G13 به علت بالا بودن عملکرد دانه به عنوان لاین‌هایی با عملکرد بالا و پایدار انتخاب شدند (جدول ۶). در این تحقیق، میزان عملکرد دانه تولیدی ژنوتیپ‌ها نسبت به هر یک از شاهد‌ها نیز محاسبه شد (جدول ۴). افزایش عملکرد نسبت به رقم عدس بیله سوار تنها در لاین‌های G5، G7، G11 و G13 مشاهده شد که به ترتیب ۱، ۵، ۷ و ۱۹ درصد بود. افزایش عملکرد در ژنوتیپ‌های G7، G11 و G13 نسبت به شاهد رقم سنا مشاهده شد (جدول ۶).

جدول (۵) مقادیر میانگین عملکرد دانه، مؤلفه اول و دوم و ارزش پایداری AMMI را برای ۴ محیط نشان می‌دهد.

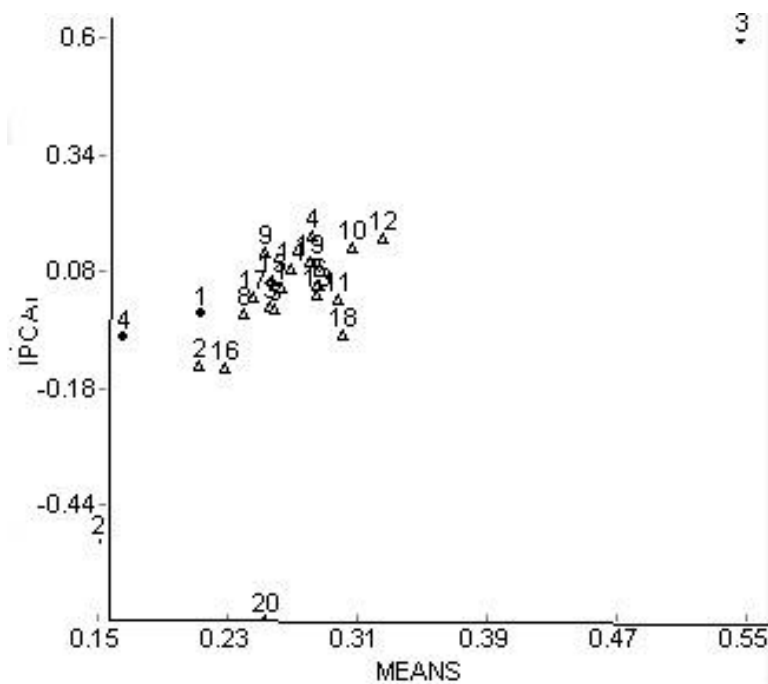
برای استفاده همزمان از تمام مؤلفه‌ها از ارزش پایداری امی (ASV)، شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI)، فاصله AMMI (AMMI D) و SIPC1 نیز استفاده شد (جدول ۴). هر چقدر میزان آماره ASV به مبدا مختصات نزدیک تر شود، و همچنین هر چه مقدار ارزش پایداری AMMI کمتر باشد، آن ژنوتیپ پایدارتر است (عبدولشاهی و همکاران ۲۰۱۳). بر این اساس ژنوتیپ‌های G3، G5، G8، G11، G13 و G17 دارای کمترین مقادیر ارزش AMMI بودند که در بین آنها ژنوتیپ‌های G5، G8، G13 و G11 دارای عملکرد دانه بالاتر بوده و به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. هر چه میزان فاصله AMMI، ژنوتیپ بیشتر باشد، فاصله ژنوتیپ از مبدأ IPCA بیشتر و ژنوتیپ دارای عملکرد دانه ناپایدار محسوب می‌شود و ژنوتیپ‌های دارای فاصله کمتر AMMI به عنوان ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار در نظر گرفته می‌شوند. با استفاده از این پارامتر، ژنوتیپ‌های G13، G11، G3، G5، G17، G18 و G5 به عنوان ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار شناخته شدند. بر اساس شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI)، انتخاب لاین‌ها به طور هم زمان و بر اساس عملکرد بالا و پایدار می‌باشد و ژنوتیپ‌هایی با کمترین مقدار GSI به عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد

جدول ۷ - مقادیر میانگین عملکرد دانه، مؤلفه اول و دوم و اثر متقابل و ارزش پایداری AMMI برای ۴ محیط

محیط	میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار)	مؤلفه اول اثر متقابل	مؤلفه دو اثر متقابل	ارزش پایداری AMMI
E1	0.217	-0.011	0.017	0.009
E2	0.132	-0.522	-0.235	0.435
E3	0.567	0.596	-0.165	0.497
E4	0.166	-0.063	0.382	0.053



شکل ۱- بای پلات دو مولفه اصلی (PC1 و PC2) برهم کنش ژنوتیپ × محیط در مدل AMMI 2 برای عملکرد ۲۰ ژنوتیپ در محیط ۴



شکل ۲- بای پلات مولفه اصلی نخست (PC1) و عملکرد دانه (Y) در مدل AMMI 1 برای عملکرد ۲۰ ژنوتیپ عدس در ۴ محیط

محیط‌های E2 و E4 بیشترین نقش را در GE ایفا می‌کنند (اکثر و همکاران ۲۰۱۴). توحیدی و همکاران (۲۰۱۵) از بای پلات AMMI به منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف استفاده کردند. فلاحی و همکاران (۲۰۱۱) پایداری ژنوتیپ‌های گندم را توسط این روش مورد مطالعه قرار دادند. شکل ۲ به ترتیب موقعیت ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها را بر اساس مؤلفه اول و عملکرد نمایش می‌دهد. در بای پلات محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌پذیر (میانگین عملکرد دانه) و محور عمودی اثرات متقابل ضرب‌پذیر (مقادیر اولین مؤلفه اصلی) است. یعنی ضرایب عاملی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می‌باشند (زالی و همکاران ۲۰۰۹). باید توجه داشت ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که دارای مقادیر اولین مؤلفه‌ی اصلی بزرگ (مثبت یا منفی) باشند، اثر متقابل بالا دارند. درحالی‌که در ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی نزدیک به صفر، اثر متقابل پایین می‌باشد. از طرفی ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای اولین مؤلفه اصلی با علامت یکسان اثرات متقابل مثبت ایجاد می‌کنند (کریمی زاده و همکاران ۲۰۱۱). در شکل ۲ ژنوتیپ‌ها با علامت مثبت و محیط‌ها با علامت + نشان داده شده‌اند. مدل AMMI 1، پراکنش ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد دانه و مؤلفه اول نشان می‌دهد (شکل ۲). کانون بای پلات AMMI 1، میانگین عملکرد را نشان می‌دهد و ژنوتیپ‌های که در سمت راست خط افقی قرار دارند، عملکرد بیشتری از میانگین دارند. هر چه فاصله ژنوتیپ‌ها از خط افقی کمتر باشد، نشان‌دهنده مقدار قدر مطلق کمتر مؤلفه اول و پایداری بیشتر عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد. با توجه به نمایش گرافیکی عملکرد و پایداری در نمودار یاد شده (شکل ۲) امکان مقایسه ژنوتیپ‌ها با میانگین کلی عملکرد و میانگین رقم‌های شاهد فراهم می‌شود که گزینش را آسان‌تر می‌سازد. بر این اساس ژنوتیپ‌های G5، G11، G8 و G13 پایدارترین ژنوتیپ‌های موردبررسی می‌باشند (منشا ژنتیکی لاین-های انتخابی با توجه به جدول ۲ متفاوت بودند) و ژنوتیپ G13 با میانگین عملکرد دانه ۰/۳۴۰ تن در هکتار

با توجه به این جدول (۵) ژنوتیپ‌ها و محیط‌های با مقادیر کمتر مؤلفه اول اثر متقابل، نقش کمتری در اثر متقابل دارند و در نتیجه پایدار خواهند بود. همچنین محیط‌ها با مقادیر بیشتر مؤلفه‌ی اول و کمتر مؤلفه دوم اثر متقابل، محیط‌هایی با قدرت تفکیک بالا در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار خواهند بود (محمدی و همکاران ۲۰۱۱). بر این اساس محیط‌های E1 و E4 با کمترین مقدار مؤلفه اول اثر متقابل دارای کمترین اثر متقابل بوده و در نتیجه نسبت به محیط‌های دیگر پایداری عملکرد بهتری داشتند، ولی نسبت به محیط E3 میانگین عملکردشان پایین‌تر بود. با توجه به نتایج حاصل، تجزیه پایداری عملکرد ممکن است به تنهایی سودمند نباشد و در عمل رقم‌های پایدار در صورتی با استقبال کشاورزان مواجه می‌شوند که دارای عملکرد دانه بالایی نیز باشند. از اینرو، به طور معمول شاخص‌های پایداری در کنار عملکرد دانه سنجیده می‌شوند و در نهایت ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا گزینش می‌شوند.

شکل (۱) نتایج حاصل از تجزیه AMMI ژنوتیپ‌ها را بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نشان می‌دهد. معمولاً در بای پلاتها به منظور تشخیص بهتر از دو مؤلفه‌ی اصلی استفاده می‌شود و چون ژنوتیپ‌ها در ارتباط با محیط‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، یعنی برای هر محیط، ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های خاصی را نسبت می‌دهند. لذا محیط‌ها را به صورت بردار و ژنوتیپ‌ها را به صورت نقطه نشان می‌دهند. بر اساس شکل ۱ بای پلات AMMI، ژنوتیپ‌های G11، G13، G9 و G18 که در مرکز بای پلات قرار دارند، اثر متقابل کوچک و پایداری عمومی دارند. از روش AMMI در تعیین ژنوتیپ‌های پایدار با سازگاری عمومی و خصوصی برای مکانهای مختلف استفاده شده است (مختاری فر و همکاران ۲۰۱۶). ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۶ دارای سازگاری خصوصی با محیط شماره ۴ و ژنوتیپ ۲۰ دارای سازگاری خصوصی با محیط شماره ۲ است. در بای پلات AMMI محیط‌های با طول محور کوچک نقش کمتری در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) و محیط‌های با طول محور بلند نقش بیشتری در GE دارند و لذا

پایدار، ژنوتیپ‌های G5، G8، G11 و G13 از میزان عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردار بودند؛ بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را جهت معرفی به عنوان ارقام جدید یا برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی پیشنهاد نمود. با این حال نمی‌توان یک روش تجزیه پایداری را برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا استفاده کرد توصیه می‌شود از روش‌های گوناگون برای ارزیابی پایداری استفاده کرد.

سپاسگزاری

این مقاله از نتایج پروژه تحقیقاتی به شماره مصوب ۹۷۰۹۵۱-۹۷۰۴۲-۱۵-۴۷-۰ استخراج شده است. لذا جا دارد از رئیس موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و رؤسای مراکز دست‌اندر کار بابت همکاری‌های بی‌شائبه تشکر و قدردانی گردد.

می‌تواند به عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا مورد توجه قرار گیرد. در تحقیقی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ژنوتیپ‌های بدون خار گلرنگ از روش AMMI و ضرایب مولفه‌های اصلی اثر متقابل IPCA استفاده شد و ارقام گلرنگ ایرانی ۴۱۱ داراب ۲ داراب ۴ و ۴۷ به عنوان ارقام پایدار و دارای عملکرد برتر معرفی شدند (مقدم و همکاران ۲۰۱۴). با توجه به نتایج حاصل، لاین‌های امیدبخش پر محصول با پایداری عملکرد جهت مطالعات تکمیلی به منظور معرفی به زارعین توصیه می‌گردند.

نتیجه گیری نهایی

تجزیه واریانس مرکب حاکی از معنی‌دار بودن اثر سال، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × سال بود. معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده تنوع ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفت عملکرد است. از میان ژنوتیپ‌های

منابع مورد استفاده

- Abdolshahi R, Safarian A, Nazari M, Pourseyedi S and Mohamadi-Nejad G. 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. Archives of Agronomy and Soil Science, 59(5): 685-704.
- Adjabi A, Bouzerzour H and Benmahammed A. 2014. Stability analysis of durum wheat (*Triticum durum* Deaf). Journal of Agronomy. 13: 131139.
- Ahmadi, K., H. Ebadzadeh, F. Hatami, H. Abdshah and H. Kazemian. 2020. Statistics of Agricultural Products (Crops, 2018 -2019). Ministry of Agriculture Jihad. (In Persian).
- Akter A, Jamil HM, Umma KM, Islam MR, Hossain K and Mamunur RM. 2014. AMMI biplot analysis for stability of grain yield in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Rice Research, 2(2): 26.
- Azizi AH, Sardouie Nasab S, Mohammadi Nejad GH, Nakhoda B, Mardi M, Tabatabaie. SMT, Amini A and Majidi Herrvan A. 2016. Estimation of genotype by environment interaction and pattern analysis of genotype in varied bread wheat lines under salinity stress condition. Journal of Crop Breeding. 8(19), 80-85, (In Persian).
- Badooei Delfard R, Mostafavi Kh and Mohammadi A. 2016. Genotype-environment 327 AMMI interaction and yield stability of winter barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Breeding, 8 (20): 99-106. (In Persian).
- Bakhshayeshi Gheshlagh M and Bakhshyeshi Gheshlagh H. 2012. Investigating the interaction of genotype in the environment and the stability of grain yield of bread wheat cultivars in Kurdistan province. Journal of Agricultural New Findings, 6(3): 1-13.
- Bhartiya A, Aditya JP, Kumari V, Kishore N, Purwar JP, Agrawal A and Kant L. 2017. GGE biplot and AMMI analysis of yield stability in multy-evnvironment tryial of soyben (*Glycine max* L.) Merrill genotypes under rainfed condnition of ndition of noryh western himalyan hills. Journal of Animal and Plant Sciences, 27(1): 227-238.

- FAO.2019.Agricultural Data: agriculture and food trade.In Food and Agriculture Organization of the united statistics Division (<http://faostatst.fao.org/>).
- Fallahi HA, Jafarabai JA and Sidi F. 2011.Evaluation of drought tolerance in durum wheat genotypes using drought tolerance indices. Journal of Seed and Plant Seedlings, 1(27): 22-15. (In Persian).
- Farshadfar E. 2008. Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(14): 1791-1796.
- Farshadfar E. 2010, New Topics in Biometric Genetics. Volume II. Islamic Azad University, Kermanshah Branch Publication. (In Persian).
- Farshadfar E, Mahmodi N and Yaghotipoor A. 2011. AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in breadwheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Crop Science, 5(13): 1837-1844.
- Farshadfar E.1998. Plant Breeding Methodology. Razi University Publication, Kermanshah. 576p. (In Persian).
- Fikre A, Funga A, Korbu L, Eshete M, Girma N, Zewdie A and Ojiewo CO. 2018. Stability analysis in chickpea genotype sets as tool for breeding germplasm structuring strategy and adatability scoping. Ethiopian Journal of Crop Science. 6(2), 19-37. International Rice Research Institute (IRRI). 2000. IRRISTAT for Windows, Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute. Version 4.0.
- Jeberson MS, Shashidhar KS, Wani SH, Singh AK and Dar SA. 2019. Identification of stable lentil (*Lens culinaris Medik*) genotypes through GGE biplotand AMMI analysis for North Hill Zone of India. Legume Research-An International Journal, 42(4), 467-472.
- Kang MS. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal, 85(3): 754-757.
- Karimizadeh R, Mohammadi M, Sheikhmamo M, Bavi V, Hosseinpour T, Khanzadeh H, Fovjgh H, Armion M, 2011. Application of cluster and AMMI methods to determination of grain yield stability of durum wheat genotypes in Semi-warm dryland areas of Iran. Journal of Modern Genetic, 6(2): 32-48. (In Persian).
- Karimizadeh R, Mohammadi M, Sabaghni N, Mahmoodi A. A, Rousatami B, Seyyedi F and Akbari F (2013). GGE biplot analysis of yield stability in multi-environment trials of lentil genotypes under rainfed condition. Notulae Scientia Biologicae, 5(2): 256-262.
- Khamari A, Mostafavi KH, Mohammadi A. 2018. Evaluation of grain yield stability of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars using the main combination effects and multiplicative interactions. Journal of Crop Production, 11 (2): 185-195. (In Persian).
- Muehlbauer Fj, Kaiser WJ, Clement SL and Erfield RJSu. 1995. Production and breeding of lentil. Advances in Agronomy, 54: 283-332.
- Moghaddama MJ, Torbaghanb ME, Mirzaeac A. 2014. Analysis of genotype \times environment interaction for seed yield in spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. Crop Breeding Journal, 4(1): 47-54. (In Persian).
- Mohammadi R, Sadeghzadeh D, Armion M, AhmadiM. 2011. Analysis of stability and adaptability of grain yield in durum wheat geneotypes. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi), 91: 70-87. (In Persian).
- Mokhtarifar K, Abdolshahi R, Pourseyedi S. 2016. Yield stability analysis of eight bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Kerman province condition. Journal of Crop Breeding, 17(8): 96-103. (In Persian).
- Purchase JL. 1997. Parametric analysis to describe genotype \times environment interaction and yield stability in winter yield. Ph.D thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.

- Sadeghzadeh Ahari D, Hosseini SKT, Jafarabai JA, Khalilzadeh GH, Alizadeh-Dizaj Kh. 2005. Study on adaptability and stability of grain yield in durum wheat lines in warm and semi-warm dryland areas. *Journal of Seed and Plant*, 21: 561-576. (In Persian).
- Shiri M and Bahrapour T. 2015. Genotype \times environment interaction analysis using GGE biplot in grain maize (*Zea mays* L.) hybrids under different irrigation conditions. *Journal of Cereals Research*, 5 (1): 83-94. (In Persian).
- Subedi M, Khazaei H, Arganosa G, Etukudo E, Vandenberg A. 2021. Genetic stability and genotype \times environment interaction analysis for seed protein content and protein yield of lentil. *Crop Science*. 61(1): 342-356.
- Taghizadeh A, Sorkhilalehloo B, Nakhjavan Sh. 2016. Study on stability of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, 95: 17-87. (In Persian).
- Tadesse T, Sefera G, Asmare B, Tekalign A. 2021. AMMI Analysis for Grain Yield Stability in Lentil Genotypes Tested in the Highlands of Bale, Southeastern Ethiopia. *Journal of Plant Sciences*, 9(1): 9-12.
- Tohidi B, Mohammadi Nejad GH, Nakhoda B and Saboori, H. 2015. Evaluation of grain yield stability of recombinant inbred lines in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) based on AMMI method. *Journal of Plant Production Research*, 2(22): 189-202. (In Persian).
- Türk Z and Kendal E. 2017. The practice of AMMI and GGE biplot analysis of lentil genotypes assessment in multi-environment trials. *Philippine Journal of Crop Science*, 42(3), 39-48.
- Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.
- Zali H, Sabbaghpour SH, Farshadfar E, Pezeshkpour P, Safi Khan M, Sarparast R and Hashembegi A. 2009. Stability analysis of chickpea genotypes using ASV parameter and comparison with other stability analysis methods. *Journal of Iranian Crop Science*, 40(2): 22-28. (In Persian).