



## Evaluation of yield stability of promising winter rapeseed lines in cold and semi-cold climate of Iran

Mehrzad Ahmadi<sup>\*1</sup>, Mansoor Omid<sup>2</sup>, Ali Akbar Shah Nejat Bushehri<sup>3</sup>,  
Nazanin Amirbakhtiar<sup>4</sup>

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: [ahmadimehrzad@ymail.com](mailto:ahmadimehrzad@ymail.com)
2. Professor, University of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: [momidi@ut.ac.ir](mailto:momidi@ut.ac.ir)
3. Professor, University of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: [ashah@ut.ac.ir](mailto:ashah@ut.ac.ir)
4. Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: [nafash.2017@gmail.com](mailto:nafash.2017@gmail.com)

### Article Info

#### Article type:

Full Length Research Paper

#### Article history:

Received: 04.17.2021

Revised: 06.21.2021

Accepted: 07.09.2021

#### Keywords:

Mutant,  
Stability,  
Three-dimensional diagram,  
Winter rapeseed

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Rapeseed (*B. napus*. L) is the most important and most cultivated area among other oil crops in Iran. Two types of it, spring and winter, are cultivated in the country. More than 70% of rapeseed is cultivated in semi-hot and tropical regions and only 30% in cold and semi-cold areas of Iran. Considering the dependence of more than 90% of the country on oil imports and the importance of producing oilseeds, it seems necessary to pay attention to the appropriate cultivars in semi cold and cold regions and use the existing potential to develop its oilseed cultivation. Therefore, in this study, the stability of rapeseed winter mutant lines was investigated.

**Materials and Methods:** In this study, three Rapeseed cultivars named Zarfam, Talaieh and Express, along with 16 mutant lines, were obtained from irradiating the above cultivars with intensities of 800-900-1200 g of gamma-ray and, after seven generations, were saved. Along with three commercial cultivars, Okapi, Ahmadi and ES Neptune, they were planted in a randomized complete block design with three replications. This experiment was carried out in four research stations (Karaj, Zarghan, Kermanshah and Isfahan) during the two crop years of 2015-2016 and 2016-2017. In the combined analysis, the effect of environment (year composition on location) was considered random, and the effect of genotype was fixed. The stability of the lines was performed by AMMI method, Stability value (ASV) statistics and other stability methods include  $S^{(1-6)}$ ,  $NP^{(1-4)}$ , etc.

**Results:** The Combined analysis of data showed that the effect of genotype, environment and genotype  $\times$  environment interaction were significant at the 1% level probability and explained 7.5, 55.3 and 37.0% of the total variance of the data, respectively. In this study, genotype  $\times$  environment interaction was divided into four components, which accounted for 36.7, 23.6, 16.5, and 9.7% of the total interaction squares, respectively. This study's results showed a high genetic diversity between mutant lines evaluated in terms of grain yield. G13 (T-900-4) lines, followed by G6 (Z-900-7), and G3 (Z-800-6) were superior to other lines in

---

grain yield, averaging 3840, 3757 and 3665 kg/ha, respectively. In the biplot diagram of grain yield and ASV index, lines G3, G6, G2, G18 and G7 had the highest yield and the lowest number for ASV, which were identified as stable lines.

**Conclusion:** The results of the Three-dimensional graph of the mean rank of stability statistics ( $A_r$ ) and standard deviation of rankings ( $SD$ ), and mean yield showed that lines G6 (Z-900-7), G2 (Z-800-3), G12 (T-800-6) and G15 (T-1200-1) were stable line with higher-than-average yield and control cultivars of the region and were identified as stable lines.

---

Cite this article: Ahmadi, Mehrzad, Omidi, Mansoor, Shah Nejat Bushehri, Ali Akbar, Amirbakhtiar, Nazanin. 2023. Evaluation of yield stability of promising winter rapeseed lines in cold and semi-cold climate of Iran. *Journal of Plant Production Research*, 30 (1), 67-84.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2022.20114.2927

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## بررسی پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش زمستانه کلزا در اقلیم سرد و معتدل سرد ایران

مهرزاد احمدی\*<sup>۱</sup>، منصور امیدی<sup>۲</sup>، علی اکبر شاه نجات بوشهری<sup>۳</sup>، نازنین امیربختیار<sup>۴</sup>

۱. نویسنده مسئول، استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
رایانامه: [ahmadimehrzad@gmail.com](mailto:ahmadimehrzad@gmail.com)
۲. استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: [momidi@ut.ac.ir](mailto:momidi@ut.ac.ir)
۳. استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: [ashah@ut.ac.ir](mailto:ashah@ut.ac.ir)
۴. محقق مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
رایانامه: [nafash.2017@gmail.com](mailto:nafash.2017@gmail.com)

| اطلاعات مقاله  | چکیده  |
|--|--|
| <p>نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸</p> <p>تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۸</p> | <p><b>سابقه و هدف:</b> کلزا (<i>B. napus. L</i>) مهم‌ترین و بیش‌ترین سطح زیر کشت را در بین سایر گیاهان روغنی در ایران به خود اختصاص داده است. این گیاه به صورت بهاره و زمستانه در کشور کشت می‌شود. بیش از ۷۰ درصد کشت کلزا در ایران در مناطق گرم و معتدله گرم بوده و تنها ۳۰ درصد در مناطق معتدل سرد و سرد کشت می‌شود. با توجه به وابستگی بیش از ۹۰ درصدی کشور به واردات روغن و اهمیت تولید دانه‌های روغنی، توجه به ارقام مناسب مناطق معتدل سرد و سرد و استفاده از پتانسیل موجود به منظور توسعه کشت آن ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش به بررسی پایداری لاین‌های موتانت زمستانه کلزا پرداخته شد.</p> |
| <p><b>واژه‌های کلیدی:</b> پایداری، کلزای زمستانه، موتانت، نمودار سه‌بعدی</p>   | <p><b>مواد و روش‌ها:</b> در این پژوهش، سه رقم کلزا به اسامی زرفام، طلایه و اکسپرس همراه با ۱۶ لاین جهش‌یافته که از پرتوتایی ارقام فوق با شدت‌های ۸۰۰-۹۰۰-۱۲۰۰ گری پرتو گاما و پس از هفت نسل خویش‌آمیزی به‌دست آمده‌اند. همراه با سه رقم تجاری اوکاپی، احمدی و ES Neptune در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت و مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در چهار ایستگاه تحقیقاتی (کرج، زرقان، کرمانشاه و اصفهان) طی دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. در تجزیه مرکب اثر محیط (ترکیب سال در مکان)</p>   |
| <p>---</p>   | <p>---</p>   |
| <p><b>یافته‌ها:</b> تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در</p>                                   | <p>---</p>   |

سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده و به ترتیب ۷/۵، ۵۵/۳ و ۳۷/۰ درصد از کل تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند. در این بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به چهار مؤلفه تجزیه شد که به ترتیب ۳۶/۷، ۲۳/۶، ۱۶/۵، ۹/۷ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بین لاین‌های موتانت ارزیابی شده از نظر عملکرد دانه، تنوع ژنتیکی بالایی وجود دارد. از نظر عملکرد دانه، لاین‌های G13 (T-900-4) و به دنبال آن G6 (Z-900-7) و G3 (Z-800-6) با میانگین ۳۸۴۰، ۳۷۵۷ و ۳۶۶۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر لاین‌ها برتر بودند. در نمودار بای‌پلات عملکرد دانه با شاخص ASV، لاین‌های G3، G6، G2، G18 و G7 بیش‌ترین میزان عملکرد و کم‌ترین میزان آماره (ASV) را داشته که به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج به‌دست آمده از نمودار سه‌بعدی میانگین رتبه آماره‌های پایداری (Ar) و انحراف معیار رتبه‌ها (SD) و میانگین عملکرد نشان داد که لاین‌های G6 (Z-900-7)، G2 (Z-800-3)، G12 (T-800-6) و G15 (T-1200-1) عملکرد بالاتر از متوسط میانگین و ارقام شاهد منطقه داشته و به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند.

**استناد:** احمدی، مهرزاد، امیدی، منصور، شاه نجات بوشهری، علی‌اکبر، امیربختیار، نازنین (۱۴۰۲). بررسی پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش زمستانه کلزا در اقلیم سرد و معتدل سرد ایران. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰ (۱)، ۸۴-۶۷.

DOI: 10.22069/JOPP.2022.20114.2927



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی و صنعتی در جهان به شمار می‌رود، که بیش‌ترین سطح کشت را در بین سایر گیاهان روغنی در ایران به خود اختصاص داده است. دانه کلزا حاوی ۴۸-۴۰ درصد روغن و ۳۴-۴۰ درصد پروتئین است. روغن آن به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک (امگا ۹)، لینولئیک (امگا ۶) و آلفا لینولئیک (امگا ۳) و داشتن پایین‌ترین میزان اسیدهای چرب اشباع (حدود ۷ درصد) با کیفیت‌ترین روغن خوراکی است (۱). با توجه به اهمیتی که کلزا در صنعت و تغذیه دارد، تولید و اصلاح ارقام جدید و پرمحصول با ویژگی‌های مهمی مانند پایداری عملکرد ضروری است (۲).

عملکرد فنوتیپی یک ژنوتیپ ممکن است در شرایط مختلف کشاورزی-اقلیمی یکسان نباشد (۲). اگرچه می‌توان ویژگی‌های ژنوتیپی و کاربردهای زراعی را کنترل کرد، اما کنترل سایر عوامل محیطی مانند بارش، دما و رطوبت متناسب امکان‌پذیر نیست. بنابراین، ژنوتیپ‌ها باید در برابر تغییر شرایط محیطی پایدار باشند و ارقام جدید باید عملکرد دانه بالا در شرایط اقلیمی متفاوت برخوردار باشند (۳ و ۴). برهمکنش ژنوتیپ و محیط (GEI<sup>1</sup>) یک موضوع مهم در اصلاح و تولید محصول است (۵). از این‌رو، ارزیابی ارقام جدید در محیط‌های مختلف ضروری می‌باشد. روش‌های مختلفی برای مطالعه برهمکنش ژنوتیپ محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و معرفی آن‌ها به‌کار برده شده است که شامل روش‌های پارامتری تک‌متغیره، ناپارامتری و چندمتغیره می‌باشند. در این میان، روش‌های آماری ناپارامتری 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 برهمکنش ژنوتیپ و محیط در اختیار پژوهش‌گران اصلاح نباتات قرار می‌دهند (۶ و ۷).

روش‌های آماری چندمتغیره نیز برای توضیح اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ارائه (E×G) شده است. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه مختصات اصلی، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای و روش اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) از جمله این روش‌ها می‌باشند. در روش امی از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌شود. پرچیس و همکاران پارامتر ارزش پایداری AMMI یا ASV را ارائه نمودند که یکی از پارامترهای جدید امی است. این پارامتر بر اساس نمره دو مؤلفه نخست محاسبه می‌گردد (۳، ۸، ۹، ۱۰، ۱۶ و ۲۴). از روش‌های امی و ناپارامتری در گیاهان مختلفی از جمله در گندم (۱۱)، کلزا (۱۲ و ۱۳)، جو (۱۴)، برنج (۱۵)، کنجد (۱۶) برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شده است. در پژوهشی که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (G×E) در ۲۵ ژنوتیپ کلزا زمستانه با استفاده از روش امی در لهستان ارزیابی شد، درصد روغن و پروتئین دانه، مقدار گلوکوزینولات در کنجاله دانه و ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع C18 (اولئیک، لینولئیک و لینولنیک) در روغن دانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثرات ژنوتیپ (G) و محیط (E) و هم‌چنین برهمکنش G×E در مورد صفات دانه معنی‌دار بوده و دو هیبرید، یک لاین CMS و یک لاین جهش‌یافته با اولئیک و پایداری بالا شناسایی شد (۱۷).

در بررسی که بر روی یازده ژنوتیپ کلزا در سه مکان در سه سال زراعی در ترکیه با استفاده از روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک مختلفی انجام شد، تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که اثر متقابل

1- Genotype by environment interaction

گاما و پس از هفت نسل خویش‌آمیزی به‌دست آمده‌اند (۱۸)، همراه با سه رقم شاهد تجاری اوکاپی، احمدی و ES Neptune در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت و مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). در پایان سال زراعی محصول هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه برداشت، ضمن ثبت مشخصات توزین شده عملکرد دانه هر یک از نمونه‌ها، میزان روغن تیمارهای منطقه کرج با استفاده از دستگاه<sup>۱</sup> NMR در آزمایشگاه تجزیه روغن بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تعیین گردید. در تجزیه مرکب، اثر محیط (ترکیب سال در مکان) تصادفی و اثر ژنوتیپ ثابت در نظر گرفته شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، آزمون نرمال بودن داده‌ها و آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. پایداری لاین‌ها از روش AMMI توسط نرم‌افزار GenStat 12.0 و روش PBTtools ورژن ۲۰۱۳ انجام شد. آماره ارزش پایداری (ASV) و میانگین و انحراف معیار رتبه برای هر یک از لاین‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام شد. سایر روش‌های پایداری از جمله<sup>(۱-۶)</sup> S: آماره‌های پایداری نصار و هان (۱۹ و ۲۰)،<sup>(۱-۴)</sup> NP: آماره‌های پایداری تنازرو (۲۱)،<sup>۲</sup> W: اکووالانس ریب<sup>(۲۲)</sup>،<sup>۲</sup>  $\sigma^2$ : واریانس پایداری شوکلا (۲۳)،<sup>۲</sup>  $b_i$ : ضریب رگرسیون (۲۴)،<sup>۲</sup>  $S^2d_i$ : انحراف از خط رگرسیون (۲۵)،<sup>۲</sup> CV: ضریب تغییرات (۲۶)،<sup>(۲)</sup>  $\theta_{(i)}$ : واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (۲۷)،<sup>(۲)</sup>  $\theta_i$ : میانگین واریانس‌ها پلستید (۲۸)،<sup>(۲)</sup> KR: مجموع رتبه کانگ، توسط نرم‌افزار STABILITYSOFT محاسبه شد (۲۹). همچنین روابط بین آماره‌های پایداری، بر اساس ضریب همبستگی پیرسون و با استفاده از نرم‌افزار xlstat انجام شد.

ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به تجزیه و تحلیل پایداری، ژنوتیپ Wosry 142 به عنوان یک ژنوتیپ مناسب برای کشت در محیط‌های مختلف آزمایش شده توصیه شد (۱۳).

هدف از این مطالعه الف- بررسی تأثیر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آن‌ها از نظر عملکرد دانه برای کلزای زمستانه، ب- تعیین سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش کلزای زمستانه با استفاده از روش‌های پایداری پارامتریک و ناپارامتریک، ج- شناسایی ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه که هم عملکرد دانه بالا و پایدار در محیط‌های مختلف در منطقه ایران دارند.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در چهار ایستگاه تحقیقاتی (کرج، زرقان، کرمانشاه و اصفهان) طی دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد (جدول ۱). در این بررسی هر تیمار در یک کرت چهار خطی به طول چهار متر با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر بوده و مساحت هر کرت  $4/8$  مترمربع در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر در تابستان انجام شد و کودهای شیمیایی شامل کود کامل NPK (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان تهیه زمین استفاده شد. کشت در مهرماه هر سال انجام گردید. مبارزه با شته مومی کلم با سم سیستمیک متاسیتوکس در غلظت دو در هزار در مرحله گلدهی صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی در سه نوبت (دو نوبت در آبان و بهمن و یک نوبت فروردین) صورت گرفت. سه رقم کلزا به اسامی زرفام، طلایه و اکسپرس همراه با ۱۶ لاین جهش‌یافته که از پرتوتابی ارقام فوق با شدت‌های ۸۰۰-۹۰۰-۱۲۰۰ گری پرتو

1- Nuclear magnetic resonance

$$ASVi = \sqrt{\left[ \frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPCA2}} (IPCA_1 score) \right]^2 + (IPCA_2 score)^2} \quad \text{منبع: (۱۵)}$$

جدول ۱- خصوصیات اقلیمی محیط‌های مورد مطالعه.

**Table 1. Agro-climatic of studied environments.**

| عرض جغرافیایی<br>(درجه دقیقه) | طول جغرافیایی<br>(درجه دقیقه) | ارتفاع<br>Altitude<br>(m) | بارندگی<br>(میلی‌متر)<br>Annual<br>rainfall (mm) | دمای<br>کمینه<br>Min<br>temp (C) | دمای<br>بیشینه<br>Max<br>temp (C) | مکان<br>Location  | کد<br>Code |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|------------|
| Latitude                      | Longitude                     |                           |  |                                  |                                   |   |            |
| 35 49° N                      | 50 58° E                      | 1300                      | 300  | -5                               | 43                                | کرج (محمدشهر)<br>Karaj (Mohamad Shahr)                        | E1         |
| 32 39° N                      | 51.40° E                      | 1540                      | 138  | -6                               | 44                                | اصفهان (کبوترآباد)<br>Esfahan (Kabota Abad)                   | E2         |
| 34.12° N                      | 46.52° E                      | 1346                      | 468  | -9                               | 40                                | کرمانشاه (اسلام‌آباد غرب)<br>Kermanshah<br>(Eslam Abad Gharb) | E3         |
| 29.76° N                      | 52.71° E                      | 1590                      | 305  | -7                               | 41                                | زرقان<br>Zarghan  | E4         |

جدول ۲- اسامی لاین‌ها و ارقام مورد بررسی در پژوهش.

**Table 2. Characteristics of studied cultivars and lines.**

| درصد روغن<br>Seed oil (%) | نام لاین‌ها<br>Names of lines | شماره<br>Number | درصد روغن<br>Seed oil (%) | نام لاین‌ها<br>Names of lines | شماره<br>Number |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 43.5                      | T-800-6                       | G12             | 42.8                      | Zarfam                        | G1              |
| 42.1                      | T-900-4                       | G13             | 42.4                      | Z-800-3                       | G2              |
| 41.3                      | T-900-5                       | G14             | 42.7                      | Z-800-6                       | G3              |
| 42                        | T-1200-1                      | G15             | 42                        | Z-900-3                       | G4              |
| 42                        | Express                       | G16             | 43.1                      | Z-900-6                       | G5              |
| 44.1                      | Exp-800-1                     | G17             | 43.9                      | Z-900-7                       | G6              |
| 43.5                      | Exp-800-3                     | G18             | 43.3                      | Z-900-8                       | G7              |
| 39.7                      | Exp-900-1                     | G19             | 43.3                      | Z-900-9                       | G8              |
| 40.3                      | Okapi                         | C1              | 41.1                      | Z-900-10                      | G9              |
| 40                        | Ahmadi                        | C2              | 42.5                      | Talayeh                       | G10             |
| 40.6                      | ES Neptune                    | C3              | 42.8                      | T-800-1                       | G11             |

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس براساس عملکرد دانه نشان داد اثر اصلی ژنوتیپ، محیط، اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند.

ژنوتیپ و محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به ترتیب ۷/۵، ۵۵/۳ و ۳۷/۰ درصد از کل تغییرات واریانس داده‌ها را تبیین کردند. در این بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به چهار مؤلفه تجزیه شدند

ژنوتیپ‌ها با پایداری عملکرد مناسب را به‌منظور معرفی لاین جدید برای مناطق کشت مختلف را مشکل می‌سازد.

هم‌چنین سایر پژوهش‌گران در آزمایش‌های چند سال چند منطقه در محصولات دیگر نشان دادند که اثر محیط درصد قابل توجه‌ای از تغییرات موجود را به خود اختصاص داده است (۱۲، ۱۶ و ۳۰).

که در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. سهم مؤلفه‌ها از اولین تا چهارمین به ترتیب ۳۶/۷، ۲۳/۶، ۱۶/۵، ۹/۷ از مجموع مربعات اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمود. دو مؤلفه اول در مجموع ۶۱ درصد از کل تغییرات واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمود (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت بوده و انتخاب

جدول ۳- تجزیه واریانس مدل امی برای عملکرد دانه لاین‌های زمستانه کلزا در چهار مکان و دو سال زراعی.

Table 3. Analysis of variance of AMMI model for seed yield of winter rapeseed lines in four locations and two crop years.

| عملکرد دانه                    |   |                                |                  |   |
|--------------------------------|---|--------------------------------|------------------|---|
| میانگین مربعات<br>Mean squares | مجموع مربعات (درصد)<br>Sum of Squares (%) | مجموع مربعات<br>Sum of Squares | درجه آزادی<br>df | منابع تغییرات<br>S.O.V                  |
| 3038462                        |   | 531730813                      | 175              | تیمار<br>Treatment                      |
| 1920616**                      | 7.58                                      | 40332938                       | 21               | ژنوتیپ<br>Genotype                      |
| 42024719**                     | 55.32                                     | 294173034                      | 7                | محیط<br>Environment                     |
| 1341666**                      | 37.09                                     | 197224842                      | 147              | ژنوتیپ × محیط<br>Genotype × Environment |
| 2680202**                      | 36.69                                     | 72365453                       | 27               | مؤلفه اول<br>IPCA1                      |
| 1865414**                      | 23.64                                     | 46635352                       | 25               | مؤلفه دوم<br>IPCA2                      |
| 1419148**                      | 16.55                                     | 32640412                       | 23               | مؤلفه سوم<br>IPCA3                      |
| 907968**                       | 9.67                                      | 19067328                       | 21               | مؤلفه چهارم<br>IPCA4                    |
| 519927                         | 13.44                                     | 26516296                       | 51               | باقی‌مانده (نویز)<br>Residual (Noise)   |
| 421293                         |   | 141554504                      | 336              | خطای ادغام شده<br>Pooled error          |
| 1312675                        |   | 691779741                      | 527              | کل<br>Total                             |

\* و \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

\* and \*\* Significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively



دانه لاین‌های موتانت کلزا با آماره ارزش پایداری (ASV) آورده شده است. لاین‌های G2، G6، G3 و G18 و G7 بیش‌ترین میزان عملکرد و کم‌ترین میزان آماره (ASV) را به خود اختصاص داده است که به‌عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند.

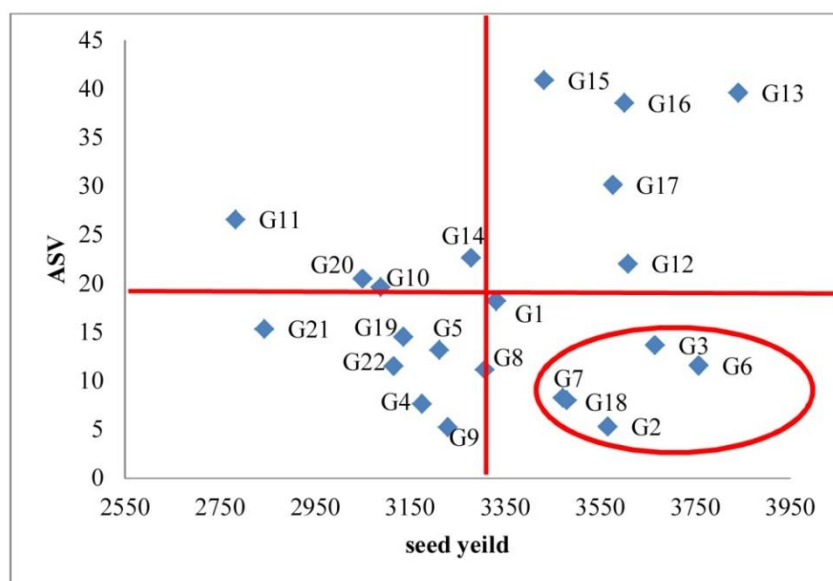
در آزمایشی ۱۳ لاین و رقم زمستانه کلزا به منظور بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد در شرایط محیطی سرد و معتدل سرد کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شش منطقه طی دو سال زراعی مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت ژنوتیپ G13 با کم‌ترین میزان اثر متقابل و میانگین عملکردی بالاتر از میانگین متوسط به عنوان ژنوتیپ با پایداری عمومی به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها جهت کشت در مناطق مورد مطالعه معرفی شد (۱۲).

هم‌چنین برای ارزیابی پایداری ارقام از آماره ارزش پایداری (ASV) AMMI استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. کم‌ترین IPCA1 مربوط به ژنوتیپ‌های G14، G7، G22 و کم‌ترین IPCA2 مربوط به ژنوتیپ‌های G9، G2 و G4 می‌باشند. در روش ارزش پایداری AMMI ژنوتیپی پایدار است که ASV کم‌تری داشته باشد (۱۷). در این روش ژنوتیپ‌های G9، G2، G4 و G18 کم‌ترین ASV را به خود اختصاص دادند و G2 و G18 عملکرد آن‌ها از میانگین کل بیش‌تر بود. بنابراین، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های شماره G15، G13 و G16 با داشتن بالاترین ASV، دارای کم‌ترین پایداری بودند. در شکل ۱ نمودار بای پلات عملکرد

جدول ۴- ارزش پایداری (ASV) روش AMMI و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم لاین‌های کلزا.

Table 4. ASV of AMMI method and the values of first and second main components in rapeseed lines.

| رتبه‌بندی ASV<br>Rank of ASV | ارزش پایداری<br>ASV | مؤلفه دوم<br>IPCA2 | مؤلفه اول<br>IPCA1 | میانگین عملکرد دانه<br>Mean grain yield (Kg/ha) | شماره ژنوتیپ<br>Genotype Number |
|------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---|---------------------------------|
| 13                           | 18.21               | 16.79              | -4.54              | 3330.8  | G1                              |
| 2                            | 5.32                | -1.83              | 3.22               | 3565.3  | G2                              |
| 10                           | 13.67               | -12.86             | -2.98              | 3665.5  | G3                              |
| 3                            | 7.68                | 4.79               | 3.87               | 3174.5  | G4                              |
| 9                            | 13.21               | 6.47               | 7.42               | 3211.5  | G5                              |
| 8                            | 11.62               | 11.54              | 0.88               | 3757.0  | G6                              |
| 5                            | 8.28                | -0.35              | -5.33              | 3471.0  | G7                              |
| 6                            | 11.19               | -3.98              | 6.74               | 3307.0  | G8                              |
| 1                            | 5.27                | -0.95              | 3.34               | 3228.8  | G9                              |
| 14                           | 19.64               | -14.77             | 8.34               | 3087.3  | G10                             |
| 18                           | 26.61               | -21.38             | -10.21             | 2782.3  | G11                             |
| 16                           | 22.04               | 22.03              | 0.47               | 3608.5  | G12                             |
| 21                           | 39.64               | -2.45              | 25.50              | 3840.3  | G13                             |
| 17                           | 22.67               | -0.24              | 14.61              | 3277.5  | G14                             |
| 22                           | 40.89               | -1.92              | 26.32              | 3432.0  | G15                             |
| 20                           | 38.57               | 8.88               | -24.19             | 3600.8  | G16                             |
| 19                           | 30.14               | -3.10              | -19.32             | 3576.8  | G17                             |
| 4                            | 8.03                | 7.60               | 1.68               | 3479.5  | G18                             |
| 11                           | 14.52               | 5.3                | -8.71              | 3135.5  | G19                             |
| 15                           | 20.49               | -10.47             | -11.35             | 3049.8  | G20                             |
| 12                           | 15.37               | -8.26              | -8.35              | 2843.3  | G21                             |
| 7                            | 11.51               | -0.85              | -7.40              | 3116.0  | G22                             |
|                              | 18.4                |                    |                    | 3342.8  | میانگین کل<br>Total average     |



شکل ۱- نمودار دوبعدی میانگین عملکرد دانه لاین‌های کلزا، محیط‌ها و مقادیر آن‌ها (AMMI1).

Fig. 1. Biplot of mean grain yield of rapeseed lines, environments and values of their ASV (AMMI1).

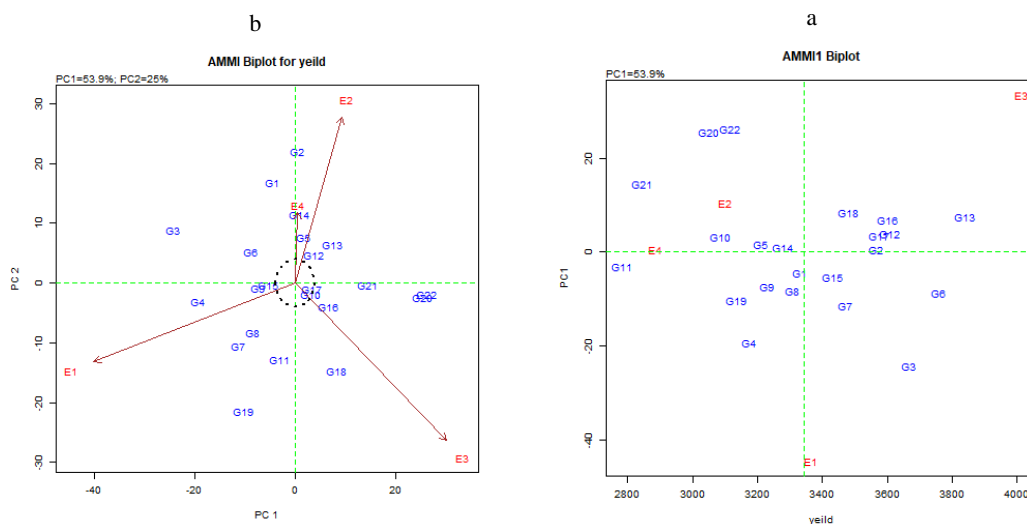
همبستگی دو محیط را نشان می‌دهد. هرچه زاویه بین دو محیط کم‌تر باشد، دو محیط همبستگی بالاتری داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها خواهد داشت. محیط‌های E2 (اصفهان) و E4 (زرقان فارس) همبستگی مثبت و بسیار بالایی با یکدیگر داشتند. از طرفی طول بردار محیط بلندتر، نشان‌دهنده انحراف معیار بیش‌تر و در نتیجه قابلیت تمایز بیش‌تری است (۳۱). بر این اساس، کرج و کرمانشاه بلندترین طول بردار محیطی نسبت به سایر مناطق داشته و از قابلیت تمایز بالایی برخوردار است و محیط‌های اصفهان و زرقان به ترتیب با کم‌ترین طول بردار محیطی نشان از قابلیت تمایز پایینی این محیط‌ها می‌باشد. با توجه به بای پلات شکل 2b، لاین G3 به عنوان لاین برتر و سازگاری خصوصی در منطقه کرج داشته و در سایر مناطق نیز لاین G2 در زرقان فارس، لاین G22 در اصفهان و لاین G19 در کرمانشاه مشخص شد. همچنین ژنوتیپ‌های G12، G15، G17، G10 هم‌چنین کم‌ترین فاصله را نسبت به مبداء مختصات داشته و بنابراین واکنش زیادی به محیط‌های مختلف نشان

براساس شکل 2a، بای پلات متوسط عملکرد لاین‌های کلزا و مقادیر IPCA1، ژنوتیپ‌های G2، G1، G10، G17، G5، G14 دارای مقادیر IPCA1 نزدیک به صفر بوده و از پایداری عملکرد دانه و سازگاری عمومی خوبی برخوردار بودند. در حالی‌که ژنوتیپ‌های G4، G3، G20، G22 دارای بیش‌ترین مقدار مثبت و منفی IPCA1 بوده و به عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار شناسایی شدند. براساس نتایج بای پلات متوسط عملکرد محیط‌های آزمایشی و IPCA1، محیط E4 (زرقان فارس) و E2 (اصفهان) دارای کم‌ترین مقدار IPCA1 بوده و بنابراین از پایداری عملکرد بیش‌تری برای ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. در حالی‌که دو محیط دیگر E1 و E3 (کرج و کرمانشاه) دارای مقادیر بالای IPCA1 بوده و به عنوان محیط‌های ناپایدار برای ژنوتیپ‌ها تلقی شدند. پراکندگی محیط‌ها در این نمودار نیز نشان‌دهنده تفاوت محیط‌ها از لحاظ پایداری و یا ثبات عملکرد آن‌ها بوده است.

در شکل 2b، محیط‌ها به صورت بردار و پراکندگی ژنوتیپ‌ها نشان داده شده است. زاویه بین دو بردار

محیط در گندم دوروم در مناطق گرم و خشک کشور، دو محیط بزرگ شناسایی و در هر محیط، مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها را معرفی نمودند (۳۱).

نداده و دارای اثر متقابل هستند و بنابراین به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. نجفی میرک و همکاران در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در



شکل ۲- a. نمودار دوبعدی میانگین عملکرد دانه لاین‌های کلزا، محیط‌ها و مقادیر اولین مؤلفه اصلی آن‌ها (AMMI1).

Fig. 2a. Biplot of mean grain yield of rapeseed lines, environments and values of their first main principal component (AMMI1).

شکل ۲- b. نمودار دوبعدی مدل امی برای ۲۲ ژنوتیپ کلزا در ۴ محیط.

Fig. 2b. Biplot of Ammi model for 22 rapeseed genotypes in four environments.

مطالعات برای گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار استفاده شده‌اند (۱۲ و ۳۱). اگر شیب خط رگرسیون ژنوتیپی، با عدد یک اختلاف معنی‌داری نداشته و کم‌ترین میزان انحراف ( $s^2d_i$ ) را داشته باشد، آن ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ پایدار شناخته می‌شود. بر این اساس، لاین‌های G19, G9, G15, G6 و G21 دارای شیب خط رگرسیون برابر و نزدیک به یک بوده و آماره  $s^2d_i$  ژنوتیپ‌های G16, G14, G17, G9, G10, G8 و G7 دارای کم‌ترین مقدار بود. بر اساس دو آماره شیب خط رگرسیون (b) و انحراف از خط رگرسیون ( $s^2d_i$ ) G9 و G21 به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند.

در آماره  $S^{(1)}$  و  $S^{(2)}$  لاین‌های G11, G10, G14, G13 به عنوان لاین پایدار شناسایی شدند و در آماره

میانگین عملکرد دانه و سایر مقادیر مربوط به هر یک از آماره‌های پایداری، به همراه رتبه آن‌ها برای لاین‌های موتانت کلزا در جدول‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. از نظر عملکرد دانه، لاین‌های G13 (T-900-4) و به دنبال آن G6 (Z-900-7) و G3 (Z-800-6) با میانگین ۳۷۵۷، ۳۸۴۰ و ۳۶۶۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر لاین‌ها برتر بودند. همچنین این لاین‌ها از رقم مادری خود نیز برتر بودند. بر اساس آماره پایداری شوکلا ( $\sigma^2_i$ ) و اکووالانس ریک ( $W_i^2$ ) لاین‌های G17 (Exp-800-1)، G9 (Z-900-10)، G14 (T-900-5) و G16 (Express) نسبت به سایر لاین‌ها پایدارتر بودند.

دو آماره پایداری شیب خط رگرسیون (b) و انحراف از خط رگرسیون ( $s^2d_i$ )، در بسیاری از

$W_1^2, \sigma_i^2, S^2d_i$  همبستگی مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد و بین آماره‌های  $S^{(3)}, NP^{(2)}, S^{(6)}, NP^{(3)}$  همبستگی منفی و معنی‌داری بود (۱۱).

همان‌طور که نتایج در جدول‌های ۵ و ۶ نشان می‌دهد هر یک از آماره‌های پایداری نتایج متفاوتی را نشان داده‌اند از این رو برای گزینش لاین برتر از نظر همه پارامترها و عملکرد مناسب از میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه آماره‌ها استفاده شد. در شکل ۴، ژنوتیپ‌هایی که کم‌ترین مقدار میانگین رتبه آماره‌های پایداری (Ar) و انحراف معیار رتبه‌ها (SD) و بالاترین میزان میانگین عملکرد را در طی دو سال و در مکان‌های مختلف داشته باشند به عنوان پایدارترین لاین در نظر گرفته می‌شود. در بررسی هر یک از موتانت‌ها با والد خود، در رقم زرفام، لاین‌های موتانت  $G2 (Z-800-3)$ ،  $G6 (Z-900-7)$  و  $G8 (Z-900-9)$  به عنوان لاین پایدار شناسایی شده و عملکرد بالاتری نسبت به رقم والد زرفام نشان دادند. در رقم طلایه نیز لاین‌های  $G12 (T-800-6)$  و  $G13 (T-900-4)$  پایداری و عملکرد بهتری نسبت به رقم والد طلایه نشان دادند. در رقم اکسپرس لاین‌های موتانت عملکرد بالاتر از رقم شاهد نشان ندادند و تنها لاین  $G17 (Exp-800-1)$  از لحاظ عملکرد و پایداری شبیه والد مادر خود بود. به طور کلی در بررسی همه لاین‌ها با شاهد منطقه نیز لاین‌های  $G2, G6, G12$ ،  $G8$  و  $G15$  به‌عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند (جدول ۶). با توجه به نمودار سه‌بعدی (شکل ۴) نتایج نشان داد لاین‌های  $G6 (Z-900-7)$ ،  $G2 (T-1200-1)$ ،  $G12 (Z-800-3)$  و  $G15 (T-800-6)$  کم‌ترین مقدار میانگین رتبه آماره‌های پایداری (Ar) و انحراف معیار رتبه‌ها (SD) و عملکرد بالاتر از متوسط میانگین و شاهد منطقه اکاپی، احمدی و نپتون داشته و به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند (۶).

$S^{(3)}$  به ترتیب لاین‌های  $G13, G13, G14, G15$  و در  $S^{(6)}$  لاین‌های  $G6, G13, G17, G16$  از پایداری بالایی برخوردار بودند. در آماره ناپارامتری (NP) نیز در دو آماره اول  $NP^{(1)}$  و  $NP^{(2)}$  لاین‌های  $G14, G17, G10, G9$  به عنوان لاین‌های پایدار معرفی شدند و لاین‌های  $G3, G6, G16, G17$  در آماره  $NP^{(3)}$  و لاین‌های  $G6, G16, G13, G17$  در آماره  $NP^{(4)}$  شناسایی شدند. در این آماره (NP) لاین‌های  $G17$  و  $G16$  مشترک بودند. آماره‌های کانگ (KR) لاین‌های  $G13, G16, G17, G6$  و در آماره  $\theta_{(i)}$  لاین‌های  $G9, G14, G16, G17$  به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند و در آماره پلستید و پترسون ( $\theta_{(i)}$ )، ژنوتیپ‌های  $G3, G19, G22, G19, G4$  به‌عنوان لاین‌های پایدار معرفی شد. پژوهش‌گران از روش‌های پایداری در محصولات زراعی مختلف استفاده کرده و رقم‌های پایدار و مناسب در مناطق مختلف را معرفی کردند (۱۱، ۱۳، ۱۶ و ۳۱).

از ضریب همبستگی پیرسون به منظور بررسی روابط بین آماره‌های پایداری مورد بررسی استفاده شد که نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل، ضرایب همبستگی با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است. رنگ قرمز تا سفید و آبی تا سفید به ترتیب نشان‌دهنده همبستگی مثبت و منفی می‌باشد. در این بررسی آماره‌های KR،  $NP^{(2-4)}$  و  $S^{(1-6)}$  با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. همبستگی بین آماره‌های  $S^{(1-6)}$ ،  $NP^{(1-4)}$ ،  $W_1^2$ ،  $\sigma_i^2$ ،  $CV_i$ ،  $S^2d_i$ ،  $bi$ ،  $KR$ ،  $\theta_{(i)}$  مثبت و معنی‌دار بود و رابطه منفی و معنی‌دار بین  $ASV$  و  $\theta_i$  با سایر آماره‌ها مشاهده شد.

بررسی انجام شده بر روی پایداری عملکرد ۱۷ ژنوتیپ و سه شاهد گندم در مناطق شور کشور نشان داد که بین آماره‌های  $S^{(1-6)}$  و  $NP^{(4)}$  همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. همچنین بین آماره‌های

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار) و آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری ۲۲ ژنوتیپ کلزای موتانت زمستانه.

Table 5. Mean grain yield and parametric and non-parametric stability statistics of the 22 winter mutant rapeseed genotypes.

| KR | $\theta_i$ | $\theta_{(i)}$ | CVi   | $b_i$ | $s^2d_i$  | $\sigma^2_i$ | $W_i^2$    | NP <sup>(4)</sup> | NP <sup>(3)</sup> | NP <sup>(2)</sup> | NP <sup>(1)</sup> | S <sup>(6)</sup> | S <sup>(5)</sup> | S <sup>(2)</sup> | S <sup>(1)</sup> | Mean   | شماره ژنوتیپ |
|----|------------|----------------|-------|-------|-----------|--------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|--------------|
| 25 | 481491.29  | 444912.98      | 21.92 | 0.55  | 341349.88 | 495708.51    | 3296806.53 | 0.71              | 0.55              | 0.45              | 5.38              | 3.79             | 28.03            | 47.55            | 8.39             | 3330.9 | G1           |
| 20 | 467585.46  | 446303.56      | 22.69 | 0.66  | 372946.90 | 466506.26    | 3110974.07 | 0.57              | 0.48              | 0.43              | 5.13              | 3.41             | 20.43            | 36.84            | 7.25             | 3565.3 | G2           |
| 25 | 774500.98  | 415612.01      | 26.00 | 0.40  | 804092.38 | 1111028.85   | 7212481.47 | 0.66              | 0.59              | 0.45              | 7.75              | 3.85             | 28.30            | 54.57            | 8.86             | 3665.5 | G3           |
| 35 | 597600.70  | 433302.03      | 26.45 | 0.51  | 539696.44 | 739538.28    | 4848450.54 | 0.79              | 0.64              | 0.43              | 5.50              | 4.76             | 36.76            | 59.07            | 8.93             | 3174.5 | G4           |
| 31 | 526917.28  | 440370.38      | 22.48 | 0.47  | 379672.21 | 591103.09    | 3903863.01 | 0.77              | 0.61              | 0.67              | 6.38              | 4.36             | 32.36            | 50.86            | 8.43             | 3211.8 | G5           |
| 12 | 400618.80  | 453000.22      | 26.79 | 1.05  | 315178.61 | 325876.28    | 2216056.01 | 0.47              | 0.38              | 0.42              | 4.63              | 2.45             | 18.70            | 40.41            | 7.18             | 3757.2 | G6           |
| 26 | 535105.76  | 439551.53      | 35.05 | 1.21  | 544696.19 | 608298.90    | 4013290.89 | 0.83              | 0.65              | 0.49              | 7.13              | 4.71             | 41.85            | 73.98            | 10.25            | 3471.2 | G7           |
| 17 | 342761.70  | 458785.93      | 25.38 | 0.89  | 198600.09 | 204376.37    | 1442874.78 | 0.58              | 0.50              | 0.45              | 5.13              | 3.38             | 19.51            | 31.36            | 6.50             | 3306.9 | G8           |
| 16 | 321074.96  | 460954.61      | 28.46 | 1.03  | 163993.34 | 158834.23    | 1153061.12 | 0.65              | 0.55              | 0.38              | 4.38              | 3.23             | 21.81            | 31.55            | 6.61             | 3228.7 | G9           |
| 26 | 356176.75  | 457444.43      | 35.08 | 1.24  | 195340.11 | 232547.97    | 1622148.61 | 0.66              | 0.64              | 0.62              | 4.00              | 3.57             | 17.83            | 20.70            | 5.39             | 3087.3 | G10          |
| 33 | 405024.50  | 452559.65      | 33.09 | 0.91  | 319893.15 | 335128.26    | 2274932.22 | 0.80              | 0.98              | 1.00              | 5.50              | 4.87             | 22.62            | 21.41            | 5.32             | 2782.5 | G11          |
| 16 | 443293.15  | 448732.79      | 30.22 | 1.12  | 388680.07 | 415492.41    | 2786340.47 | 0.54              | 0.48              | 0.42              | 5.88              | 3.11             | 18.96            | 36.57            | 7.29             | 3608.6 | G12          |
| 10 | 378473.17  | 455214.79      | 29.09 | 1.26  | 229700.24 | 279370.46    | 1920109.88 | 0.34              | 0.40              | 0.40              | 6.00              | 1.85             | 9.45             | 21.93            | 5.57             | 3840.0 | G13          |
| 16 | 321888.43  | 460873.26      | 19.93 | 0.70  | 110712.59 | 160542.51    | 1163932.03 | 0.49              | 0.41              | 0.28              | 3.63              | 2.91             | 13.82            | 21.71            | 5.43             | 3277.8 | G14          |
| 18 | 366964.51  | 456365.65      | 26.90 | 0.97  | 251806.47 | 255202.27    | 1766312.32 | 0.52              | 0.43              | 0.39              | 4.88              | 2.99             | 16.15            | 28.55            | 6.39             | 3432.3 | G15          |
| 9  | 338541.83  | 459207.92      | 32.43 | 1.42  | 88316.49  | 195514.64    | 1386481.95 | 0.42              | 0.40              | 0.34              | 4.75              | 2.52             | 12.75            | 25.27            | 5.89             | 3600.6 | G16          |
| 7  | 305822.18  | 462479.89      | 26.76 | 1.11  | 127457.13 | 126803.39    | 949228.52  | 0.49              | 0.38              | 0.34              | 3.88              | 2.51             | 16.98            | 33.36            | 6.79             | 3576.7 | G17          |
| 23 | 482081.32  | 444853.97      | 38.91 | 1.57  | 266244.47 | 496947.57    | 3304691.49 | 0.78              | 0.59              | 0.56              | 6.13              | 4.13             | 34.09            | 57.84            | 9.25             | 3479.5 | G18          |
| 37 | 617889.23  | 431273.18      | 37.30 | 1.00  | 731368.37 | 782144.18    | 5119579.01 | 0.92              | 0.69              | 0.77              | 4.63              | 4.89             | 39.11            | 50.29            | 8.29             | 3135.6 | G19          |
| 38 | 570331.90  | 436028.91      | 42.12 | 1.29  | 586005.76 | 682273.79    | 4484040.14 | 0.93              | 0.73              | 0.74              | 6.00              | 5.00             | 41.60            | 59.43            | 9.29             | 3050.0 | G20          |
| 27 | 349486.98  | 458113.41      | 33.63 | 1.05  | 217616.93 | 218499.46    | 1532748.98 | 0.81              | 0.84              | 0.77              | 4.88              | 4.29             | 22.29            | 22.29            | 5.64             | 2843.3 | G21          |
| 39 | 701222.15  | 422939.89      | 48.18 | 1.57  | 683373.38 | 957143.31    | 6233209.84 | 0.77              | 0.64              | 0.51              | 5.50              | 3.95             | 29.29            | 43.41            | 7.96             | 3116.0 | G22          |

عملکرد دانه: S<sup>(1-6)</sup>; آماره‌های پایداری نضار و هان: NP<sup>(1-4)</sup>; آماره‌های پایداری تنازرو: W<sup>2</sup>; اگروالاس ریک:  $\theta_i$ ; واریانس پایداری شوکلا:  $\theta_{(i)}$ ; انحراف از خط رگرسیون: CVi; ضریب تغییرات:  $\theta(i)$  واریانس اثر متقابل

ژنوتیپ و محیط:  $\theta_i$ ; میانگین واریانس هاپلیستید: ASV; آماره ارزش پایداری امی: KR; مجموع رتبه کانگ: SR; جمع رتبه‌ها: ASR; میانگین رتبه‌ها و SD: واریانس رتبه‌ها  
 Y: grain yield; S (1-6): Nassar and Huehn's stability statistics; NP<sup>(1-4)</sup>: Themararu's stability statistics; W<sup>2</sup>: Wricke's ecovalence;  $\sigma^2_i$ : Shukla's stability variance; bi: regression coefficient; S<sup>2</sup>d<sub>i</sub>: deviation from regression; CVi: coefficient of variance;  $\theta_{(i)}$ : GE variance component;  $\theta_i$ : mean variance component; ASV, AMMI's stability values; KR: Kang's sum of ranks; SR: sum of ranks ASR, average of sum of ranks; SD, standard deviation



جدول ۶- رتبه ۲۲ ژنوتیپ کلزا موثبات زمستانه براساس میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری.  
 Table 6. The ranks of the 22 mutant rapeseed genotypes based on the grain yield and parametric and nonparametric stability statistics.

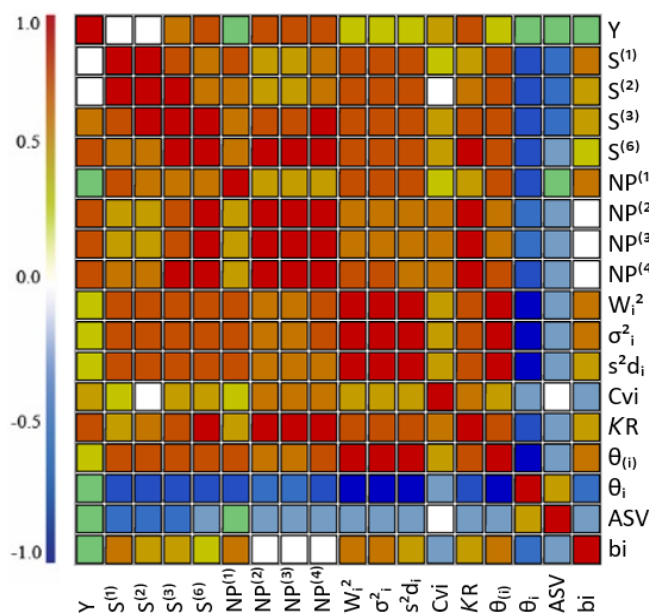
| SD   | AR   | SR  | ASV | $\theta_1$ | $\theta_{(0)}$ | KR | CVi | $b_i$ | $s^2 d_i$ | $\sigma^2_i$ | $W_i^2$ | $Np^{(4)}$ | $Np^{(3)}$ | $Np^{(2)}$ | $Np^{(1)}$ | $S^{(6)}$ | $S^{(5)}$ | $S^{(2)}$ | $S^{(1)}$ | Y  | شماره ژنوتیپ |
|------|------|-----|-----|------------|----------------|----|-----|-------|-----------|--------------|---------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|--------------|
| 3.22 | 12.4 | 224 | 13  | 9          | 14             | 12 | 2   | 17    | 13        | 14           | 14      | 13         | 11         | 12         | 12         | 12        | 14        | 15        | 16        | 11 | G1           |
| 3.38 | 10.0 | 180 | 2   | 10         | 13             | 10 | 4   | 15    | 14        | 13           | 13      | 8          | 8          | 9          | 10         | 10        | 10        | 12        | 12        | 7  | G2           |
| 6.88 | 14.6 | 263 | 10  | 1          | 22             | 12 | 6   | 22    | 22        | 22           | 22      | 11         | 13         | 11         | 22         | 13        | 15        | 18        | 18        | 3  | G3           |
| 5.57 | 15.3 | 276 | 3   | 4          | 19             | 19 | 7   | 20    | 17        | 19           | 19      | 17         | 16         | 10         | 13         | 19        | 19        | 20        | 19        | 16 | G4           |
| 4.47 | 14.9 | 269 | 9   | 7          | 16             | 17 | 3   | 21    | 15        | 16           | 16      | 14         | 14         | 18         | 20         | 17        | 17        | 17        | 17        | 15 | G5           |
| 3.82 | 7.3  | 131 | 8   | 13         | 10             | 4  | 9   | 4     | 11        | 10           | 10      | 3          | 2          | 7          | 5          | 2         | 7         | 13        | 11        | 2  | G6           |
| 5.31 | 15.9 | 287 | 5   | 6          | 17             | 14 | 17  | 10    | 18        | 17           | 17      | 20         | 18         | 14         | 21         | 18        | 22        | 22        | 22        | 9  | G7           |
| 3.33 | 8.6  | 154 | 6   | 18         | 5              | 8  | 5   | 9     | 6         | 5            | 5       | 9          | 9          | 13         | 10         | 9         | 9         | 8         | 8         | 12 | G8           |
| 5.26 | 7.2  | 129 | 1   | 21         | 2              | 5  | 11  | 2     | 4         | 2            | 2       | 10         | 10         | 4          | 4          | 8         | 11        | 9         | 9         | 14 | G9           |
| 5.71 | 10.3 | 185 | 14  | 16         | 7              | 14 | 18  | 11    | 5         | 7            | 7       | 12         | 15         | 17         | 3          | 11        | 6         | 1         | 2         | 19 | G10          |
| 6.30 | 13.8 | 248 | 18  | 12         | 11             | 18 | 15  | 7     | 12        | 11           | 11      | 18         | 22         | 22         | 13         | 20        | 13        | 2         | 1         | 22 | G11          |
| 3.74 | 10.3 | 186 | 16  | 11         | 12             | 5  | 13  | 8     | 16        | 12           | 12      | 7          | 7          | 8          | 16         | 7         | 8         | 11        | 13        | 4  | G12          |
| 5.93 | 7.5  | 135 | 21  | 14         | 9              | 3  | 12  | 12    | 8         | 9            | 9       | 1          | 3          | 6          | 17         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1  | G13          |
| 5.85 | 5.9  | 106 | 17  | 20         | 3              | 5  | 1   | 14    | 2         | 3            | 3       | 4          | 5          | 1          | 1          | 5         | 3         | 3         | 3         | 13 | G14          |
| 4.31 | 8.4  | 151 | 22  | 15         | 8              | 9  | 10  | 3     | 9         | 8            | 8       | 6          | 6          | 5          | 8          | 6         | 4         | 7         | 7         | 10 | G15          |
| 6.04 | 6.8  | 123 | 20  | 19         | 4              | 2  | 14  | 16    | 1         | 4            | 4       | 2          | 4          | 3          | 7          | 4         | 2         | 6         | 6         | 5  | G16          |
| 6.14 | 5.8  | 105 | 19  | 22         | 1              | 1  | 8   | 6     | 3         | 1            | 1       | 4          | 1          | 2          | 2          | 3         | 5         | 10        | 10        | 6  | G17          |
| 4.68 | 14.4 | 260 | 4   | 8          | 15             | 11 | 20  | 19    | 10        | 15           | 15      | 16         | 12         | 16         | 19         | 15        | 18        | 19        | 20        | 8  | G18          |
| 6.56 | 16.1 | 289 | 11  | 3          | 20             | 20 | 19  | 1     | 21        | 20           | 20      | 21         | 19         | 20         | 5          | 21        | 20        | 16        | 15        | 17 | G19          |
| 4.12 | 18.4 | 331 | 15  | 5          | 18             | 21 | 21  | 13    | 19        | 18           | 18      | 22         | 20         | 19         | 17         | 22        | 21        | 21        | 21        | 20 | G20          |
| 6.23 | 12.2 | 219 | 12  | 17         | 6              | 16 | 16  | 5     | 7         | 6            | 6       | 19         | 21         | 21         | 8          | 16        | 12        | 5         | 5         | 21 | G21          |
| 5.27 | 16.1 | 290 | 7   | 2          | 21             | 22 | 22  | 18    | 20        | 21           | 21      | 15         | 17         | 15         | 13         | 14        | 16        | 14        | 14        | 18 | G22          |

Y: عملکرد دانه،  $S^{(1-6)}$ : آماره‌های پایداری نصار و هان،  $NP^{(1-4)}$ : آماره‌های پایداری تنازرو،  $W^2$ : آکولاس ریک،  $CVi$ : ضریب رگرسیون،  $SD$ : انحراف از خط رگرسیون،  $CVi$ : ضریب تغییرات،  $\theta(i)$  و  $\theta_{(0)}$  واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط،  $\theta_1$ : میانگین واریانس هاپلوتیپ، ASV: آماره ارزش پایداری امی، KR: مجموع رتبه کانگ، SR: جمع رتبه‌ها، ASR: میانگین رتبه‌ها و SD: واریانس رتبه‌ها  
 Y, grain yield;  $S (1-6)$ , Nassar and Huehn's stability statistics;  $NP (1-4)$ , Thenmarasu's stability statistics;  $W^2$ , Wricke's ecovalence;  $\sigma^2_i$ , Shukla's stability variance;  $b_i$ , regression coefficient;  $S^2 d_i$ , deviation from regression;  $CVi$ , coefficient of variance;  $\theta_{(0)}$ , GE variance component;  $\theta_1$ , mean variance component; ASV, AMMI's stability values; KR, Kang's sum of ranks; SR, sum of ranks ASR, average of sum of ranks; SD, standard deviation

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بین لاین‌های موتانت ارزیابی شده از نظر عملکرد دانه، تنوع ژنتیکی بالایی وجود دارد. از نظر عملکرد دانه، لاین‌های G13 (T-900-4) و به دنبال آن G6 (Z-900-7) و G3 (Z-800-6) با میانگین ۳۷۵۷ و ۳۶۶۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر لاین‌ها برتر بودند (جدول ۴). در نمودار دویبعی عملکرد دانه لاین‌های موتانت کلزا با آماره ارزش پایداری (ASV) لاین‌های G3، G6، G2 و G18 و بیش‌ترین میزان عملکرد و کم‌ترین میزان آماره (ASV) را به خود اختصاص داده است که به عنوان لاین‌های پایدار مشخص شده است (شکل ۱). در

نمودار امی (شکل ۲b) هم‌چنین ژنوتیپ‌های G15، کم‌ترین فاصله را نسبت به مبداء مختصات داشته و بنابراین واکنش زیادی به محیط‌های مختلف نشان نمی‌دهند و بنابراین به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شود. در پایان نتایج به دست آمده از نمودار سه‌بعی میانگین رتبه آماره‌های پایداری (Ar) و انحراف معیار رتبه‌ها (SD) و میانگین عملکرد طی دو سال و در مکان‌های مختلف نشان داد که لاین‌های G6 (Z-900-7)، G2 (Z-800-3)، G12 (T-800-6) و G15 (T-1200-1) عملکرد بالاتر از متوسط میانگین و شاهد منطقه اکاپی، احمدی و نپتون داشته و به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند (شکل ۴).



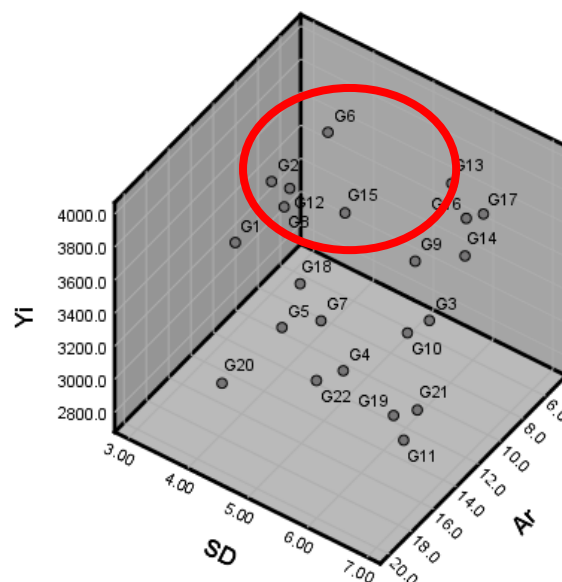
شکل ۳- نمایش گرافیکی ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری پارامتری و ناپارامتری پایداری در ۲۲ لاین زمستانه کلزا در ۴ منطقه طی دو سال. Y: عملکرد دانه، S<sup>(1-6)</sup>: آماره‌های پایداری نصار و هان، NP<sup>(1-4)</sup>: آماره‌های پایداری تنازرو، W<sub>i</sub><sup>2</sup>: اکووالانس ریک، σ<sub>i</sub><sup>2</sup>: واریانس پایداری شوکلا، bi: ضریب رگرسیون، S<sup>2</sup>d<sub>i</sub>: انحراف از خط رگرسیون، CV: ضریب تغییرات، θ<sub>(i)</sub> واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، θ<sub>i</sub>: میانگین واریانس هاپلستید، ASV: آماره ارزش پایداری امی، KR: مجموع رتبه کانگ، SR: جمع رتبه‌ها، ASR: میانگین رتبه‌ها و SD: واریانس رتبه‌ها.

Fig. 3. Graphical view of correlation coefficients between grain yield and parametric and non-parametric stability statistics in the 22 winter rapeseed lines. Y, grain yield; S<sup>(1-6)</sup>, Nassar and Huehn's and Huehn's stability statistics; NP<sup>(1-4)</sup>, Thennarasu's stability statistics; W<sub>i</sub><sup>2</sup>, Wricke's ecovalence; σ<sub>i</sub><sup>2</sup>, Shukla's stability variance; bi, regression coefficient; S<sup>2</sup>d<sub>i</sub>, deviation from regression; CV, coefficient of variance; θ<sub>(i)</sub>, GE variance component; θ<sub>i</sub>, mean variance component; ASV, AMMI's stability values; KR Kang's sum of ranks; SR, sum of ranks ASR, average of sum of ranks; SD, standard deviation.

## سپاسگزاری

این پژوهش با مساعدت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و مؤسسه تحقیقات اصلاح

و تهیه نهال و بذر کرج انجام شده است که بدین وسیله نویسندگان کمال تشکر را دارند.



شکل ۴- نمودار سه بعدی عملکرد (Yi) و میانگین رتبه آماره‌های پایداری (Ar) در مقابل انحراف معیار رتبه‌ها (SD) لاین‌های موتانت زمستانه کلزا مورد بررسی.

Fig. 4. Three-dimensional diagrams of yield (Yi) and average rank of stability statistics (Ar) versus standard deviation of rankings (SD) studied rapeseed winter mutant lines.

## منابع

1. Rouhi, M., Banayan Aval, M. and Shirani Rad, A.H. 2021. Study of ecophysiology of reaction of wintering rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars to end of season drought stress in delayed culture. environmental. Env. Stresses Crop Sci. 14: 1. 13-26. (In Persian)
2. Ahmadi, M., Omidi, M., Alizadeh, B. and Shah Nejat Bushehri, A.A. 2019. Study of advanced mutant rapeseed lines in cold regions of Iran. J. Agric. Sci. Technol. 29: 4. 175-184. (In Persian)
3. Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S. and Ayranci, R. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. Plant Soil Environ. 52: 254-261.
4. Becker, H.C. and Leon, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breed. 101: 1-23.
5. Kang, M.S. and Gauch, H.G. 1996. Genotype-by-Environment Interaction. CRC press, Boca Raton, FL. Ali, N., F. Javidfar and A.A. Attary. 2002. Stability analysis of seed yield in winter type rapeseed (*Brassica napus*) varieties. Pak. J. Bot. 34: 151-155.
6. Alizadeh, B., Rezaizad, A., Yazdandoost Hamedani, M., Shiresmaeili, G.h., Nasserghadimi, F., Khademhamzeh, H.R. and Gholizadeh, A. 2020. Evaluation of Seed Yield Stability of Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes using Non-Parametric Methods. J. Crop. Breed. 12: 35. 202-212. (In Persian)
7. Moghaddaszadeh, M., Asghari Zakaria, R., Hassanpanah, D. and Zare, N. 2019. Nonparametric stability analysis of tuber yield in potato (*Solanum tuberosum* L.) genotype. J. Crop. Breed. 28: 50-63. (In Persian)
8. Albert, J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe



- genotype×environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. Free State University, Bloemfontein, M.Sc. Dissertation.
9. Mokhtarifar, Kh., Abdolshahi, R. and Pour Seyyedy, S. 2016. Yield Stability Analysis of Eight Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars in Kerman Province Condition. J. Crop. Breed. 8: 17. 96-103. (In Persian)
  10. Purchase, J.L., Hatting, H. and Vandeventer. C.S. 2000. Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. S. Afr. J. Plant Soil, 17: 101-107.
  11. Amini, A., Tabatabaee, M.T., Akbari Mogadam, H., Ravari, Z., Amin Azarm, D. and Tajali, H. 2021. Evaluation of grain yield and its stability in bread wheat genotypes in saline regions of Iran. Int. J. Fron. Crop. Sci. 51: 4. 191-202.
  12. Alizadeh, B., Rezaizad, A., Yazdandoost Hamedani, M., Shiresmaeili, Gh., Nasserghadimi, F., Khademhamzeh, H.R. and Gholizadeh, A. 2021. Analysis of Genotype × Environment Interaction for Seed Yield in Winter Rapeseed Cultivars and Lines Using Multivariate Method of Additive Main Effects and Multiplicative Interaction. J. Crop. Proc. Prot. 11: 1. 95-108. (In Persian)
  13. Erdogdu, Y. and Esendal, E. 2019. Multi-Environment Trial Analysis by Parametric and Non-Parametric Stability Parameters for Seed Yield in Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes. Turk. J. Field Crops. 26: 1. 71-78.
  14. Taherian, M., Bihamta, M.R., Peyghambari, S.A., Alizadeh, H. and Rasoulnia, A. 2019. Stability Analysis and Selection of Salinity Tolerant barley Genotypes. J. Crop. Breed. 11: 29. 93-103. (In Persian)
  15. Sharifi, P., Erfani, R., Mohaddesi, A., Abbasian, A., Aminpanah, H., Mohammad Yousefi, M. and Saedi, M. 2021. Stability Analysis of Grain Yield of Some of Rice Genotypes by Parametric and Non-parametric Univariate Methods. Crop Prod. 13: 3. 85-106. (In Persian).
  16. Zeinalzadeh-Tabrizi, H., Mansouri, S. and Fallah-Toosi, A. 2022. Evaluation of Seed Yield Stability of Promising Sesame Lines using Different Parametric and Nonparametric Methods. Plant Genet. Res. 8: 1. 43-60. (In Persian)
  17. Liersch, A., Bocianowski, J., Nowosad, K., Mikołajczyk, K., Spasibionek, S., Wielebski, F., Matuszczak, M., Szala, L., Cegielska-Taras, T., Sosnowska, K. and Bartkowiak-Broda, I. 2020. Effect of Genotype × Environment Interaction for Seed Traits in Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. 10: 607. 1-19.
  18. Mozaffari, K. and Ahmadi, M.R. 2010. Breeding rapeseed varieties for early maturity by inducing gamma rays. J. Nucl. Sci. Technol. Project Code: 5/1/1/26. pp. 1-66. (In Persian)
  19. Huhn, M. 1990. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. Euphytica. 47: 189-1990.
  20. Nassar, R. and Huhn, M. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics. 43: 45-53.
  21. Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. PhD thesis, PJ School, IARI, New Delhi, India.
  22. Wricke, G. 1962. Übereine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. 47: 92-96.
  23. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity. 29: 237-245.
  24. Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. 1963. Adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14: 742-754.
  25. Eberhart, S.A.T. and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.

26. Francis, T.R. and Kannenberg, L.W. 1978. Yield stability studies in short-season maize: I. A descriptive method for grouping genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 58: 1029-1034.
27. Plaisted, R.L. 1960. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. *A. Potato J.* 37: 166-172.
28. Plaisted, R.I. and Peterson, L.C. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *A. Potato J.* 36: 381-385.
29. Pour-Aboughadareh, A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Poczai, P. and Siddique, K.H.M. 2019. STABILITYSOFT: a new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Appl. Plant Sci.* 7: 1, e1211.
30. Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M. and Zali, H. 2019. Evaluation of Durum Wheat Cultivars and Promising Lines for Yield and Yield Stability in Warm and Dry Areas using AMMI Model and GGE Biplot. *J. Crop. Breed.* 10: 28. 1-12. (In Persian)
31. Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M. and Zali, H. 2018. Stability Analysis of Grain Yield of Durum Wheat Promising Lines in Warm and Dry Areas Using Parametric and Non-Parametric Methods. *J. Crop. Proc. Prot.* 8: 2. 79-96.