نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۳/ صفحات ۱۹۲-۱۸۱

# Analyzing Grain Yield Stability of Bread Wheat Recombinant Inbred Lines

**Mohsen Sabzi-Nojadeh[1]*, Saeid Aharizad[2], Mina Amani[3]**

Received: 18 March 2023 Accepted: 22 September 2023
1-Associate. Prof., Dept. of Forestry and Horticulture Department, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2- Prof., Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- PhD Student in Production and Post-Harvest Physiology of Horticultural Plants, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email: m.sabzinojedeh@gmail.com

**Abstract**

**Background & Objective:** Investigating the stability and compatibility of a genotype in different environmental conditions in order to introduce it for planting in specific and known environmental conditions in multi-breeding programs is one of the basic needs and to achieve sustainable production in order to achieve sustainable self-sufficiency in It is necessary to produce strategic products, especially wheat.

**Methods & Materials:** In the present study, in order to investigate the stability and identify high-yielding and compatible genotypes, the yield of 32 lines of recombinant inbred from the crossing of two cultivars Roshan and Superhead in the form of a randomized complete block design with three replications in six The region (Tabriz, Ahar, Ardabil, Faghan, Shabestar and Urmia) were investigated for two years.

**Results:** The results of the present study showed that there was a significant difference between the locations in terms of performance. Also, the difference between genotypes, as well as the interaction effect of genotype × year, genotype × location, and the interaction effect of genotype × year × location were significant, which indicated the difference between the performance of genotypes in different environments, which indicated the necessity of stability analysis.

**Conclusion:** The results of analysis of simple and compound variances showed a significant difference between the lines in terms of grain yield. Comparing the average of all the lines, lines No. 3, 12, 38, 42, 47, 95 and Roshan had the highest yield and the lowest average seed yield was related to line 51 with 3.023 tons per hectare. Line 90 showed good general compatibility compared to other lines. Lines No. 3, 38, 42, 95, their regression coefficient was less than one and the deviation from their regression line was higher. One of the practical aspects of this research is the identification of promising lines for carrying out further breeding studies in order to release the variety and introduce it to farmers. According to the relative alignment of the results obtained from different methods, it can be stated that in this research, lines 10, 12, 31 and the Roshan variety were recognized as the most stable genotypes and line 51 as the most unstable line and It was recognized as special for unfavorable areas.

**Keyword:** Bread Wheat, Grain Yield, Non-Parametric Methods, Recombinant Inbred Lines, Stability Analysis

CC BY NC

**DOI: 10.22034/SAPS.2023.55895.3014**

# تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان

محسن سبزی‌نوجه‌ده[۱*]، سعید اهری‌زاد[۲]، مینا امانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۳۱
۱-دانشیار گروه جنگلداری و باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳-دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*مسئول مکاتبه: Email: m.sabzinojedeh@gmail.com

**چکیده**

**اهداف:** بررسی پایداری و سازگاری یک ژنوتیپ در شرایط محیطی مختلف به‌منظور معرفی آن برای کاشت در شرایط محیطی خاص و شناخته شده در برنامه‌های به‌نژادی از نیازهای اساسی بوده و برای رسیدن به یک تولید پایدار جهت رسیدن به خودکفایی پایدار در تولید محصولات استراتژیک به‌ویژه گندم ضروری می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در پژوهش حاضر به‌منظور بررسی پایداری و تشخیص ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار، عملکرد دانه ۳۲ لاین اینبرد نوترکیب حاصل از تلاقی دو رقم روشن و سوپرهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شش منطقه (تبریز، اهر، اردبیل، مغان، شبستر و ارومیه) به مدت دو سال زراعی مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه پایداری با استفاده از روش‌های ضریب تغییرات محیطی، روش‌های رگرسیونی ابرهات - راسل، پرکینز - جینکز و فینلی - ویلکینسون، واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، روش‌های غیرپارامتری میانگین و انحراف معیار رتبه و روش نسبت شاخص عملکرد انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین مکان‌ها از نظر عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار گردید که نشان‌دهنده تفاوت بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بود که نشان از ضرورت تجزیه پایداری داشت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج تجزیه واریانس‌های ساده و مرکب اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها از لحاظ عملکرد دانه نشان داد. در مقایسه میانگین کل لاین‌ها، بیشترین عملکرد را لاین‌های شماره ۳، ۱۲، ۳۸، ۴۲، ۴۷، ۹۵ و روشن دارا بودند و کمترین میانگین عملکرد دانه مربوط به لاین ۵۱ با ۳/۰۲۳ تن در هکتار بود. لاین ۹۰ نسبت به سایر لاین‌ها سازگاری عمومی خوبی را نشان دادند. لاین‌های شماره ۳، ۳۸، ۴۲، ۹۵ ضریب رگرسیون آن‌ها کمتر از یک بود و انحراف از خط رگرسیون آن‌ها بیشتر بود. یکی از جنبه‌های کاربردی این پژوهش شناسایی لاین‌های امیدبخش جهت انجام مطالعات تکمیلی به‌نژادی به‌منظور آزادسازی رقم و معرفی به زارعین می‌باشد. باتوجه‌به همسویی نسبی نتایج حاصل از روش‌های مختلف می‌توان اظهار داشت که در این پژوهش لاین‌های ۱۰، ۱۲، ۳۱ و رقم روشن به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شدند و لاین ۵۱ به‌عنوان ناپایدارترین لاین و مخصوص مناطق نامساعد تشخیص داده شد.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه پایداری، روش‌های غیرپارامتری، عملکرد دانه، لاین‌های اینبرد نوترکیب، گندم نان

**مقدمه**

گندم یکی از اصلی‌ترین محصولات کشاورزی دنیا است که ۱۸/۸ درصد انرژی و ۲۰/۴ درصد پروتئین موردنیاز رژیم غذایی انسان را تأمین می‌کند. گندم با مصرف سرانه ۶۵ کیلوگرم در سال، محصول شماره یک مصرف شده در جهان است و برای ۲/۵ میلیارد نفر که با درآمد کمتر از دو دلار در روز زندگی می‌کنند، بسیار حیاتی می‌باشد. این گیاه در ایران با سطح زیرکشت حدود ۶/۵ میلیون هکتار و میانگین تولید ۱۵۵۹۱/۶ تن در هکتار دانه یکی از مهمترین گیاهان زراعی به شمار می‌رود (فائو ۲۰۲۱).

ارقام انتخاب شده از برنامه‌های به‌نژادی باید علاوه بر صفات مورفوفیزیولوژیکی مناسب و مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده از عملکرد قابل‌قبول و پایداری برخوردار باشند (عمران و همکاران ۲۰۱۷). باتوجه‌به اهمیت گندم، تولید این محصول با کشت ژنوتیپ‌های اصلاح شده که پایداری عملکرد بالایی داشته باشند، الزامی است (زالی و همکاران ۲۰۱۶). باتوجه‌به کشت ژنوتیپ‌ها × مکان‌ها و سال‌های مختلف، تعیین پایداری عملکرد بسیار مهم بوده و ژنوتیپ‌های با نقش کمتر در ایجاد برهمکنش ژنوتیپ × محیط انتخاب می‌شوند (علیزاده و همکاران ۲۰۲۱).

تجزیه پایداری یکی از بهترین روش‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی هست که در شرایط محیطی مختلف قادر به تولید عملکرد مطلوب اقتصادی می‌باشد (علیزاده و همکاران ۲۰۲۰). تغییرات ناشی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای محققان علوم ژنتیک و اصلاح نباتات اهمیت ویژه‌ای دارد. آگاهی از این اثر به به‌نژادگران کمک می‌کند تا در این ارزیابی ژنوتیپ‌ها بادقت بیشتری عمل کرده و بهترین‌ها را انتخاب کنند؛ بنابراین ژنوتیپی باید گزینش شود که کمترین واریانس را در واکنش به تغییرات محیطی نشان داده است (محمدی و همکاران ۲۰۱۶).

روش‌های آماری برای بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط به دو گروه پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. روش‌های آماری پارامتری خود به دو گروه تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. همچنین روش‌های تک‌متغیره شامل روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس و روش‌های مبتنی بر رگرسیون هستند. از روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس می‌توان به واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک[1] و واریانس پایداری شوکلا[2] اشاره کرد. ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون[3]، ابرهارت و راسل[4] و پرکینز - جینکز[5] روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون هستند (ابرهارت و راسل ۱۹۶۶؛ فینلی و ویلکینسون ۱۹۶۳؛ شوکلا ۱۹۷۲؛ ریک ۱۹۶۲). باتوجه‌به پژوهش‌های متعدد، تجزیه پایداری بایستی به‌عنوان یک جنبه مهم آزمایش‌های مقایسه عملکرد در نظر گرفته شود؛ بنابراین هدف از این پژوهش علاوه بر بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، بررسی سازگاری لاین‌های اینبرد نوترکیب و والدین آن‌ها و معرفی ژنوتیپ‌های پایدار می‌باشد.

**مواد و روش‌ها**

تعداد ۳۲ لاین به همراه رقم والدی روشن (مقاوم به خشکی و دارای عملکرد بالا) به مدت دو سال در شش منطقه مختلف در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. ایستگاه‌های محل تحقیق در مناطق مختلفی از آذربایجان قرار داشتند که عبارت بودند از: تبریز، اهر، اردبیل، مغان، شبستر و ارومیه (جدول ۱). لاین‌ها به‌عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شد که عبارت بودند از لاین‌های شماره ۳، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۲۵، ۳۱، ۳۲، ۳۴، ۳۶، ۳۸، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۵، ۴۷، ۵۱، ۵۲، ۵۶، ۵۹، ۶۱، ۶۸، ۷۲، ۷۴، ۷۸، ۸۸، ۹۰، ۹۱، ۹۵، ۹۶ و رقم والدی روشن.

عملیات کاشت پس از انجام شخم و دیسک‌زنی به صورت بهاره انجام گرفت. هر واحد آزمایش متشکل از چهار ردیف به طول یک و نیم متر به فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها در روی ردیف دو سانتی‌متر و عمق کاشت بذور یک و نیم سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به میزان ۴/۲۱۷ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و

۱ Wricke
۲ Shukla
۳ Finlay and Wilkinson
۴ Eberhart 1966, Russell
۵ Perkins and Jinks

جدول ۲- ویژگی‌های جغرافیایی مکان‌ها مورد مطالعه

| مکان | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا (m) | میانگین بارندگی سالیانه (mm) |
|---|---|---|---|---|
| تبریز | ۱۸ °۴۶ | ۴ °۳۸ | ۱۴۰۲ | ۳۳۰/۱ |
| اهر | ۴ °۴۷ | ۲۸ °۳۸ | ۱۳۴۲ | ۴۵۰-۳۱۰ |
| اردبیل | ۱۷ °۴۸ | ۱۴ °۳۸ | ۱۳۵۲ | ۵۰۰ |
| مغان | ۵۴ °۴۷ | ۳۸ °۳۹ | ۴۸ | ۲۱۲ |
| شبستر | ۴۲ °۴۵ | ۱۰ °۳۸ | ۱۴۱۷ | ۳۵۰ |
| ارومیه | ۴ °۴۵ | ۳۳ °۳۷ | ۱۳۴۸ | ۲۳۸/۲ |

در سه مرحله (هنگام کاشت، ساقه‌دهی و گلدهی) به زمین داده شد. عملیات مدیریتی مزرعه از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و آفات انجام گرفت. برای مبارزه با شته از سم متاسیستوکس با غلظت دو در هزار استفاده گردید. برای محافظت محصول از خسارت گنجشک کل سطح مزرعه قبل از گلدهی توسط تور پلاستیکی پوشش داده شد. برداشت و کوبیدن محصول به‌صورت دستی انجام پذیرفت. میزان عملکرد دانه برای هر ژنوتیپ در هر محیط به‌صورت کیلوگرم در واحد آزمایشی (پنج مترمربع) تعیین و به تن در هکتار تبدیل شد. تجزیه واریانس مرکب پس از آزمون یکنواختی واریانس‌های درون محیطی (آزمون بارتلت) و مقایسه میانگین لاین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شدند. برای تعیین پایداری لاین‌های مورد بررسی از پارامترهای ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، روش‌های رگرسیونی ابرهارت و راسل، فینلی – ویلکینسون و پرکینز – جینکز، میانگین و انحراف معیار رتبه و نسبت شاخص عملکرد استفاده گردید. به‌منظور تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای SAS، MINITAB، S116 استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بین مکان‌ها از نظر عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، اما سال‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد نداشتند. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار گردید (جدول ۲) که نشان‌دهنده تفاوت بین عملکرد ژنوتیپ‌ها × محیط‌های مختلف بود که نشان از ضرورت تجزیه پایداری داشت. در مقایسه میانگین کل لاین‌ها (میانگین عملکرد دانه هر لاین در تمامی محیط‌ها محاسبه شده است)، بیشترین عملکرد را لاین‌های شماره ۳، ۱۲، ۳۸، ۴۲، ۴۷، ۹۵ و روشن دارا بودند (جدول ۴) و حداقل میانگین عملکرد دانه مربوط به لاین ۵۱ با ۳/۰۲۳ تن در هکتار بود.

نتایج تجزیه پایداری بر اساس مدل ابرهارت و راسل در جدول ۳ نشان‌داده‌شده است. میانگین مربعات انحراف از رگرسیون برای ارقام شماره ۳، ۱۶، ۳۸، ۴۲، ۴۷، ۵۲، ۵۶، ۷۸، ۹۶ معنی‌دار شد که نشان‌دهندهٔ پراکندگی عملکرد این لاین‌ها در اطراف خط رگرسیون است. نتایج بررسی سازگاری لاین‌ها با استفاده از روش ابرهارت و راسل به همراه میانگین و ضریب تشخیص هر رقم در جدول ۴ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود لاین ۹۰ با داشتن عملکرد بالا و همچنین ضریب رگرسیون نزدیک به یک و انحراف از خط رگرسیون کم نسبت به سایر لاین‌ها سازگاری عمومی خوبی را نشان دادند. لاین‌های شماره ۳، ۳۸، ۴۲ و ۹۵ با اینکه عملکرد بالایی داشتند، ولی ضریب رگرسیون آن‌ها کمتر از یک بوده و همچنین نسبت به لاین‌هایی که سازگار عمومی بالایی داشتند، انحراف از خط رگرسیون آن‌ها بیشتر بود؛ لذا این لاین‌ها دارای سازگاری خصوصی خوبی در مناطق با شرایط نامساعد بوده‌اند. لاین ۵۱ با داشتن کمترین میانگین عملکرد و ضریب رگرسیون پایین، لاینی با سازگاری خصوصی ضعیف با محیط نامساعد شناسایی شد. سایر لاین‌ها دارای سازگاری عمومی متوسط بودند. در این

مطالعه نتایج حاصل از تجزیه پایداری به روش واریانس محیطی نشان داد که سه رقم دارای کمترین واریانس محیطی و بیشترین پایداری می‌باشند. همچنین بر اساس روش ضریب تغییرات محیطی چند رقم دارای بیشترین پایداری می‌باشند. بر اساس تجزیه پایداری به روش ناپارامتری دو رقم با میانگین رتبه ۱/۳ و ۴ دارای کمترین رتبه و کمترین واریانس و انحراف معیار رتبه می‌باشند. در این تحقیق علی‌رغم تفاوت‌هایی که در نتایج روش‌های مختلف تجزیه پایداری وجود داشت، در اکثر روش‌ها با درجات مختلف پایداری عمومی ظاهر شدند. در مقایسه روش‌های آماری برای توصیف اثر متقابل ژنوتیپ × محیط همبستگی بسیار معنی‌داری میان روش ابرهارت و راسل با واریانس شوکلا، اکووالانس ریک مشاهده می‌شود (آلبرت ۲۰۰۴). مهتا و همکاران (۲۰۰۰) و محفوظی و همکاران (۲۰۰۹) نیز از روش‌های پیشنهادی ابرهارت و راسل استفاده کرده و ارقام سازگار گندم با عملکرد پایدار را معرفی نمودند. یولکر و همکاران (۲۰۰۶) برای تعیین پایداری عملکرد دانه در گندم، ۱۱ لاین انتخاب شده از گندم نان را در سه منطقه به مدت دو سال بررسی و از دو پارامتر پایداری ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده نمودند و اثرات متقابل معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، مکان‌ها و سال‌ها گزارش نمودند. بر اساس برآوردهای دو پارامتر پایداری، ۹ ژنوتیپ برای عملکرد دانه پایداری نشان دادند، درحالی‌که بر اساس ضریب رگرسیون و میانگین عملکرد دانه فقط دو لاین به دلیل عملکردهای بالاتر از مقدار متوسط در تمام شرایط محیطی در این مطالعه گزارش شدند. نجفیان و همکاران (۲۰۱۰) نیز با استفاده از روش چند متغیره توانستند مکان‌های اجرای آزمایشات مقایسه عملکرد کندم نان در مناطق معتدل ایران را براساس تشابه و تفاوت آن‌ها گروه‌بندی کرده و ژنوتیپ‌های گندم سازگار با آن مناطق را شناسایی و معرفی کنند. شارما و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی برای یافتن ژنوتیپ‌های گندم زمستانه با عملکرد و پایداری بالا از بین ۲۵ ژنوتیپ برای اصلاح گندم‌های زمستانه استفاده و پنج ژنوتیپ با عملکرد و پایداری بالا را شناسایی کردند. سوگی و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش گندم نان از روش‌های پارامتری واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی و روش ناپارامتری رتبه‌بندی استفاده کردند. جهرمی و همکاران (۲۰۱۱) در تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم دوروم باتوجه‌به معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ و محیط آماره‌های پایداری واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات، اکووانس ریک، واریگانس شوکلا، ارزش پایداری امی، واریانس درون مکانی و ضریب تغییرات درون مکانی را موردمطالعه قرار دادند.

**جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه لاین‌های گندم نان در محیط‌های مختلف**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| مکان | ۵ | ۸۳/۱۱** |
| سال | ۱ | ۱/۴۹ns |
| مکان × سال | ۵ | ۳۰/۴۳** |
| تکرار / محیط | ۲۴ | ۰/۵۴ |
| ژنوتیپ | ۳۱ | ۸/۶۷** |
| مکان × ژنوتیپ | ۱۵۵ | ۲/۰۱** |
| سال × ژنوتیپ | ۳۱ | ۲/۷۹** |
| مکان × سال × ژنوتیپ | ۱۵۵ | ۱/۹۴** |
| خطا | ۷۴۴ | ۰/۶۵ |

**CV (%)=18.11**

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌داراست.

**جدول ۳- تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌های گندم نان در محیط‌های مختلف بر اساس روش ابرهارت و راسل**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| ژنوتیپ | ۳۱ | ۲/۰۶** |
| محیط | ۱۱ | ۱۸/۵۴** |
| ژنوتیپ × محیط | ۳۴۱ | ۲/۲۴** |
| محیط + (ژنوتیپ × محیط) | ۳۵۲ | ۲/۳۶** |
| محیط (خطی) | ۱ | ۱۹۲/۱۵ |
| ژنوتیپ × محیط خطی | ۳۱ | ۰/۳۹ ns |
| انحراف از رگرسیون | ۳۲۰ | ۰/۳۴ ns |
| لاین ۳ | ۱۰ | ۰/۶۱۲ * |
| لاین ۹ | ۱۰ | ۰/۴۴۱ ns |
| لاین ۱۰ | ۱۰ | ۰/۲۱۱ ns |
| لاین ۱۲ | ۱۰ | ۰/۲۰۶ ns |
| لاین ۱۳ | ۱۰ | ۰/۲۹۹ ns |
| لاین ۱۶ | ۱۰ | ۰/۷۸۲** |
| لاین ۲۵ | ۱۰ | ۰/۴۱۶ ns |
| لاین ۳۱ | ۱۰ | ۰/۲۳۱ ns |
| لاین ۳۲ | ۱۰ | ۰/۳۱۴ ns |
| لاین ۳۴ | ۱۰ | ۰/۵۹۱ ns |
| لاین ۳۶ | ۱۰ | ۰/۳۰۱ ns |
| لاین ۳۸ | ۱۰ | ۰/۸۱۲** |
| لاین ۴۱ | ۱۰ | ۰/۵۱۱ ns |
| لاین ۴۲ | ۱۰ | ۰/۷۸۴** |
| لاین ۴۳ | ۱۰ | ۰/۳۴۳ ns |
| لاین ۴۵ | ۱۰ | ۰/۵۱۲ ns |
| لاین ۴۷ | ۱۰ | ۰/۷۵۴** |
| لاین ۵۱ | ۱۰ | ۰/۴۲۸ ns |
| لاین ۵۲ | ۱۰ | ۰/۵۸۳* |
| لاین ۵۶ | ۱۰ | ۰/۷۲۴** |
| لاین ۵۹ | ۱۰ | ۰/۵۱۲ ns |
| لاین ۶۱ | ۱۰ | ۰/۴۱۸ ns |
| لاین ۶۸ | ۱۰ | ۰/۳۱۱ ns |
| لاین ۷۲ | ۱۰ | ۰/۵۱۲ ns |
| لاین ۷۴ | ۱۰ | ۰/۴۱۰ ns |
| لاین ۷۸ | ۱۰ | ۰/۸۱۲** |
| لاین ۸۸ | ۱۰ | ۰/۳۰۱ns |
| لاین ۹۰ | ۱۰ | ۰/۲۱۴ns |
| لاین ۹۱ | ۱۰ | ۰/۳۸۴ns |
| لاین ۹۵ | ۱۰ | ۰/۳۱۴ns |
| لاین ۹۶ | ۱۰ | ۰/۷۴۹** |
| رقم روشن | ۱۰ | ۰/۵۱۲ns |
| اشتباه مرکب | ۷۴۴ | ۰/۱۷۵ns |

**جدول ۴- مقایسه میانگین لاین‌ها و شاخص پایداری به روش ابرهارت و راسل برای لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان**

| لاین | میانگین عملکرد (t/ha) | ضریب تشخیص | ضریب رگراسیون ابرهارت – راسل | انحراف از خط رگراسیون |
|---|---|---|---|---|
| ۳ | ۴/۹۱۴ abcd | ۵۱/۲۰ | ۰/۶۴۱ | ۰/۶۱۱ |
| ۹ | ۳/۳۴ def | ۶۵/۷۰ | ۰/۹۱۰ | ۰/۴۳۱ |
| ۱۰ | ۴/۶۱۵ bcdef | ۸۹/۳۰ | ۱/۰۱۵ | ۰/۱۴۵ |
| ۱۲ | ۴/۷۹۹ bcde | ۹۳/۴ | ۱/۱۰۹ | ۰/۰۱۵ |
| ۱۳ | ۳/۹۸۰ cdef | ۷۶/۳ | ۱/۱۴۰ | ۰/۲۱۱ |
| ۱۶ | ۴/۳۹ bcdef | ۴۹/۷۶ | ۰/۷۲۱ | ۰/۵۳۲ |
| ۲۵ | ۴/۵۶ bcdef | ۶۸/۴۹ | ۰/۸۲۰ | ۰/۴۶۳ |
| ۳۱ | ۴/۸۲۰ bcde | ۸۵/۳۰ | ۱/۰۸۱ | ۰/۲۰۱ |
| ۳۲ | ۴/۲۵ cdef | ۶۹/۶۰ | ۰/۹۴ | ۰/۴۰۲ |
| ۳۴ | ۴/۶۱ bcdef | ۷۲/۷۱ | ۰/۸۰۲ | ۰/۳۷۴ |
| ۳۶ | ۴/۵۸ bcdef | ۷۴/۲۳ | ۱/۲۸۳ | ۰/۳۶۱ |
| ۳۸ | ۵/۱۱۰ abc | ۵۲/۵۶ | ۰/۶۴۵ | ۰/۶۱۶ |
| ۴۱ | ۳/۹۱۰ cdef | ۶۶/۸۴ | ۱/۱۲۰ | ۰/۴۳۷ |
| ۴۲ | ۵/۴۷۰ ab | ۵۶/۴۳ | ۰/۶۶ | ۰/۵۱۰ |
| ۴۳ | ۳/۹۲ cdef | ۷۰/۵۱ | ۰/۸۴ | ۰/۴۳۶ |
| ۴۵ | ۴/۴۵۲ bcdef | ۸۳/۲۷ | ۱/۲۱۰ | ۰/۲۱۴ |
| ۴۷ | ۴/۷۸۰ bcde | ۴۸/۶۰ | ۰/۷۱۰ | ۰/۶۸۹ |
| ۵۱ | ۳/۰۲۳ f | ۳۹/۴۱ | ۰/۲۸۱ | ۰/۹۰۶ |
| ۵۲ | ۴/۱۲۰ ef | ۸۹/۸۳ | ۱/۳۳ | ۰/۱۰۵ |
| ۵۶ | ۴/۲۲ cdef | ۶۰/۱۲ | ۱/۱۶۱ | ۰/۴۸۷ |
| ۵۹ | ۳/۶۱۴ cdef | ۸۶/۳۳ | ۱/۲۵۰ | ۰/۱۲۶ |
| ۶۱ | ۴/۲۵۶ cdef | ۸۲/۵۰ | ۱/۲۴۰ | ۰/۳۶۸ |
| ۶۸ | ۴/۴۶۰ bcde | ۷۷/۳۱ | ۱/۱۹۲ | ۰/۳۴۴ |
| ۷۲ | ۳/۷۹۹ cdef | ۶۸/۲۴ | ۱/۰۷۲ | ۰/۴۲۵ |
| ۷۴ | ۳/۸۹۰ cdef | ۸۸/۱۱ | ۱/۱۴۲ | ۰/۱۱۲ |
| ۷۸ | ۴/۱۵۰ cdef | ۶۲/۳۲ | ۱/۲۰۱ | ۰/۳۲۹ |
| ۸۸ | ۴/۲۰۶ cdef | ۷۸/۴۵ | ۱/۲۷۰ | ۰/۴۱۷ |
| ۹۰ | ۵/۷۵۰ a | ۸۱/۶۰ | ۱/۲۰۴ | ۰/۴۹۶ |
| ۹۱ | ۳/۸۱۲ cdef | ۷۸/۴۱ | ۱/۱۸۲ | ۰/۴۰۶ |
| ۹۵ | ۵/۴۹۲ ab | ۷۳/۸۴ | ۰/۶۱۰ | ۰/۳۶۱ |
| ۹۶ | ۳/۴۶۱ def | ۷۶/۶۰ | ۱/۲۴ | ۰/۲۶۹ |
| روشن | ۴/۸۹۰ bcde | ۹۴/۷۲ | ۱/۰۹۰ | ۰/۰۱۸ |

لاین‌های ۹، ۱۰، ۱۲، ۲۵، ۳۱، ۳۴، ۴۱، ۴۵، ۶۸، ۷۲، ۹۱، ۹۶ و رقم روشن کمترین ضریب تغییرات محیطی را نشان دادند و به‌عنوان ارقام پایدار شناسایی شدند. به‌غیراز لاین‌های ۹، ۴۱، ۷۲، ۹۱، ۹۶ بقیه ژنوتیپ‌های مذکور دارای میانگین عملکرد و بالاتر از میانگین کل (۴/۴۵۱) بودند. باتوجه‌به دو پارامتر پایداری واریانس شوکلا و اکووالانس ریک لاین‌های ۹، ۱۰، ۱۲، ۲۵، ۳۱، ۳۴، ۴۱، ۴۵، ۵۲، ۵۶، ۶۸، ۷۲، ۷۴، ۹۱، ۹۶ و رقم روشن پایدارترین لاین‌ها بودند. به‌غیراز لاین‌های ۵۲، ۵۶، ۷۴، بقیه لاین‌ها از لحاظ ضریب تغییرات محیطی نیز ارقام پایدار بودند. بر اساس ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون لاین‌های ۱۰، ۱۲، ۳۱، ۳۴، ۳۶، ۴۵، ۶۸، ۷۲، ۹۰ و رقم روشن، پایداری بالاتری نسبت به سایر لاین‌ها

داشتند و میانگین آن‌ها بالاتر از میانگین کل بود. تمامی ژنوتیپ‌هایی که در روش ابرهارت و راسل سازگاری عمومی بالایی را از خود نشان دادند، در روش فینلی و ویلکینسون جزء ارقام پایدار بودند. بر اساس ضریب رگرسیون پرکینز و جینکز لاین‌های ۱۰، ۱۲، ۳۱، ۳۶، ۴۵، ۶۸، ۹۰ و رقم روشن به‌عنوان پایدارترین و پرمحصول-ترین ارقام شناسایی شدند (جدول ۵). زارعی و همکاران (۲۰۱۲) در مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان بین روش اکووالانس ریک، واریانس شوکلا و انحراف از رگرسیون همبستگی معنی-داری مشاهده کردند. آکووارا و همکاران (۲۰۰۶) به‌منظور تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم از پارامترهای پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، ضریب رگرسیون، ضریب تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون استفاده کردند و درنهایت پنج ژنوتیپ را به-عنوان پایدار معرفی کردند.

باتوجه‌به جدول ۶ بر اساس شاخص ضریب عملکرد، لاین ۱۲ با داشتن بالاترین مقدار عددی به‌عنوان پایدارترین لاین شناسایی شد. بر اساس میانگین و انحراف معیار رتبه لاین‌های شماره ۱۰، ۱۲، ۳۱، ۶۱، ۹۰ و رقم روشن با داشتن کمترین مقادیر میانگین و انحراف معیار رتبه به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها شناسایی شدند. ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شده با این روش تطابق کاملی با روش ابرهارت و راسل داشت. آریان و همکاران (۲۰۱۱) پایداری عملکرد ۱۲ ژنوتیپ گندم نان را در شش مکان مختلف در طول مدت دو سال بررسی کردند. تجزیه مرکب، واریانس معنی‌دار بالایی را برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و برهمکنش ژنوتیپ‌ها × محیط نشان داد. این محققین برای بررسی پایداری از ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون استفاده نمودند. تجزیه پایداری نشان داد بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه اختلاف بسیار زیادی وجود دارد. اسماعیل‌زاده مقدم و همکاران (۲۰۱۱) به‌منظور ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و بررسی پایداری عملکرد دانه، ۱۸ لاین گندم نان را در شش ایستگاه تحقیقاتی طی دو سال زراعی مورد بررسی قرار دادند. برهمکنش سال × مکان و سال × مکان × ژنوتیپ به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها بر پایه روش غیرپارامتری میانگین رتبه عملکرد دانه، روش رگرسیون ابرهارت راسل، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و چند روش دیگر، ژنوتیپ ۱۱ به‌عنوان لاین پایدار تشخیص داده شد.

**جدول ۵- پارامترهای مختلف پایداری در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان**

| لاین | ضریب تغییرات محیط | شوکلا | ریک | فینلی و ویلکینسون | پرکنیز و جینکز |
|---|---|---|---|---|---|
| ۳ | ۲۶/۱۴ | ۰/۷۳۲ | ۶/۷۹ | ۰/۶۵۲ | - ۰/۳۵۹ |
| ۹ | ۱۶/۴۱ | ۰/۱۵۴ | ۱/۸۶۸ | ۰/۹۱۲ | - ۰/۰۹ |
| ۱۰ | ۱۷/۱۹ | ۰/۱۷۴ | ۲/۲۱۳ | ۱/۰۲۴ | ۰/۰۱۵ |
| ۱۲ | ۱۷/۶۸ | ۰/۱۷۶ | ۲/۱۳۴ | ۱/۱۲۵ | ۰/۱۰۹ |
| ۱۳ | ۲۱/۱۹ | ۰/۲۲۶ | ۲/۴۸۱ | ۱/۱۴ | ۱/۱۴۰ |
| ۱۶ | ۲۲/۴۴ | ۰/۳۶۷ | ۳/۷۹۰ | ۰/۷۱۲ | -۰/۲۷۹ |
| ۲۵ | ۱۷/۱۲ | ۰/۱۹۵ | ۲/۱۴ | ۰/۸۴ | -۰/۹۱۸ |
| ۳۱ | ۱۶/۵۳ | ۰/۱۶۰ | ۱/۹۲ | ۱/۱۲۱ | ۰/۰۸۱ |
| ۳۲ | ۲۴/۲ | ۰/۴۲۷ | ۴/۱۵۶ | ۰/۸۹۸ | -۰/۰۶ |
| ۳۴ | ۱۷/۴۹ | ۰/۱۸۴ | ۲/۱۰۴ | ۱/۰۱۴ | -۰/۱۹۸ |
| ۳۶ | ۱۹/۸۴ | ۰/۲۷۵ | ۲/۴۹۱ | ۱/۳۰ | ۰/۲۸۳ |
| ۳۸ | ۲۵/۸۷ | ۰/۸۳۹ | ۸/۲۷۰ | ۰/۶۵۲ | -۰/۳۵۵ |
| ۴۱ | ۱۷/۸۹ | ۰/۱۹۶ | ۲/۴۶ | ۰/۹۷۴ | ۰/۱۲ |
| ۴۲ | ۲۶/۱۹ | ۰/۹۱۴ | ۹/۱۱۲ | ۰/۶۴۹ | -۰/۳۴ |
| ۴۳ | ۲۴/۵۱ | ۰/۴۱۵ | ۴/۲۹۶ | ۰/۷۷۱ | -۰/۱۶ |
| ۴۵ | ۱۷/۴۵ | ۰/۱۷۹ | ۲/۰۳۱ | ۱/۲۰۵ | ۰/۲۱ |
| ۴۷ | ۲۲/۶۱ | ۰/۴۴۳ | ۴/۲۰۸ | ۰/۷۲۱ | -۰/۲۹ |
| ۵۱ | ۲۸/۹۴ | ۰/۹۱۸ | ۹/۰۶۲ | ۰/۲۹۵ | -۰/۷۲ |
| ۵۲ | ۲۱/۱۷ | ۰/۱۷۶ | ۲/۱۴۳ | ۱/۴۴ | ۰/۳۳۰ |
| ۵۶ | ۱۹/۳۳ | ۰/۱۷۲ | ۱/۹۸۷ | ۱/۲۱ | ۰/۱۶ |
| ۵۹ | ۲۰/۱۲ | ۰/۴۰۲ | ۳/۹۱۲ | ۱/۲۷ | ۰/۲۵ |
| ۶۱ | ۲۲/۳۹ | ۰/۳۶۸ | ۳/۲۵۲ | ۱/۲۵ | ۰/۲۴ |
| ۶۸ | ۱۷/۶۴ | ۰/۱۹۲ | ۲/۶۶ | ۱/۱۹۲ | ۰/۱۹ |
| ۷۲ | ۱۷/۰۸ | ۰/۱۷۱ | ۱/۹۷۲ | ۱/۰۹۱ | ۰/۰۷ |
| ۷۴ | ۲۰/۱۱ | ۰/۱۷۶ | ۲/۱۱۰ | ۱/۱۶۲ | ۰/۱۴ |
| ۷۸ | ۲۴/۹۴ | ۰/۳۴۱ | ۳/۳۶۴ | ۱/۲۱ | ۰/۲۰۱ |
| ۸۸ | ۲۳/۷۵ | ۰/۵۶۰ | ۳/۵۷۱ | ۱/۳۵ | ۰/۲۷ |
| ۹۰ | ۲۴/۷۱ | ۰/۵۷۳ | ۳/۵۸۹ | ۱/۲۲ | ۰/۲۰۴ |
| ۹۱ | ۱۷/۱۴ | ۰/۱۵۸ | ۱/۷۳۴ | ۱/۲۰ | ۰/۱۸۰ |
| ۹۵ | ۲۵/۴۹ | ۰/۸۶۲ | ۴/۹۰۳ | ۰/۶۹۰ | -۰/۳۹ |
| ۹۶ | ۱۶/۴۳ | ۰/۱۹۲ | ۲/۸۱ | ۱/۳۵ | ۰/۲۴ |
| روشن | ۱۶/۸۵ | ۰/۱۶۵ | ۲/۰۱۴ | ۱/۰۲۳ | ۰/۰۹ |

جدول ۶- تجزیه پایداری لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان بر اساس روش‌های غیرپارامتری

| لاین | شاخص ضریب عملکرد | میانگین رتبه | انحراف معیار رتبه |
|---|---|---|---|
| ۳ | ۱۱۰/۴۰ | ۱۵/۶۶ | ۷/۴۲ |
| ۹ | ۷۵/۰۴ | ۹/۹۴ | ۶/۷۸ |
| ۱۰ | ۱۰۳/۶۸ | ۵/۸۷ | ۴/۲۳ |
| ۱۲ | ۱۷۵/۲۲ | ۶/۲۵ | ۴/۶۳ |
| ۱۳ | ۸۹/۴۲ | ۱۰/۸۶ | ۸/۴۵ |
| ۱۶ | ۹۸/۶۳ | ۱۲/۴۲ | ۶/۹۷ |
| ۲۵ | ۹۷/۹۵ | ۱۳/۹۴ | ۷/۲۹ |
| ۳۱ | ۱۰۸/۲۹ | ۶/۴۳ | ۵/۴۴ |
| ۳۲ | ۹۵/۴۸ | ۹/۷۵ | ۶/۶۸ |
| ۳۴ | ۱۰۳/۵۷ | ۹/۶۸ | ۷/۲۱ |
| ۳۶ | ۱۰۲/۹۰ | ۱۰/۱۵ | ۶/۲۵ |
| ۳۸ | ۱۱۴//۸۱ | ۲۱/۵۴ | ۸/۲۰ |
| ۴۱ | ۸۷/۸۵ | ۱۴/۳۶ | ۵/۹۸ |
| ۴۲ | ۱۲۲/۸۹ | ۱۴/۸۱ | ۷/۱۱ |
| ۴۳ | ۸۸/۰۷ | ۱۵/۴۸ | ۵/۲۵ |
| ۴۵ | ۹۹/۹۸ | ۱۷/۱۲ | ۴/۸۹ |
| ۴۷ | ۱۰۷/۴۰ | ۱۸/۶۸ | ۶/۳۳ |
| ۵۱ | ۶۷/۹۲ | ۲۲/۴۵ | ۵/۸۸ |
| ۵۲ | ۹۲/۵۶ | ۱۷/۶۴ | ۶/۲۱ |
| ۵۶ | ۹۴/۸۱ | ۱۵/۴۴ | ۵/۶۱ |
| ۵۹ | ۸۱/۱۹ | ۱۴/۸۷ | ۵/۲۳ |
| ۶۱ | ۹۵/۶۲ | ۸/۴۹ | ۶/۱۲ |
| ۶۸ | ۱۰۰/۲۰ | ۱۴/۷۳ | ۵/۹۱ |
| ۷۲ | ۸۵/۳۵ | ۱۲/۱۹ | ۵/۴۳ |
| ۷۴ | ۸۷/۴۰ | ۱۴/۹۷ | ۵/۲۹ |
| ۷۸ | ۹۳/۲۴ | ۱۲/۳۵ | ۵/۴۷ |
| ۸۸ | ۹۴/۴۹ | ۱۴/۴۸ | ۶/۳۲ |
| ۹۰ | ۱۲۹/۱۸ | ۹/۶۴ | ۵/۱۱ |
| ۹۱ | ۸۵/۶۴ | ۱۵/۴۶ | ۴/۹۶ |
| ۹۵ | ۱۲۳/۳۹ | ۱۹/۱۷ | ۷/۲۸ |
| ۹۶ | ۷۷/۷۶ | ۱۰/۴۴ | ۴/۹۹ |
| روشن | ۱۰۹/۸۶ | ۵/۹۷ | ۴/۶۵ |

## نتیجه‌گیری

در روش‌های ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا، لاین‌های دارای حداقل مقدار به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. در روش‌های مبتنی بر رگرسیون ژنوتیپ‌های با ضریب رگرسیون برابر یک و انحراف از رگرسیون برابر صفر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تلقی گردیدند. در روش میانگین و انحراف معیار رتبه، لاین‌هایی که دارای میانگین

و انحراف معیار رتبه کمتری در تمام محیط‌ها بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند. در روش نسبت شاخص عملکرد بر مبنای نسبت میانگین ژنوتیپ به میانگین تمام ژنوتیپ‌ها × محیط‌های مورد بررسی که بر حسب درصد است، بیشتر بودن مقدار نشان از پایداری ژنوتیپ دارد. باتوجه‌به همسویی نسبی نتایج حاصل از روش‌های مختلف می‌توان اظهار داشت که در این پژوهش لاین‌های ۱۰، ۱۲، ۳۱ و رقم روشن به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شدند و لاین ۵۱ به‌عنوان ناپایدارترین لاین و مخصوص مناطق نامساعد تشخیص داده شد.

**سپاسگزاری**

از همه همکاران مستقر در ایستگاه‌های تحقیقاتی کشاورزی شهرهای مختلفی که این پژوهش در آن‌ها انجام شد، تشکر و قدردانی می‌شود.

**منابع مورد استفاده**

Akcura M, Kaya Y, Taner S and Ayranici R. 2006. Parametric stability analysis for grain yield of durum wheat. Plant Soil Environment, 52: 254-261.

Albert JA. 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.

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. Journal of Crop Breeding, 12(35): 202-212. (In Persian) http://dx.doi.org/10.52547/jcb.12.35.202

Alizadeh B, Rezaizad A, Yazdandoost Hamedani M, Shiresmaeili GH, Nasserghadimi F, Khademhamzeh HR 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. Journal of Crop Production and Processing, 11(1): 95-108. (In Persian) http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.11.1.36131

Arian M.A, Sial M.A, Rajput M.A and Mirbahar A.A. 2011. Yield stability in bread wheat genotype. Pakistan journal of Botany, 43(4): 2071-2074.

Eberhart S.A and Russel W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.

Esmailzadeh Moghaddam M, Zakizadeh M, Akbari Moghaddam H, Abedini Esfahlani M, Sayahfar M, Nikzad A.R and Lotfali Aeineh G. 2011. Genotype × environment interaction and stability of grain yield of bread wheat genotypes in dry and warm areas of Iran. Seed and Plant Improvement Journal, 27(2): 257-273. (In Persian).

FAO. 2021. FAOSTAT. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Finlay K.W and Wilkinson G.N. 1963. The analysis of adaptation in plant-breeding programs. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 742-754.

Jahromi H.M.A, Khodarahmi M, Mohammadi A.R and Mohammadi A. 2011. Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 13(3): 565-579. (In Persian)

Mahfoozi S, Amini A, Chaichi M, Jasemi Sh, Nazeri M, Abedi Oskooie MS, Aminzadeh G and Rezaie M. 2009. Study on grain yield stability and adaptability of winter wheat genotypes using different stability indices under terminal drought stress conditions. Seed Plant Improvment, 25: 65-82. (In Persian).

Mehta H, Sawhney RN, Singh Chaudhary SS, Samara DN and Sharma JB. 2000. Stability analysis of high yielding wheat at varying fertility levels. Indian Journal Genetics and Plant Breeding, 60: 471-476.

Mohammadi R, Armion M, Sadeghzadeh B, Golkari S, Khalilzadeh GR, Ahmadi H, Abedi Asl G and Eskandari M. 2016. Evaluation of grain yield stability and compatibility of durum wheat breeding lines. Journal of Agricultural Applied Research, 29(4): 42-25. https://doi.org/10.22092/aj.2017.102141.1037

Najafian G, Kaffashi AK and Jafar-Nezhad A. 2010. Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. Journal of Agricultural Science and Technology, 12: 213-222. (In Persian).

Omrani S, Mohammad Naji A and Esmaeilzadeh Moghaddam M. 2017. Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agroclimatic zone of Iran using GGE biplot model. Journal of Crop Breeding, 23(9): 157-165. (In Persian) http://dx.doi.org/10.29252/jcb.9.23.157

Sharma R.C, Morgounov A.I, Braun H.J, Akin B, Keser M, Bedoshvili D, Bagci A, Martius C and van Ginkel M. 2010. Identifying high yielding stable winter wheat genotypes for irrigated environments in central and west Asia. Euphytica, 171: 53-64.

Shukla G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.

Sogi H.A, Kalate Arabi M and Abrodi S.A.M. 2006. Stability analysis of grain yield and investigation of trait relationships in omid bakhsh bread wheat lines in Gorgan. Journal of Pajohesh and Sazandegi, (70): 56-62. (In Persian)

Ulker M, Sonmez F, Ciftci V, Yilmaz N and Apak R. 2006. Adaptation and stability analysis in the selected lines of wheat. Pakistan Journal of Botany, 38(4): 1177.

Wrick G. 1962. Über eine Methode zür Erfassung der Okologischen Streubreite in Feldresuchen. Z. Pflanzenzuchtg, 47: 92-96.

Zali H, Sofalian O, Hasanloo T and Asghari A. 2016. Evaluation of yield stability and drought tolerance-based AMMI and GGE biplot analysis in *Brassica napus* L. Agricultural Communications, 4(1): 1-8.

Zarei L, Farshadfar E, Haghparast R, Rajabi R, Mohammadi-Sarab-Badieh M and Zali H. 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Production, 5: 81-97. (In Persian).