

Research Paper

Investigating the Grain Yield Stability of Barley Promising Lines (*Hordeum vulgare* L.) in Mashhad and Neishabour Regions

Majid Taherian¹  and Hamid Reza Nikkhah²

1-Assistant Professor, Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran,

(Corresponding author: majidtaherian1@gmail.com)

2-Associate Professor, Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

Received: 28 May, 2025

Revised: 15 August, 2025

Accepted: 22 September, 2025

Extended Abstract

Background: After wheat, barley is the main crop in Iran and, according to the latest statistics from the Ministry of Agriculture (2023), the area under cultivation in Iran was reported to be 1.685 million hectares, of which the grain production was 3.177 million tons. Khorasan Razavi Province ranks first in barley production in Iran, with the production of 415,736 tons per hectare. Due to the low expectation of the barley crop in relation to water and soil conditions, this crop can have a better position in most of the poor, low rainfall, salty, and low-water lands of the country. An increase in yield is one of the primary aims pursued in plant breeding programs. Similar to other crops, insufficient yield stability in barley is recognized as one of the factors responsible for the gap between actual yield and potential yield. In breeding programs, the identification of superior genotypes is difficult due to the environmental variability of target locations and the interaction of these variabilities with the investigated genotypes. Therefore, it is important to evaluate the advanced agronomic lines across various environments and over multiple years to ensure their yield stability and production. Many statistical models have been suggested to analyze the $G \times E$ interaction. The GGE (genotype plus genotype-by-environment) biplot method is a multivariate model based on principal component analysis, which simultaneously represents the G , E , and $G \times E$ interaction on a graph known as the biplot. The GGE biplot is widely used in agricultural research as it provides a simple graphical interpretation of the $G \times E$ interaction. The main objective of this study was to select the superior barley genotypes based on grain yield and their stability in the temperate regions of Khorasan Razavi Province.

Methods: Nineteen promising barley lines, along with a check cultivar Behrokh, were studied during 2018-2020 in Neishabour and Mashhad regions located in Khorasan Razavi Province. The experimental design was a randomized complete block with three replications. Univariate (the environmental coefficient of variation and Eberhart and Russell parameters) and multivariate (GGE biplot) methods were used to yield the stability assessment of genotypes. Combined analysis of variance for grain yield was analyzed using ADEL-R software. The methodologies for the GGE biplot and univariate stability indices biplots were employed to analyze the $G \times E$ interaction and characterize barley genotypes using GEA-R software.

Results: The combined analysis of variance showed that the main effect of the environment and the $G \times E$ interaction were significant at the 1% probability level, while the main effect of the genotype was significant at the 5% probability level. Moreover, about 51%, 5.24%, and 19.41% of the total variation were related to the environment effect, the genotype effect, and the $G \times E$ interaction, respectively. Overall, the average grain yield of the evaluated lines ranged from 5.838 to 6.651 ton /ha, and the G15, G16, and G12 lines produced the lowest, and G8, G9, G11, G19, and G20 presented the highest grain yields, respectively. Based on the environmental coefficient of variation, G3 and G2 were the most stable genotypes, respectively, but their grain yield was lower than the overall average. Based on this method, G11, G9, and G19 were selected as stable genotypes with higher-than-average yields. The regression coefficient graph and the deviation coefficient from regression introduced the G2 genotype, which produced a below-average yield, as a stable genotype and G8, which was one of the most yielding lines, as the genotype with high compatibility. The simultaneous evaluation of grain yield and stability through the average environment coordinate (AEC) biplot showed that genotype G8 with a high grain yield was the

most stable genotype. There were many similarities between 2 years of Mashhad (the first environmental group) and 2 years of Neishbour (the second environmental group). The angles between these two environmental groups were about 90 degrees, indicating that they were independent in ranking genotypes. Among the investigated environments, the environment of Mashhad in 2017 was close to the ideal environment. An ideal environment should clearly discriminate among genotypes and simultaneously be a good representative of the target environment. According to the resulting biplot of barley promising lines in comparison with the ideal genotype, G8 was identified as the ideal genotype. Moreover, the closest genotypes to it were G20 and G19. Overall, the mentioned promising lines presented high grain yield, stability, and good general compatibility in the investigated environments compared to the other genotypes. The GGE biplot method is based on agronomic compatibility and stability, and therefore, the genotypes that are selected in this way have high performance, in addition to stability and compatibility.

Conclusion: Based on the results of this study, lines G8, G20, and G19 showed high grain yield, good stability, and general adaptability in temperate and cold temperate regions of Khorasan Razavi Province. Therefore, the promising line/lines that retain their high yield and favorable characteristics compared to check cultivars after being examined in extension research experiments at farmers' conditions of temperate regions, can be selected as candidates for naming and introduction.

Keywords: Barley, Compatibility, Genotype $\times$ Environment Interaction, Ideal genotype

How to Cite This Article: Taherian. M., & Nikkhah, H. R. (2026). Investigating the Grain Yield Stability of Barley Promising Lines (*Hordeum vulgare* L.) in Mashhad and Neishabour Regions. *J Crop Breed*, 18(1), 118-131. DOI: 10.61882/jcb.2026.1533



مقاله پژوهشی

بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش جو (*Hordeum vulgare* L.) در مناطق مشهد و نیشابورمجید طاهریان^۱ و حمید رضا نیکخواه^۲^۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، (نویسنده مسؤول: majidtaherian1@gmail.com)^۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۴
صفحه: ۱۱۸ تا ۱۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷

چکیده مسوط

مقدمه و هدف: جو بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت در ایران مقام دوم را دارد و طبق آخرین آمار سطح زیر کشت آن در کشور ۱/۶۸۵ میلیون هکتار گزارش شده است که از این سطح مقدار تولید دانه ۳/۱۷۷ میلیون تن بوده است. استان خراسان رضوی با تولید ۴۱۵۷۳۶ تن در هکتار رتبه اول تولید جو در کشور را دارد. با توجه به کم‌توقعی جو نسبت به شرایط آبی و خاک، این محصول می‌تواند جایگاه بهتری در اکثر اراضی فقیر، کم باران، شور و کم آب کشور داشته باشد. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های به‌نژادی همواره به‌دلیل تغییرات محیطی در مناطق هدف و اثر متقابل این تغییرات با ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشکل است. در گیاه جو نیز همانند سایر محصولات عدم پایداری عملکرد می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل ایجاد فاصله بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه شناخته شود. بنابر این، به‌منظور اطمینان از تولید محصول و پایداری عملکرد در برنامه‌های به‌نژادی، لاین‌های پیشرفته باید در محیط‌های با شرایط آب و هوایی مختلف و در سال‌های متفاوت ارزیابی شوند. مدل‌های آماری زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پیشنهاد شده‌اند. این مدل‌ها از ناپارامتری تا پارامتری تک‌متغیره و چندمتغیره متفاوت هستند. استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون، در زمره اولین روش‌های مورد استفاده است. از میان روش‌های چندمتغیره می‌توان به روش بای‌پلات که مبتنی بر تجزیه به مولفه‌های اصلی است، اشاره نمود. روش GGE بای‌پلات این امکان را فراهم می‌کند که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط هم‌زمان و به‌صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند. هدف از این پژوهش، گزینش بهترین ژنوتیپ‌های جو بر اساس عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق معتدل استان خراسان رضوی بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب جو، ۱۹ لاین امیدبخش به همراه رقم بهرخ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو ایستگاه تحقیقاتی نیشابور و مشهد طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. از تجزیه GGE (ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط) بای‌پلات، نمودارهای ضریب تغییرات محیطی بر مبنای میانگین عملکرد و ضریب رگرسیون بر مبنای انحراف از خط رگرسیون جهت بررسی اهداف این پژوهش استفاده شد. به‌منظور رسم نمودارهای GGE بای‌پلات، ضریب تغییرات و پارامترهای ابرهارت و راسل و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم‌افزارهای ADEL- و R و GEAR استفاده شد.

یافته‌ها: تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از نظر آماری معنی‌دار بودند. تفکیک سهم اثرات مختلف نشان داد که حدود ۵۱/۰۲ درصد از کل تغییرات مربوط به اثر محیط، ۵/۲۴ درصد مربوط به اثر ژنوتیپ و ۱۹/۴۱ درصد مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بودند. میانگین عملکرد دانه لاین‌های جو در سال‌ها و مکان‌های مورد بررسی، در دامنه‌ای بین ۵/۸۳۸ تا ۶/۶۵۱ تن در هکتار و میانگین کل عملکرد دانه برای مکان‌های اجرای آزمایش ۶/۲۷۱ تن در هکتار بودند. بر اساس نمودار ضریب تغییرات محیطی بر مبنای میانگین عملکرد، سه لاین G9، G11 و G19 جزء ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالاتر از متوسط انتخاب شدند. نمودار ضریب رگرسیون و ضریب انحراف از رگرسیون ابرهارت و راسل نشان داد که ژنوتیپ G2 با عملکرد کمتر از متوسط، ژنوتیپی پایدار و G8 به‌عنوان پرمحصول‌ترین لاین، ژنوتیپی با سازگاری بالا بود. ژنوتیپ G2 که دارای ضریب رگرسیون پایین بود برای زمین‌های غیر حاصلخیز مناسب تشخیص داده شد. جهت بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد لاین‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط استفاده شد. بر این اساس، ژنوتیپ G8 ژنوتیپ برتر (با عملکرد و پایداری مطلوب) بود و ژنوتیپ‌های G20، G6، G11 و G19 نیز از عملکرد و پایداری عملکرد مناسبی برخوردار بودند. بر اساس بای‌پلات "قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آن‌ها"، بین محیط‌های دو سال مشهد (گروه محیطی اول) و نیز بین محیط‌های دو سال نیشابور (گروه محیطی دوم) تشابه زیادی وجود داشت. زاویه بین این دو گروه محیطی بیشتر از ۹۰ درجه بود که نشان‌دهنده رفتار متفاوت این محیط‌ها در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بود. در میان محیط‌های مورد بررسی، محیط مشهد در سال ۱۳۹۷ به شرایط محیط ایده‌آل نزدیک بود. نتایج بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپ G8 را به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل معرفی کرد و نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به آن، ژنوتیپ‌های G20 و G19 بودند. در مجموع، لاین‌های امیدبخش مذکور نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از برآیند عملکرد بالا و پایداری و سازگاری عمومی خوب در محیط‌های مورد بررسی برخوردار بودند. روش GGE بای‌پلات بر مبنای سازگاری و پایداری زراعی استوار است و لذا ژنوتیپ‌هایی که از این طریق گزینش می‌شوند، علاوه بر پایداری و سازگاری، دارای عملکرد بالایی نیز هستند. به این ترتیب، روش گرافیکی GGE بای‌پلات، روش مناسبی برای گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی است.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، لاین‌های G8، G20 و G19 از عملکرد دانه بالا و پایداری و سازگاری عمومی خوب در نواحی معتدل و معتدل سرد استان خراسان رضوی برخوردار بودند. لذا می‌توان لاین یا لاین‌های امیدبخشی را که پس از بررسی در آزمایش‌های تحقیقی ترویجی در مزارع کشاورزان مناطق معتدل عملکرد بالا و خصوصیات مطلوب خود را در مقایسه با ارقام شاهد حفظ کنند، به‌عنوان کاندید برای نام‌گذاری و معرفی گزینش نمود.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، جو، ژنوتیپ مطلوب، سازگاری.

مقدمه

هکتار (آبی ۷۴۹۷۳۴ هکتار و دیم ۹۳۴۹۹۰ هکتار) گزارش شده است که از این سطح مقدار تولید دانه ۳/۱۷۷ میلیون تن است. متوسط عملکرد این گیاه در هکتار در شرایط آبی ۳۱۹۵ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم ۸۳۶ کیلوگرم در هکتار است

جو بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت در ایران مقام دوم را دارد و طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی (Ahmadi et al., 2023) سطح زیر کشت آن در کشور ۱/۶۸۵ میلیون

ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) را باهم حفظ و GGE را به دو جزء ضریبی تجزیه می‌کند (Yan *et al.*, 2000). در روش بای‌پلات، ژنوتیپ‌ها و محیط و اثر متقابل آن‌ها به‌طور هم‌زمان در یک نمودار که بای‌پلات نامیده می‌شود نمایش داده می‌شوند. آنچه در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار حائز اهمیت است این است که اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ است اما قابل بهره‌برداری نیست، بنابر این، حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط حائز اهمیت است (Yan & Kang, 2003). تنها اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که در گزینش لاین‌ها با پایداری عملکرد اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط باید به‌صورت توأم بررسی شوند. روش GGE بای‌پلات این امکان را فراهم می‌کند که این دو اثر (ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط) هم‌زمان و به‌صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند (Yan, 2001). محققان زیادی روش GGE بای‌پلات را روشی کارآمد برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معرفی نموده‌اند و بیان داشته‌اند که این روش اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیط‌های تحت بررسی در اختیار محقق قرار می‌دهد. کاربرد GGE بای‌پلات در گزینش ارقام مناسب برای جو (Koocheki *et al.*, 2012; Mortazavian *et al.*, 2014; Vaezi, *et al.*, 2017; Taheripourfard *et al.*, 2017; Kendal *et al.*, 2019; Hudzenko *et al.*, 2019; Taherian, M., 2023; Taherian *et al.*, 2022; Saednia *et al.*, 2023; Omrani *et al.*, 2017) (Zali *et al.*, 2016)، گلرنگ (Pourdad & Jamshid, 2013) (Moghaddam, 2016a)، و نخود (Farshadfar *et al.*, 2013) گزارش شده است.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش‌های تک‌متغیره (ضریب تغییرات، ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون) و چندمتغیره (GGE بای‌پلات) در لاین‌های امیدبخش جو و شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد دانه بالا و پایدار جهت کشت در مناطق مختلف اقلیم معتدل استان خراسان رضوی بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۹ لاین امیدبخش جو، که از آزمایش‌های ژنوتیپ‌های پیشرفته جو اقلیم معتدل در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ انتخاب شده بودند (جدول ۱)، به‌همراه رقم به‌رخ به‌عنوان رقم شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو منطقه نیشابور و مشهد طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. خصوصیات اقلیمی مکان‌های انجام آزمایش در جدول ۲ و آمار هواشناسی در جدول ۳ آورده شده‌اند. همچنین، خصوصیات خاکشناسی محل‌های آزمایشات در جدول ۴ نشان داده شده‌اند.

(Ahmadi *et al.*, 2023). استان خراسان رضوی با تولید ۴۱۵۷۳۶ تن در هکتار رتبه اول تولید جو در کشور را دارد (Ahmadi *et al.*, 2023). با توجه به کم‌توقعی محصول جو نسبت به شرایط آبی و خاک این محصول می‌تواند جایگاه بهتری در اکثر اراضی فقیر، کم‌باران، شور و کم‌آب کشور داشته باشد.

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های به‌نژادی همواره به‌دلیل تغییرات محیطی در مناطق هدف و اثر متقابل این تغییرات با ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشکل است. بنابر این، به‌منظور اطمینان از تولید محصول و پایداری عملکرد در برنامه‌های به‌نژادی، لاین‌های پیشرفته باید در محیط‌های با شرایط آب و هوایی مختلف و در سال‌های متفاوت ارزیابی شوند (Yan & Rajcan, 2002). یک ژنوتیپ معمولاً در محیط‌های مختلف از لحاظ عملکرد واکنش‌های متفاوتی دارد؛ به‌طوری‌که رتبه عملکرد آن از یک محیط به محیط دیگر تغییر می‌کند. این تغییرات که در نتیجه برهمکنش بین ژنوتیپ و محیط ایجاد می‌شوند، تحت عنوان اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط شناخته شده است (Allard & Bradshaw, 1964). چنانچه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار باشد به‌نژادگر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با میزان تولید نسبتاً ثابت در دامنه‌ای از محیط‌های هدف نیاز دارد. پایداری ممکن است به‌صورت استاتیکی و یا دینامیکی باشد. پایداری استاتیکی حالتی است که در آن ژنوتیپ‌ها تمایل به حفظ عملکرد یکسان در همه محیط‌ها دارند و در پایداری دینامیکی، واکنش عملکرد یک ژنوتیپ نسبت به تغییرات در محیط‌ها دارای یک روال ثابت می‌باشد. به‌عبارت دیگر، واکنش یک ژنوتیپ موازی با میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است (Becker & Leon, 1988). تاکنون، مدل‌های آماری زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پیشنهاد شده‌اند. این مدل‌ها از ناپارامتری تا پارامتری تک‌متغیره و چندمتغیره متفاوت هستند. استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون (Finlay & Wilkinson, 1966; Eberhart & Russell, 1963)، در زمره اولین روش‌های مورد استفاده است. سایر روش‌های آماری از جمله روش‌های چندمتغیره AMMI (Gauch and Zobel, 1996)، روش SHAMMI یا مدل ضربه‌پذیر متغیر (Cornelius, 1993) یا SREG یا GGE biplot (Yan, 2001) نیز زیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ضمن این که برای تعیین مدل پایداری، معیارهای ناپایداری هان (Huhn, 1996) که مبتنی بر تغییر مرتبه ارقام هستند و روش مجموع رتبه کنگ (Kang, 1993) که از جمله روش‌های ناپارامتری است می‌تواند معیارهای معتبری برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر باشند.

از میان روش‌های چندمتغیره می‌توان به روش بای‌پلات که مبتنی بر تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است اشاره نمود (Gabriel, 1971). روش GGE بای‌پلات (GGE biplot)، اثر

جدول ۱- نامها و شجره‌های ارقام و لاین‌های امیدبخش جو

Table 1. Names and pedigrees of barley cultivars and promising lines

شجره‌های لاین‌ها Pedigrees of lines	شماره لاین‌ها Line number
Behrokh	G1(check)
(D10)Rhn-03//L.527/NK1272/5/Astrix©/3/Mal/OWB753328-5H'F1//Perga/Boyer/4/L.527	G2
Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/4/Bgs/Dajia/L.1242/3/(L.B.IRAN/Una8271//Gloria'S/3/Alm/Una80//....)	G3
Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/4/Bgs/Dajia/L.1242/3/(L.B.IRAN/Una8271//Gloria'S/3/Alm/Una80//....)	G4
Comp.Cr229//As46/Pro/3/Srs/4/Express/5/Rhn-03//L.527/NK1272	G5
KAROON/KAVIR//Rhodes'S//Tb/Chzo/3/Gloria'S' /4/Sahra/5/Fajr30	G6
KAROON/KAVIR//Rhodes'S//Tb/Chzo/3/Gloria'S' /4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/5/Yousef	G7
KAROON/KAVIR//Rhodes'S//Tb/Chzo/3/Gloria'S' /4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/5/Fjr30	G8
Nosrat/Bahman//Sahra	G9
Nimrooz/Fajr30/3/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63	G10
Nimrooz/Fajr30/3/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63	G11
Sahra*2/Bahman	G12
Nadawa/Rhn-03/3/Lignee527/Rihane//Arar	G13
CAPUL//PENCO/CHEVRON-BAR	G14
VMorales/6/LEGACY//PENCO/CHEVRON-BAR	G15
Courlis/Rhn-03/NK1272//JLB 70-63/3/ Lignee 527	G16
Comp.Cr229//As46/Pro/3/Srs/4/Express/NK1272//JLB 70-63/5/ Lignee 527	G17
Rhn-03//Lignee527/As45/NK1272//JLB 70-63/3/ Lignee 527	G18
Sahra*2/Bahman	G19
MB-95-11(Nosrat/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272))	G20

جدول ۲- خصوصیات اقلیمی مکان‌های انجام آزمایش

Table 2. Climatic characteristics of testing locations

مکان Location	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع (متر) Altitude (m)	میانگین دما (درجه سلسیوس) Average Temperature(°C)	میانگین بارندگی (میلی‌متر) Average Rainfall (mm)
نیشابور Neishabour	36° 22' E	58° 82' N	1250	13.9	247.4
مشهد Mashhad	36° 21' E	59° 62' N	1100	14.7	230

جدول ۳- میانگین دو-ساله آمار هواشناسی ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی مشهد و نیشابور طی سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹
Table 3. Two-year average meteorological data for Mashhad and Neishabour Agriculture Research Stations for the cropping years of 2018-19 and 2019-20

مکان Location	ماه Month	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	میانگین حداقل درجه حرارت Minimum temperature (°C)	میانگین حداکثر درجه حرارت Maximum temperature (°C)	میانگین درجه حرارت Average temperature (°C)
مشهد Mashhad	آبان October-November	26.7	4.4	15.9	10.1
	آذر November-December	13.7	1.8	13	8.6
	دی December-January	27.1	-0.5	11.1	5.3
	بهمن January- February	28.5	-0.4	11	5.4
	اسفند February-March	21.7	3	15.6	9.2
	فروردین March-April	135.6	7.3	17	12.2
	اردیبهشت April-May	36.3	12.4	25	19.5
	خرداد May-June	14.9	17.5	43	25.2
نیشابور Neishabour	آبان October-November	43	3.1	16.1	9.6
	آذر November-December	15.6	0.3	12.6	6.5
	دی December-January	27.7	-2.5	9.3	3.4
	بهمن January- February	19.1	-2.2	9.5	3.7
	اسفند February-March	48.4	0.7	14.2	7.5
	فروردین March-April	130.6	6.1	17.6	11.8
	اردیبهشت April-May	24.5	9.5	25.1	17.3
	خرداد May-June	23.5	14	31.3	22.7

جدول ۴- خصوصیات خاک محل‌های اجرای آزمایش

Table 4. Soil properties at the experimental sites

سilt Silt (%)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	پتاسیم قابل جذب K	فسفر قابل جذب P	ازت کل N (%)	کربن آلی O.C	T.N.V %	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	سال Year	مکان Location
			mg.kg ⁻¹												
39	39	22	0.60	0.82	3.92	1.26	175	14.8	0.059	0.62	16.6	8.0	0.95	2018-19	مشهد
42	38	20	0.60	0.78	3.74	1.02	204	20.8	0.069	0.64	15.9	7.9	1.54	2019-20	Mashhad
36	42	22	1.00	2.58	4.16	1.80	197	10.8	0.026	0.3	14.6	7.8	1.09	2018-19	نیشابور
40	36	24	1.18	0.64	4.98	1.94	209	3.6	0.029	0.32	11.7	7.8	1.12	2019-20	Neishabour

در هر منطقه، زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات- آیش بود و عملیات تهیه زمین شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود برهم، کودپاشی و ایجاد فارو بود. بذور آزمایشی قبل از کاشت به‌منظور جلوگیری از بیماری سیاهک پنهان با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی گردیدند. میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۳۵۰ دانه در مترمربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین گردید. کشت به‌صورت جوی و پشته و آبیاری به‌صورت نشتی انجام شدند. نوع و میزان کود بر اساس آزمون خاک هر منطقه مصرف گردید. کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم به‌صورت پایه و کود ازته از منبع اوره به‌صورت پایه و سرک به مصرف رسیدند. تاریخ کشت در هر منطقه نیمه اول آبان بود. هر کرت آزمایشی شامل شش خط ۶ متری به فاصله ۲۰ سانتیمتر (متر مربع $6 \times 1/2 = 7/2$) بود که قبل از برداشت، ۵/۰ متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه (۶ مترمربع) برداشت شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ، مخلوطی از علف‌کش‌های گرانستار و پوماسوپر به‌ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن استفاده شد.

بررسی پایداری ارقام و لاین‌ها با استفاده از روش چندمتغیره GGE بای‌پلات انجام شد. مدل استفاده شده در GGE بای‌پلات به‌صورت رابطه ۱ است:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad \text{رابطه (۱)}$$

g_{i1} و e_{1j} : نمره‌های اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j ، g_{i2} و e_{2j} : نمره‌های ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j ، ε_{ij} : باقیمانده‌ای است که به‌وسیله اثرات اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود. یک بای‌پلات GGE با رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش، رسم می‌شود. نمره‌های اولیه از طریق تجزیه مقدار منفرد^۱ به‌صورت رابطه ۲ تبدیل می‌شوند:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

λ_1 و λ_2 : به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC1 و PC2)، ξ_{i1} و ξ_{i2} : به‌ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ i ام برای PC1 و PC2 و η_{1j} و η_{2j} : به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط j ام برای PC1 و PC2 هستند (Yan *et al.*, 2000; Yan, 2001).

به‌منظور تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و رسم نمودارهای GGE بای‌پلات، ضریب تغییرات و پارامترهای ابره‌ارت و راسل از نرم‌افزارهای ADEL-R (Pacheco *et al.*, 2015) و GE-R (Pacheco *et al.*, 2015) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط از نظر آماری معنی‌دار بودند. تفکیک سهم اثرات مختلف در جدول تجزیه واریانس نشان داد که حدود ۵۱/۰۲ درصد از کل تغییرات مربوط به اثر محیط، ۵/۲۴ درصد مربوط به اثر ژنوتیپ و ۱۹/۴۱ درصد مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط بودند (جدول ۵). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده‌اند (Yan *et al.*, 2000; Fan *et al.*, 2007; Rose *et al.*, 2008; Moayyidi *et al.*, 2020). کم‌بودن اثر ژنوتیپ در تفسیر واریانس موجود ممکن است به دلیل گزینش‌های متوالی در طول برنامه به‌نژادی و افزایش خلوص ژنتیکی باشد. لذا، با افزایش خلوص ژنتیکی، نقش محیط در ایجاد تنوع به‌شدت افزایش می‌یابد. مرتضویان و همکاران (Mortazavian *et al.*, 2014) در ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش جو در اقلیم معتدل کشور بیان کردند که سهم‌های محیط، اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط و ژنوتیپ در توجیه میانگین مربعات کل به‌ترتیب ۶۰/۳۸، ۴/۵۲ و ۳۵/۰۹ درصد بودند.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه لاین‌های جو در چهار محیط

وارینانس توجیه شده (%) Explained Variance (%)	میانگین مربعات Mean of Square	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییر Source of variation
51.02	48.63**	3	محیط Environment
1.467	0.524	8	بلوک/محیط Block/Environment
5.243	0.789*	19	ژنوتیپ Genotype
19.406	0.973**	57	ژنوتیپ $\times$ محیط Genotype $\times$ Environment
22.859	0.430	152	خطای آزمایشی Error
-	10.46	-	ضریب تغییرات (%CV)

میانگین عملکرد دانه لاین‌های جو در مجموع تمام محیط‌های مورد بررسی طی دو سال آزمایش، در دامنه‌ای بین ۵/۸۳۸ تا

۶/۶۵۱ تن در هکتار قرار داشت. میانگین کل عملکرد دانه برای محیط‌های اجرای آزمایش ۶/۲۷۱ تن در هکتار بود (جدول ۶).

1. Singular Value Decomposition: SVD

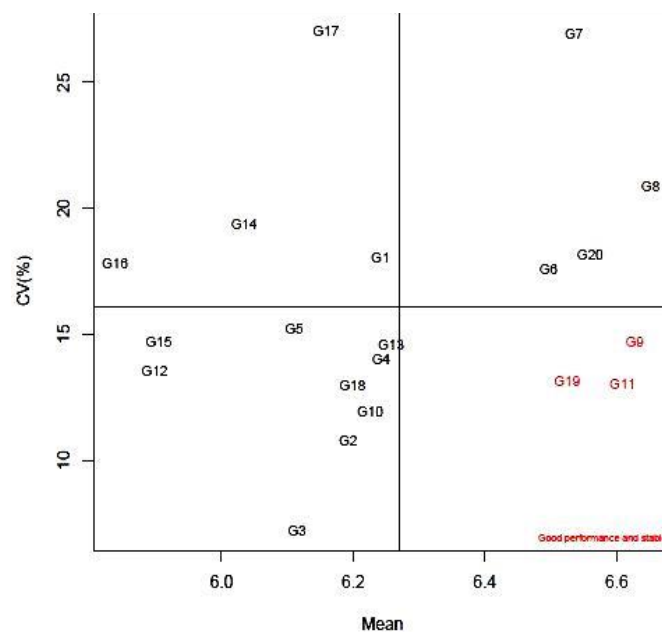
جدول ۶- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در مناطق اجرای آزمایش (۱۳۹۷-۹۹)

Table 6. Mean of grain yield of barley genotypes in the regions of trials (2018-2020)

عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton.ha ⁻¹)			
میانگین Mean	مشهد Mashhad	نیشابور Neishabour	کد لاین‌ها Codes of lines
6.241	6.981	5.500	G1(check)
6.192	6.708	5.676	G2
6.115	6.168	6.063	G3
6.242	5.888	6.596	G4
6.110	6.595	5.626	G5
6.496	7.098	5.894	G6
6.535	7.990	5.081	G7
6.651	7.584	5.719	G8
6.628	6.817	6.439	G9
6.225	6.177	6.274	G10
6.609	6.721	6.497	G11
5.898	5.834	5.962	G12
6.258	6.774	5.743	G13
6.034	5.871	6.197	G14
5.904	6.293	5.516	G15
5.838	5.956	5.720	G16
6.158	7.511	4.806	G17
6.199	6.661	5.737	G18
6.525	7.140	5.911	G19
6.559	7.168	5.950	G20
6.271	6.696	5.845	Mean
0.529	0.760	0.748	LSD 5%

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، جهت شناسایی لاین‌های پرمحصول با پایداری و سازگاری مطلوب از روش‌های تک‌متغیره ضریب تغییرات و ابرهات و راسل و روش چندمتغیره GGE بای‌پلات استفاده شد. بر اساس شاخص ضریب تغییرات محیطی، کمترین ضریب نشان‌دهنده بیشترین پایداری است. بر اساس شاخص مذکور، ژنوتیپ‌های G11، G19 و G9 انتخاب شدند که علاوه بر پایداری مناسب دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل بودند (شکل ۱). ژنوتیپ‌های G3

و G2 به‌ترتیب پایداری‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند ولی عملکرد آن‌ها پایین‌تر از میانگین کل بود. همچنین ژنوتیپ‌های G7 با میانگین عملکرد بالاتر از متوسط و G17 با میانگین عملکرد پایین‌تر از متوسط ناپایداری‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۱). در یک پژوهش که به‌منظور بررسی پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش جو در شرایط آبی انجام شد، بر اساس ضریب تغییرات محیطی، پایداری‌ترین لاین با عملکرد بالاتر از میانگین کل معرفی شدند (Ramzi et al., 2021).



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های جو بر حسب میانگین عملکرد دانه و ضریب تغییرات محیطی

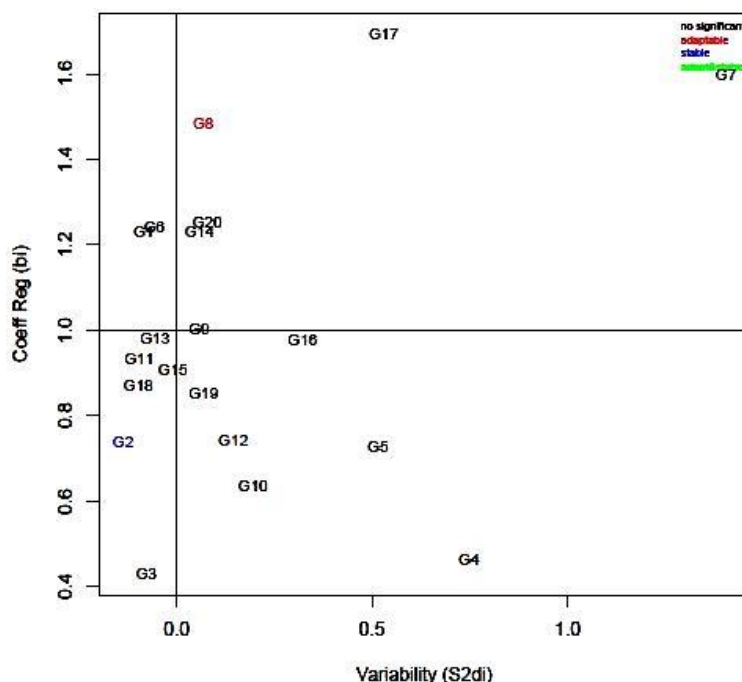
Figure 1. Distribution of barley genotypes according to mean grain yield and environmental coefficients of variation

بنا بر نظر ابرهات و راسل جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایشات ناحیه‌ای عملکرد، علاوه بر ضریب رگرسیون خطی و میانگین عملکرد باید به مقدار باقی‌مانده مدل رگرسیونی نیز توجه شود. بنابر این، ژنوتیپ‌های پایدار باید دارای حداقل مقدار باقیمانده نیز باشند. بر اساس نمودار ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون ابرهات و راسل (Eberhart & Russell, 1996)، ژنوتیپ G2 به‌عنوان ژنوتیپ پایدار و ژنوتیپ G8

به‌عنوان ژنوتیپ سازگار شناسایی شدند (شکل ۲). ژنوتیپ G2 دارای عملکرد پایین‌تر از متوسط بود در حالی که ژنوتیپ G8 جزء پرمحصول‌ترین لاین‌ها بود. ژنوتیپ G2 که دارای ضریب رگرسیون پایین بود مناسب برای زمین‌های غیر حاصلخیز تشخیص داده شد. در پژوهش رمزی و همکاران (Ramzi et al., 2021) ژنوتیپ شماره ۱۳ جو با ضریب رگرسیون نزدیک ۱ و مقدار پایین انحراف از خط رگرسیون به‌عنوان ژنوتیپ پایدار

شناخته شد. محققین در یک پژوهش طی بررسی‌هایی که روی ژنوتیپ‌های جو انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ژنوتیپ‌هایی با ضریب رگرسیون بالا و عملکرد کمتر از میانگین

کل برای محیط‌های ضعیف مناسب بودند (Hatami Maleki *et al.*, 2020).

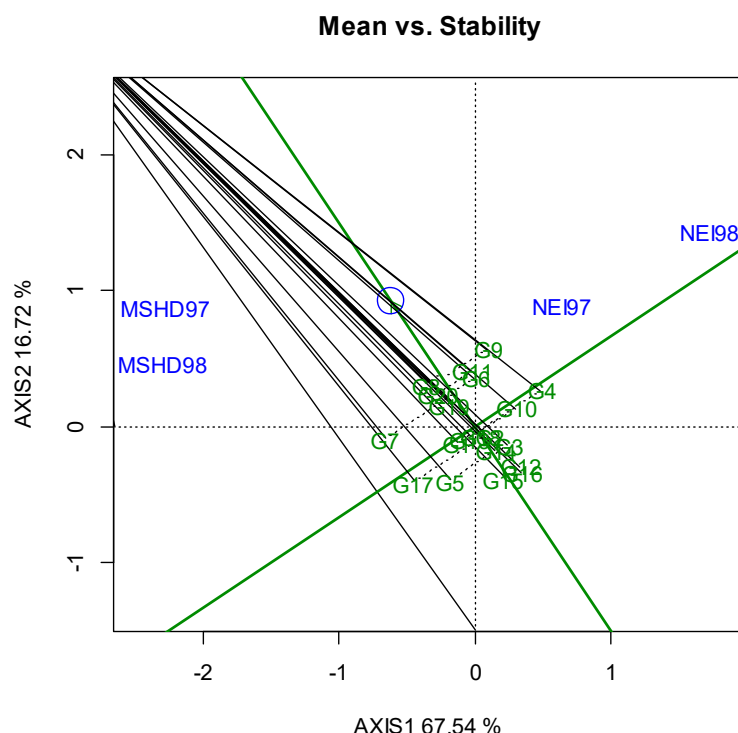


شکل ۲- پراکنش ژنوتیپ‌های جو بر حسب ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون

Figure 2. Distribution of barley genotypes according to regression coefficients and deviation from the regression line

بر اساس نتایج حاصل از روش GGE بای پلات، سهم مؤلفه اصلی اول از تغییرات کل ۶۷/۵۴ و سهم مؤلفه اصلی دوم ۱۶/۷۲ درصد و این دو مؤلفه در مجموع حدود ۸۴/۴۶ درصد از کل تنوع موجود را توجیه کردند (شکل ۳). طاهری پور فرد و همکاران (Taheripourfard *et al.*, 2017) در ارزیابی پایداری عملکرد ۲۰ ژنوتیپ جو در ۱۲ محیط بیان کردند که دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه GGE بای پلات ۴۶ درصد تغییرات را توجیه کردند، در حالی که در بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو در نه محیط توسط هودزنکو و همکاران (Hudzenko *et al.*, 2019)، دو مؤلفه اول حاصل از GGE بای پلات حدود ۷۰/۲۹ درصد تغییرات را توجیه کردند. اگر بیشتر تنوع موجود توسط مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم قابل توجیه نباشد، نشان‌دهنده ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است اما این به مفهوم بی‌اعتبار بودن بای پلات نیست (Yan & Tinker, 2005). جهت بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد لاین‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط (Average environment coordination: AEC) استفاده شد (شکل ۳). این نمودار، بای پلات میانگین در مقابل پایداری نیز نامیده

می‌شود. محور افقی که دارای دایره و پیکان است، نشان‌دهنده پایداری است و ژنوتیپ‌های نزدیک به این محور پایدارتر هستند (Yan *et al.*, 2000). محور عمودی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و میزان سازگاری آن‌ها در چهار محیط، در شکل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس، ژنوتیپ G8 ژنوتیپ برتر (عملکرد و پایداری مطلوب) بود و ژنوتیپ‌های G6، G20، G11 و G19 نیز از عملکرد و پایداری عملکرد مناسبی برخوردار بودند. بر اساس بای پلات مذکور و با توجه به این که محور عمودی بیانگر میانگین عملکرد هر ژنوتیپ است، ژنوتیپ‌هایی که در سمت چپ این محور قرار داشتند از نظر عملکرد برتر از میانگین و ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست این خط قرار داشتند عملکرد کمتری از میانگین کل داشتند. لذا ژنوتیپ‌های G7 و G9 دارای عملکرد بالاتر از میانگین و پایداری عملکرد پایین بود و ژنوتیپ‌های G4، G10، G5 و G17 دارای عملکرد کمتر از متوسط و پایداری عملکرد پایین بودند. سایر ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد کمتر از متوسط و پایدار بودند.



شکل ۳- بای‌پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش هم‌زمان عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌های جو
Figure 3. The biplot of the average-environment coordination (AEC) for the simultaneous selection of grain yield and stability of barley genotypes

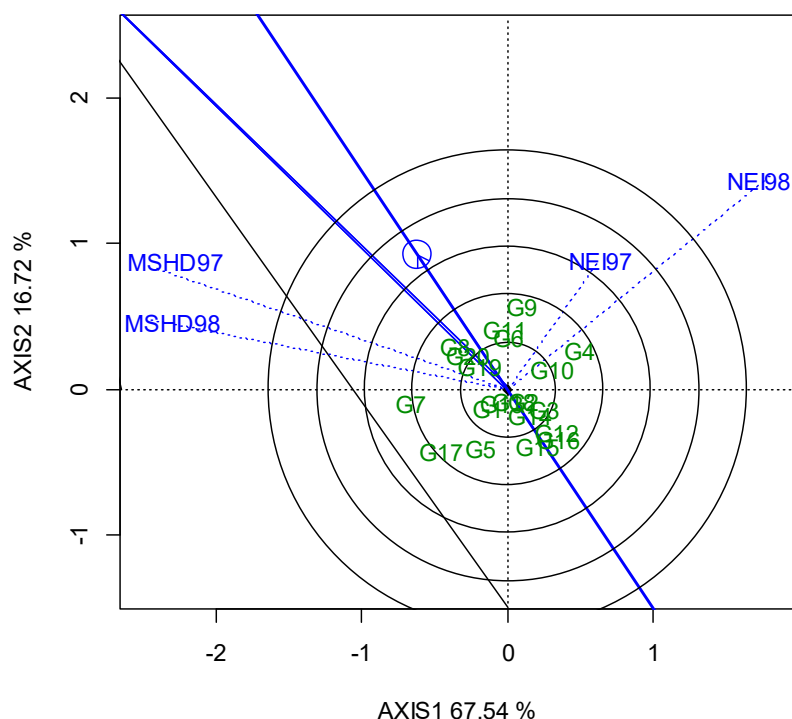
شکل ۴ نشان می‌دهد که بین محیط‌های دو سال مشهد (گروه محیطی اول) و نیز بین محیط‌های دو سال نیشابور (گروه محیطی دوم) تشابه زیادی وجود داشت. زاویه بین این دو گروه محیطی بیشتر از ۹۰ درجه بود که نشان‌دهنده رفتار متفاوت این محیط‌ها در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها است. هرچند که آزمایش‌های چندمحیطی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، ولی می‌توان آن‌ها را جهت ارزیابی محیط‌ها نیز به کار برد. یک محیط ایده‌آل باید به‌وضوح تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را آشکار کند و هم‌زمان نماینده خوبی از محیط هدف نیز باشد. محیط‌های ایده‌آل از نظر مفهومی دارای دو خصوصیت عمده هستند: (۱) توانایی بالا در جداسازی و تمایز بین ژنوتیپ‌ها و (۲) نماینده بودن برای سایر محیط‌های مورد آزمون (Yan & Kang, 2003; Yan & Tinker, 2006; Fan *et al.*, 2007). این مفهوم از جمله ذرت (Blanche & Myers, 2006; Dimitrios *et al.*, 2008) و گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2010a) مورد استفاده قرار گرفته است. توانایی جداسازی و تمایز یک محیط، به‌قدر بودن محیط جهت نمایش حداکثر تنوع بین ژنوتیپ‌ها اشاره دارد، اما توانایی نماینده بودن یک محیط نشان می‌دهد که یک محیط نماینده شرایط سایر محیط‌ها در پژوهش مورد نظر است (Blanche & Myers, 2006; Yan & Tinker, 2006). بنابر این، یک محیط ایده‌آل باید تلفیقی از دو ویژگی مذکور را برای توسعه مواد ژنتیکی سازگار داشته باشد. این ویژگی‌ها در مدل GGE بای‌پلات تحت عنوان "توانایی

جداسازی محیط‌ها در مقابل نماینده بودن آن‌ها" بیان شده است (Yan & Kang, 2003; Yan & Tinker, 2006). شکل ۳، دایره کوچک نشان داده شده بر روی محور مورب پیکان‌دار، جایی است که باید محیط ایده‌آل قرار گیرد. این نقطه به‌عنوان محیط ایده‌آل مجازی در نظر گرفته می‌شود. بای‌پلات محیط ایده‌آل فرضی همانند بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل فرضی است. این بای‌پلات همبستگی و قابلیت تمایز را نشان می‌دهد. بنابر این، هر چه طول بردار محیطی بیشتر و فاصله آن به محور مورب کمتر باشد محیط مورد نظر به محیط ایده‌آل نزدیک‌تر است (Yan, 2001). طول بردار محیطی بزرگ‌تر بیانگر این است که توانایی آن محیط در جداسازی ژنوتیپ‌ها از یکدیگر زیاد است. از لحاظ میزان نماینده بودن، محیط‌هایی که دارای کوچک‌ترین زاویه با محور مورب پیکان‌دار هستند، نماینده بهتری برای سایر محیط‌ها هستند. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، محیط مشهد در سال ۱۳۹۸ دارای کمترین زاویه با محور مورب پیکان‌دار است؛ بنابر این، محیط مذکور از لحاظ نماینده بودن سایر محیط‌ها برای ژنوتیپ‌های جو، بیشترین قابلیت را داشت؛ اما طول بردار محیطی کوچک‌تر نشان می‌دهد که آن محیط، از توانایی کمتری در جداسازی و تمایز بین ژنوتیپ‌ها برخوردار است. بنابر این، از بین چهار محیط، محیط نیشابور ۱۳۹۷ در مقایسه با سایر محیط‌ها توانایی کمتری در جداسازی و ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌ها داشت و محیط نیشابور ۱۳۹۸ و بعد از آن محیط مشهد ۱۳۹۷ از بیشترین قابلیت در جداسازی و شناسایی تفاوت بین ژنوتیپ‌های جو

برخوردار بودند. لذا بر مبنای اصول فوق، محیط مشهد ۱۳۹۷ را می‌توان نزدیک‌ترین محیط، به محیط ایده‌آل در نظر گرفت. طاهریان و همکاران (Taherian *et al.*, 2022) پایداری عملکرد دانه ۱۹ ژنوتیپ جو در مقایسه با یک رقم شاهد را در

هشت ایستگاه اقلیم معتدل به مدت دو سال زراعی مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نمودار محیط‌های ایده‌آل فرضی، محیط کرج را عنوان محیط ایده‌آل معرفی کردند.

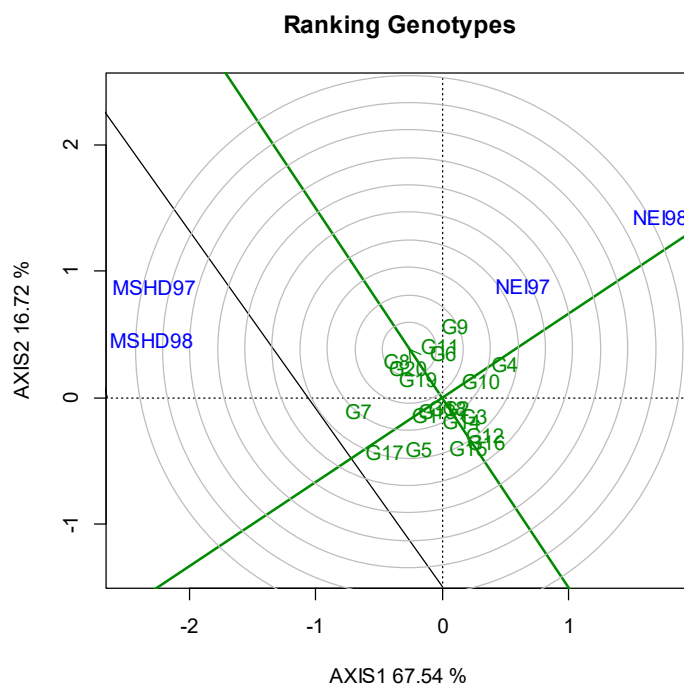
Discriminability vs. representativeness



شکل ۴- روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر "قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن" آن‌ها
Figure 4. The relationship among different environments and their comparison in terms of "discriminability between genotypes versus representativeness"

ژنوتیپ ایده‌آل از نظر مکانی در مرکز دواير متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد (Yan, 2001). فاصله لاین‌ها از ژنوتیپ مطلوب، میزان مطلوبیت آن‌ها را مشخص می‌کند. نتایج نشان دادند که ژنوتیپ G8 نزدیک به ژنوتیپ مطلوب بود و در مرحله بعد نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به آن ژنوتیپ‌های G19 و G20 بودند. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های G15، G16 و G12 به عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند (شکل ۵). طاهریان (Taherian, 2023) هفت لاین امیدبخش جو را در

سه منطقه طی یک سال زراعی با استفاده از روش GGE بای‌پلات بررسی کرد. وی با استفاده از بای‌پلات رتبه ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل، لاین MB95-4 را به عنوان ژنوتیپ ایده‌آل انتخاب کرد که در مرکز دواير متحدالمرکز قرار داشت و لاین MB95-11 که در خارج از مرکز دواير متحدالمرکز ولی در سمت راست محور عمودی و نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل بود، به عنوان ژنوتیپ مطلوب شناسایی شد.



شکل ۵- بای‌پلات مقایسه ژنوتیپ‌های جو با ژنوتیپ مطلوب بر مبنای عملکرد و پایداری عملکرد دانه

Figure 5. The biplot of barley genotypes in comparison with the ideal genotype based on grain yield and stability

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان دادند که ژنوتیپ G8 به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب بود و نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به آن، ژنوتیپ‌های G19 و G20 بودند. در مجموع، لاین‌های امیدبخش مذکور نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از برآیند عملکرد بالا، پایداری و سازگاری عمومی

خوبی در محیط‌های مورد بررسی برخوردار بودند. از بین این ژنوتیپ‌ها می‌توان لاین یا لاین‌های امیدبخشی را که پس از بررسی در آزمایش‌های تحقیقی ترویجی در مزارع کشاورزان مناطق معتدل عملکرد بالا و خصوصیات مطلوب خود را در مقایسه با ارقام شاهد حفظ کنند، به‌عنوان کاندیدا برای نام‌گذاری و معرفی گزینش نمود.

References

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2023). Agricultural statistics. Ministry of Agriculture-Jahad, Vol. 1. 95 pp. [In Persian]
- Allard, R.W., & Bradshaw, A. D. (1964). Implication of genotype-environment interaction in applied plant breeding. *Crop Science*, 5, 503-506.
- Becker, H.C., & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101, 1-23.
- Blanche, S.B., & Myers, G. O. (2006). Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. *Crop Science*, 46, 946-949.
- Cornelius, P.I. (1993). Statistical tests and retention of terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. *Crop Science*, 33, 1186-1193.
- Dimitrios, B., Christos, G., Jesus, R., & Eva, B. (2008). Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE Biplots. *Agronomy Journal*, 100, 1230-1236.
- Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36-40.
- Fan, X.M., Kang, M. S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J., & Xu, C. (2007). Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal*, 99, 220-228.
- Farshadfar, E., Rashidi, M., Jokar, M., & Zali, H. (2013). GGE biplot analysis of genotype $\times$ environment interaction in chickpea genotypes. *European Journal of Experimental Biology*, 3(1), 417-423.
- Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742-754.
- Gabriel, K.R. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58, 453-467.
- Gauch, H.G., & Zobel, R. W. (1996). AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch(eds), Genotype-by-environment interaction. (pp. 85-122). CRC Press, Boca Raton, Florida.

- Hatami Maleki, H., Vaezi, B., Mohammadi, R., Mehraban, A., Ahmadi, A., Sabzi, Z., & Sabgahnia, N. (2020). Stability analysis and genotype×environment interaction study for grain yield of some barley genotypes. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 9(2), 134-143.
- Hudzenko, V., Demydov, O., Voloshchuk, H., Sardak, H., & Ishchenko, V. (2019). Genotype by environment interaction and yield stability of barley breeding lines in multi-environment trials. *Agriculture and Forestry*, 65(1), 201-210.
- Huhn, M. (1996). Nonparametric analysis of genotype × environment interaction by ranks. In: Kang, M. S. and H. G. Jr. Gauch(eds), *Genotype- by- environment interaction*. (pp. 235-271). CRC Press, Boca Raton. Florida.
- Kang, M.S. (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance genotype × environment interaction 239 trials: consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85, 754-757.
- Kendal, E., Karaman, M., Tekdal, S., & Dogan, S. (2019). Analysis of promising barley (*Hordeum vulgare* L.) lines performance by AMMI and GGE biplot in multiple traits and environment. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 5219-5233.
- Koocheki, A. R., Sorkhilaleloo, B., & Eslamzadeh Hesari, M. R. (2012). Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28(4), 533-543. [In Persian]
- Moayyedi, A., Najafi Mirak, T., Taherian, M., Sasani, S., & Amin Azarm, D. (2020). Evaluation of grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) promising lines in moderate regions of Iran. *Journal of Agroecology*, 12(2), 345-358. [In Persian]
- Mohammadi, R., Armion, M., Sadeghzadeh, B., Golkari, S., Khalilzadeh, Gh., Ahmadi, H., Abedi-Asl, Gh., & Eskandari, M. (2016a). Assessment of grain yield stability and adaptability of rainfed durum wheat breeding lines. *Applied Field Crops Research*, 29(4), 25-42. [In Persian]
- Mortazavian, S. M. M., Nikkhah, H.R., Hassani, F. A., Sharif-al-Hosseini, M., Taheri, M., & Mahlooji, M. (2014). GGE Biplot and AMMI Analysis of Yield Performance of Barley Genotypes across Different Environments in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16, 609-622.
- Omrani, S., Mohammad Naji, A., & 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]
- Pacheco, A., Rodríguez, F., Alvarado, G., & Burgueño, J. (2017). ADEL-R. Analysis and design of experiments with R for Windows. Version 2.0, <https://hdl.handle.net/11529/10857>, CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V3.
- Pacheco, A., Vargas, M., Alvarado, G., Rodríguez, F., Crossa, J., & Burgueño, J. (2015). GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Version 4.1, <https://hdl.handle.net/11529/10203>, CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V16.
- Pourdard, S. S., & Jamshid Moghaddam, M. (2013). Study on genotype × environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain-fed condition. *Journal of Crop Breeding*, 5 (12): 1-14. [In Persian]
- Ramzi, E., Asghari, A., Sofalian, O., Mehraban, A., & Ebadi, A. (2021). Evaluation of grain yield stability and genotype- environment interaction of barley promising lines in warm and humid regions of the country. *Crop Breeding*, 12(36), 57-65.
- Rose, I.V.L.W., Das M. K., & Taliaferro, C.M. (2008). A comparison of dry matter yield stability assessment methods for small numbers of genotypes of bermudagrass. *Euphytica*, 164, 19–25.
- Saeidnia, F., Taherian, M., & Nazeri, M. (2023). Graphical analysis of multi-environmental trials for wheat grain yield based on GGE-biplot analysis under diverse sowing dates. *BMC Plant Biology*, 23(198), 1-16.
- Samonte, S.O.P.B., Wilson, L. T., McClung, A. M., & Medley, J. C. (2005). Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. *Crop Science*, 45, 2414–2424.
- Taherian, M. (2023). Identification of superior barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) based on yield stability and optimal agronomic traits in Khorasan Razavi province. *Journal of Crop Breeding*, 15(47), 174-185. [In Persian]
- Taherian, M., Nikkhah, H.R., Aghnoum, R., Sharifi Alhoseini, M., Mahlooji, M., Taheri Mazandrani, M., Tabatabaei, S. A., & Hassani, F. (2022). Graphical analysis of grain yield stability for selection of superior barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in temperate regions of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 24(1), 64-78. [In Persian]
- Taheripourfard, Z., Izadi- Darbandi, A., Ghazvini, H., Ebrahimi, M., Mortazavian, S. M. M., & Abdipour, M. (2017). Identifying superior barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using GGE-biplot across warm and moderate environments under irrigated conditions in Iran. *Crop Breeding Journal*, 7(1 & 2), 23-35.
- Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, A., Armion, M., Mehraban, A., HosseinPour T., & Dorii, M. (2017). GGE Biplot and AMMI Analysis of Barley Yield Performance in Iran. *Cereal Research Communications*, 45(3), 500-511.
- Yan, W. (2001). GGE biplot—A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93, 1111–1118.

- Yan, W., & Kang, M.S. (2003). GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Yan, W., & Rajcan, I. (2002). Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42, 11-20.
- Yan, W., & Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86, 623–645.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., & Szlavnic, Z. (2000). Genotype evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40, 597–605.
- Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., & 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.