Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 47, Autumn 2023 p: 174-185

"Research Paper"

Identification of Superior Barley Genotypes (*Hordeum vulgare* L.) Based on Yield Stability and Optimal Agronomic Traits in Khorasan Razavi Province

Majid Taherian

Assistant Professor of Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
Received: 2 April, 2022 Accepted: 26 March, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: Barley (*Hordeum vulgare* L.) ranks second in terms of cultivated area in Iran after wheat, and according to the latest statistics of the Ministry of Agriculture Jihad (2019), its cultivated area in the country is reported to be 1.547 million hectares, which the amount the production of seeds was 3.514 million tons. The objective of this study was to select the superior barley genotypes based on grain yield and its stability, and also yield components, and important yield-related agronomic traits in temperate regions of Khorasan Razavi province.

Materials and Methods: To identify the optimal genotypes of barley, three promising lines along with Nusrat, Yusuf, Gohran, and Rihan cultivars in the form of randomized complete block design with five replications in three cities of Firouzeh, Bardeskan (Anabod sector) and Khalilabad (Kander sector) during the crop year 2018-2019 were cultivated and studied. Several main traits i.e., number of spikes per unit area, number of kernels per spike, plant height, thousand kernel weight, biological yield, harvest index, and grain yield were recorded. GGE (genotype and genotype×environment) biplot analysis and genotype×function×trait biplot analysis were used to investigate the objectives of this research.

Results: Based on the results of stability analysis, the promising line MB95-4 was the Ideal genotype, and the closest genotype to it was the promising line MB95-11. In this study, GYT bioplate was used to identify desirable genotypes based on several traits simultaneously. Based on the results, the promising lines MB95-4 and MB95-11 promising lines were the best in combining grain yield with the evaluated traits, respectively. According to the GYT index, the promising lines MB95-4 and MB95-11 had the highest values, respectively. On the other hand, these two lines did not have negative values for combined yield with different traits. This indicated the relative superiority of these cultivars in combining grain yield with the evaluated traits. The value of the GYT index for the Goharan cultivar was close to zero (0.01) and this means that this cultivar had average values of traits in this study.

Conclusion: In general, based on the results of this study, the best genotypes in temperate regions of Khorasan Razavi province based on grain yield and its stability as well as yield components and important agronomic traits were MB95-4 and MB95-11 promising lines.

Keywords: Effective trait, Genotype×environment interaction, GYT biplot (Genotype, yield, trait) Ideal genotype

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر جو (*Hordeum vulgare* L.) براساس پایداری عملکرد و صفات مطلوب زراعی در استان خراسان رضوی

مجید طاهریان

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 مسوول: taherian.m@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۶

صفحه: ۱۷۴ تا ۱۸۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: جو (Hordeum vulgare L.) بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت در ایران مقام دوم را دارد و طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۹) سطح زیر کشت آن در کشور ۱/۵۴۷ میلیون هکتار گزارش شده است که از این سطح مقدار تولید دانه ۳/۵۱۴ میلیون تن بوده است. هدف از این پژوهش گزینش بهترین ژنوتیپ‌های جوی مورد بررسی براساس عملکرد دانه و پایداری آن و همچنین اجزای عملکرد و صفات مهم زراعی مرتبط با عملکرد در مناطق معتدل استان خراسان رضوی بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب جو، سه لاین امیدبخش به همراه ارقام نصرت، یوسف، گوهران و ریحان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار در سه شهرستان فیروزه، بردسکن (بخش انابد) و خلیل‌آباد (بخش کندر) طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. از تجزیه GGE (ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط) بای‌پلات، تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت جهت بررسی اهداف این پژوهش استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه پایداری، لاین امیدبخش MB95-4 به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب بوده و نزدیک‌ترین ژنوتیپ به آن، لاین امیدبخش MB95-11 بود. در این پژوهش از GYT (ژنوتیپ×عملکرد×صفت) بای‌پلات جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب براساس چندین صفت به‌طور همزمان استفاده شد. براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 به‌ترتیب در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بهترین بودند. براساس شاخص GYT (ژنوتیپ×عملکرد×صفت)، لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 به‌ترتیب بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. از طرفی این دو لاین فاقد مقادیر منفی برای ترکیب عملکرد با صفات مختلف بودند. این امر بیانگر برتری نسبی این ارقام در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بود. مقدار شاخص GYT برای رقم گوهران نزدیک به صفر (۰/۰۱) بود و بدین مفهوم است که این رقم دارای مقادیر متوسط صفات مورد ارزیابی در این پژوهش بوده‌است.

نتیجه‌گیری: در مجموع براساس نتایج این پژوهش بهترین ژنوتیپ‌ها در مناطق معتدل استان خراسان رضوی براساس عملکرد دانه و پایداری آن و نیز اجزای عملکرد و صفات مهم زراعی لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، ژنوتیپ مطلوب، صفت تاثیرگذار، GYT (ژنوتیپ×عملکرد×صفت) بای‌پلات

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت در ایران مقام دوم را دارد و طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۹) سطح زیر کشت آن در کشور ۱/۵۴۷ میلیون هکتار (آبی ۶۲۱۹۴۰ هکتار و دیم ۹۲۵۴۳۴ هکتار) گزارش شده است که از این سطح مقدار تولید دانه ۳/۵۱۴ میلیون تن بوده است. متوسط عملکرد این گیاه در هکتار در شرایط آبی ۳۷۶۳ و در شرایط دیم ۱۲۶۸ کیلوگرم در هکتار بوده است (Service 1963). در سال جاری (۱۴۰۱) کمبود تولید جو بیش از پیش احساس شده و در طرح جامع علوفه کشور برنامه ریزی افزایش تولید آن در بلند مدت لحاظ شده است. از طرفی با توجه به کم توقعی محصول 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.

پژوهشگر، در یک برنامه اصلاحی ارزیابی ژنوتیپ‌ها با دو چالش اصلی مواجه است ۱) اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای صفت هدف ۲) روابط نامطلوب بین صفات هدف. جهت تعیین اثر متقابل ژنوتیپ× محیط در یک صفت، GGE[1] (ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط) بای‌پلات روش مناسبی می‌باشد (Yan and Kang, 2002). اما چالش روابط نامطلوب بین صفات کلیدی ناشی از این حقیقت است که معمولا صفات هدف همبستگی نامطلوبی دارند، به‌طوری‌که بهبود در یک صفت اغلب به کاهش در یک یا بیش از یک صفت دیگر منجر می‌شود (Yan, Frégeau-Reid *et al*. 2019).

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در برنامه های به‌نژادی همواره به دلیل تغییرات محیطی در مناطق هدف و اثر متقابل این تغییرات با ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشکل می‌باشد. بنابراین 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 and Rajcan,2002). یک ژنوتیپ معمولا 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 کنش بین ژنوتیپ و محیط ایجاد می‌شود تحت عنوان اثرات متقابل ژنوتیپ×محیط شناخته شده است (Mohammadi and Amri, 2016). چنانچه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط معنی‌دار باشد به‌نژادگر نیازمند شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با میزان تولید نسبتا ثابت در دامنه‌ای از محیط‌های هدف می‌باشد (Taherian, Bihamta *et al*. 2019). پایداری ممکن است به‌صورت ایستا و یا پویا باشد. پایداری ایستا حالتی است که در آن ژنوتیپ‌ها تمایل به حفظ عملکرد یکسان در همه محیط‌ها را دارند و در پایداری پویا، اگر

1- Genotype and Genotype by Environment biplot

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

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 می‌باشد (Becker and Leon, 1988).

از میان روش‌های چند متغیره تجزیه پایداری می‌توان به روش بای‌پلات که مبتنی بر تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌باشد اشاره نمود (Gabriel 1971). روش GGE بای‌پلات (GGE biplot)، اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط (GE) را با هم حفظ کرده و GGE را به دو جزء ضربی تجزیه می‌کند (Yan, Hunt *et al*. 2000). در روش بای‌پلات ژنوتیپ‌ها و محیط و اثر متقابل آن‌ها به‌طور همزمان در یک نمودار که بای پلات نامیده می‌شود نمایش داده می‌شوند. آنچه که در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار حائز اهمیت می‌باشد این است که اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده اما قابل بهره‌برداری نیست، بنابراین حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط حائز اهمیت است (Yan and Kang 2002). تنها اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط است که در گزینش لاین‌های با پایداری عملکرد اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط باید به صورت 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 نموده 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 (Barati, Zali *et al*. 2021؛ Hudzenko, Demydov *et al*. 2019؛ Kendal, Karaman *et al*. 2019؛ Koocheki, Sorkhilaleloo *et al*. 2012؛ Mortazavian, Nikkhah *et al*. 2014؛ Taheripourfard, Izadi-Darbandi *et al*. 2017؛ Vaezi, Pour-Aboughadareh *et al*. 2017) گندم نان (Ahmadi, Mohammadi *et al*. 2012؛ Mohammadi, Hosseinpour *et al*. 2016؛ Omrani, Naji *et al*. 2017؛ Pour-Aboughadareh, Barati *et al*. 2023؛ Nikkhah, Tajali *et al*. 2022) و گندم دوروم (Armion *et al*. 2016؛ Mohammadi,)، گزارش شده است.

کندال و همکاران، ۱۲ لاین امیدبخش جو را در هفت منطقه طی دو سال زراعی با استفاده از روش‌های AMMI و GGE بای‌پلات بررسی کردند. آن‌ها در این پژوهش، یک ژنوتیپ با سازگاری عمومی را معرفی کردند و همچنین دو ژنوتیپ را به‌عنوان والد در بررسی‌های بعدی گزینش کردند (Kendal, Karaman *et al*. 2019).

طاهری‌پور فرد و همکاران، بیست لاین امیدبخش جو را در شش منطقه معتدل و گرم کشور به مدت دو سال با استفاده از روش GGE بای‌پلات ارزیابی کردند. مجموع مربعات محیط، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و اثر ژنوتیپ به‌ترتیب ۴۹/۳، ۲۵/۱ و ۴/۴ درصد از مجموع مربعات کل را تشکیل دادند. ۱۲ محیط در سه ابر محیط قرار گرفتند و در هر ابرمحیط یک ژنوتیپ دارای برتری بود. در مجموع یک لاین امیدبخش که از نظر عملکرد بالا و پایداری مطلوب بود، برای تمام محیط‌ها توصیه شد (Taheripourfard, Izadi-Darbandi *et al*. 2017).

ارزیابی ژرم‌پلاسم و گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب باید براساس صفات تاثیرگذار به‌طور همزمان و لذا اهداف به‌نژادی باشد(Yan, Frégeau-Reid *et al*. 2019). در اغلب محصولات با وجود این‌که عملکرد هدف اصلی به‌نژادی می‌باشد، سایر صفات زراعی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

در صورتی ارزش اقتصادی یک صفت بالاتر است که با عملکرد بیشتر همراه باشد. در واقع، هدف به نژادی عملکرد بالا و قابل قبول همراه با سطوح مطلوب دیگر صفات در ژنوتیپ می‌باشد. به همین منظور روش بای‌پلات ژنوتیپ ×عملکرد×صفت (GYT) برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت پیشنهاد شده است (Yan and Frégeau-Reid 2018). بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت (GYT) براساس این مفهوم است که عملکرد مهم‌ترین صفت است و دیگر صفات تنها زمانی اهمیت دارند که با عملکرد دانه بالا همراه باشند (Yan and Frégeau-Reid 2018؛ Yan, Frégeau-Reid *et al*. 2019).

شاخص GYT برتری کلی را اندازه‌گیری می‌کند و برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. شاخص GYT نسبت به شاخص‌های انتخاب کلاسیک برتر می‌باشد زیرا براساس این مفهوم است که عملکرد مهم‌ترین صفت است و در صورتی سطوح بالای دیگر صفات ارزشمندتر می‌شوند که با عملکرد بالا همراه باشند. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص GYT از انتخاب و توصیه ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین ممانعت می‌کند (Yan, Frégeau-Reid *et al*. 2019).

کاربرد GYT بای‌پلات به‌عنوان یک روش سودمند در گزینش ارقام مناسب برای جو (Karahan and Akgün 2020؛ Kendal 2020؛ Al-Abdallat, Karadsheh *et al*. 2017)، گندم نان (Merrick, Glover *et al*. 2020؛ Rahmati and Ahmadi 2020)، گندم دوروم (Mohammadi 2019) گزارش شده است.

هدف از این پژوهش گزینش بهترین ژنوتیپ‌های جو براساس عملکرد دانه و پایداری آن و سایر صفات زراعی مرتبط با عملکرد در مناطق معتدل استان خراسان رضوی بود.

مواد و روش‌ها

چهار رقم و سه لاین امیدبخش جو (جدول ۱)، در قالب طرح بلوکهای کـامل تصادفی در پنج تکرار در سه شهرستان فیروزه، خلیل‌آباد (منطقه کندر) و بردسکن (منطقه انابد) واقع در استان خراسان رضوی طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

جدول ۱- نام ارقام و لاین‌های امید بخش جو

Table 1. The name of barley cultivars and promising lines

کد ژنوتیپ‌ها Genotype code	نام ژنوتیپ‌ها The name of genotypes
1	ریحان (Rihan)
2	یوسف (Yusef)
3	گوهران (Goharan)
4	نصرت (Nosrat)
5	MB95-4
6	MB95-5
7	MB95-11

بذور آزمایشی قبل از کاشت به‌منظور جلوگیری از بیماری سیاهک پنهان با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضد عفونی گردیدند. میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۳۵۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر رقم و لاین تعیین گردید. کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری بصورت نشتی انجام گرفت. نوع و میزان کود بر اساس آزمون خاک مصرف گردید. کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم بصورت پایه و کود ازته از منبع اوره بصورت پایه و سرک به مصرف رسیدند. تاریخ کشت در هر منطقه نیمه آبان بود. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، مخلوطی از علف کشهای گرانستار و پوما سوپر به‌ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه زنی تا ساقه رفتن استفاده شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت بود.

بررسی پایداری ارقام و لاین ها با استفاده از روش چند متغیره GGE بای‌پلات انجام شد. مدل استفاده شده در GGE بای‌پلات به صورت رابطه ۱ بوده است:

رابطه (۱) $Yij - \mu - \beta j = gi1e1j + gi2e2j + \varepsilon ij$

gi1 و e1j: نمره‌های اولیه برای ژنوتیپi و محیط j، gi2 و e2j: نمره‌های ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j و εij: باقیمانده‌ای است که به‌وسیله اثرات اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود. یک بای‌پلات GGE با رسم gi1 در مقابل gi2 و e1j در مقابل e2j در یک نمودار پراکنش، رسم شد. نمره‌های اولیه از طریق تجزیه مقدار منفرد (Singular Value Decomposition; SVD) به‌صورت رابطه ۲ تبدیل شدند:

رابطه (۲) $Yij - \mu - \beta j = \lambda 1\xi i1\eta 1j + \lambda 2\xi i2\eta 2j + \varepsilon ij$

λ1 و λ2: به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC1 و PC2)، ξi1 و ξi2: به‌ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ iام برای PC1 و PC2 و η1j و η2j : به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC1 و PC2 می‌باشند (Yan 2001؛ Yan, Hunt *et al*. 2000).

برای ارزیابی خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد بررسی و مطالعه همبستگی بین ترکیبات عملکرد با صفات مختلف از مدل بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت (GYT biplot) استفاده شد. مدل آماری این روش بر پایه رابطه ۳ می‌باشد (Omrani, Naji *et al*. 2017).

رابطه (۳) $$\frac{T_{ij} - \overline{T_j}}{S} = \lambda_1^j \xi_{i1}\tau_{1j} + \lambda_2\xi_{i2}\tau_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

که در آن T_{ij} ارزش متوسط ژنوتیپ i برای ترکیب عملکرد و صفت j، $\overline{T_j}$ ارزش متوسط ترکیب عملکرد و صفت j روی همه ژنوتیپ‌ها، S_j انحراف استانداردترکیب عملکرد و صفت j بین میانگین‌های ژنوتیپ، λ_1 و λ_2 به‌ترتیب مقادیر منفرد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، ξ_{i1} و ξ_{i2} به‌ترتیب نمره‌های PC1 و PC2 برای ژنوتیپ i، τ_{1j} و τ_{2j} نمره‌های PC1 و PC2 برای ترکیب عملکرد و صفت j و ε_{ij} باقیمانده مدل بوده است. با توجه به این‌که صفات مختلف واحدهای متفاوت دارند، در ابتدا استانداردسازی داده‌ها برای از بین بردن واحدها صورت گرفت . استانداردسازی با استفاده از تبدیل متغیر به Z انجام شد.

جدول GYT بر اساس ترکیب هر صفت و عملکرد دانه طبق روش یان و فرجورید (۲۰۱۸) بدست آمد. شاخص GYT هرژنوتیپ نیز از محاسبه میانگین ترکیبات صفت -عملکرد دانه آن بر اساس جدول GYT استاندار شده بدست آمد (Yan, Frégeau-Reid *et al*. 2019).

به‌منظور رسم نمودارهای GGE بای‌پلات، GYT بای‌پلات و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم‌افزارهای ADEL-R (Pacheco, Rodriguez *et al*.) و GEA-R (Yashavanthakumar, Baviskar *et al*. 2021) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی منطقه و ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×منطقه برای عملکرد دانه و سایر صفات زراعی از نظر آماری معنی‌دار بودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات در سه منطقه

Table 2. Combined analysis of variance for traits in three regions

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square: عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تعداد سنبله Number of spikes	تعداد دانه در سنبله Number of kernels in spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weights	ارتفاع بوته Plant height	شاخص برداشت Harvest index
منطقه Region	2	3.73**	378.07**	550873.11**	913.43**	131.84**	2974.41**	4137.39**
بلوک در منطقه Block in region	12	0.13	0.63	2207.55	3.42	1.66	11.95	7.84
ژنوتیپ Genotype	6	3.34**	16.13**	65281.08**	112.81**	28.59**	119.69**	38.77**
ژنوتیپ × منطقه Genotype×region	12	0.43**	51/5**	26954.58**	66.39**	20.27**	202.28**	55.54**
خطا Erorr	72	0.16	0.93	2103.33	4.04	3.6	19.48	6.1
CV%	–	6.61	7.09	6.33	5.62	4.64	4.86	5.3

میانگین عملکرد دانه لاین‌های جو در مجموع سه منطقه آزمایش، در دامنه‌ای بین ۵/۴۸۷ (رقم یوسف) تا ۶/۸۳۸ (لاین شماره ۴) تن در هکتار قرار داشت. میانگین کل عملکرد دانه برای مناطق اجرای آزمایش ۶/۰۶۵ تن در هکتار بود (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه (تن/هکتار) ژنوتیپ‌های جو در مناطق اجرای آزمایش

Table 3. Mean of grain yield (t/ha) of barley genotypes in regions of trials

ژنوتیپ Genotype	انابد Anabad	کندر Kondor	فیروزه Firoozeh	میانگین Mean
ریحان(Rihan)	5.498^{d}	5.656^{cd}	5.483^{bc}	5.545^{d}
یوسف(Yusef)	5.900^{cd}	4.865^{e}	5.697^{bc}	5.487^{d}
گوهران(Goharan)	6.600^{b}	5.900^{bcd}	6.055^{abc}	6.185^{bc}
نصرت(Nosrat)	6.650^{ab}	5.560^{d}	5.867^{bc}	6.025^{c}
MB95-4	7.222^{a}	6.732^{a}	6.556^{a}	6.838^{a}
MB95-5	6.444^{bc}	6.051^{bc}	5.433^{c}	5.976^{c}
MB95-11	6.777^{ab}	6.299^{b}	6.111^{ab}	6.396^{b}
میانگین (Mean)	6.442^{a}	5.867^{b}	5.886^{b}	6.065

جدول ۴- میانگین کل صفات زراعی ژنوتیپ‌های جو در مناطق اجرای آزمایش

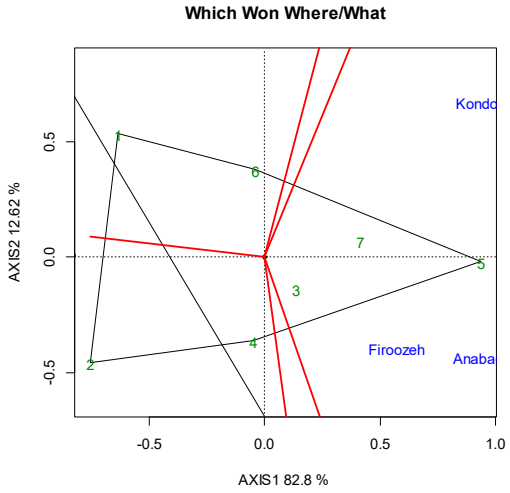
Table 4. Total mean of agronomic traits of barley genotypes in regions of trials

ژنوتیپ Genotype	عملکرد بیولوژیک (تن/هکتار) Biological yield (t/ha)	وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weights (gr)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes	تعداد دانه در سنبله Number of kernels in spike	شاخص برداشت Harvest index
ریحان (Rihan)	12.64^{ef}	40.93^{b}	90.53^{bc}	632.27^{d}	35.78^{C}	45.78^{c}
یوسف (Yusef)	12.08^{f}	42.59^{a}	87.86^{c}	651.27^{d}	37.35^{ab}	47.95^{ab}
گوهران (Goharan)	13.11^{de}	42.43^{a}	87.2^{c}	732.13^{c}	31.89^{d}	47.05^{abc}
نصرت (Nosrat)	13.55^{cd}	40.64^{b}	90.33^{bc}	724.80^{c}	32.06^{d}	46.95^{abc}
MB95-4	14.13^{bc}	40.95^{b}	92.8^{ab}	816.13^{a}	38.09^{ab}	48.46^{a}
MB95-5	14.89^{a}	38.48.^{c}	91.73^{b}	752.13^{bc}	38.51^{a}	43.62^{d}
MB95-11	14.61^{ab}	40.32^{b}	95.4^{a}	779.87^{b}	36.77^{bc}	46.01^{bc}
میانگین (Mean)	13.57	40.90	90.84	726.94	35.78	46.54

بر اساس نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات، سهم مؤلفه اصلی اول از تغییرات کل ۸۲/۸ و سهم مولفه اصلی دوم ۱۲/۶۲ درصد و این دو مولفه در مجموع حدود ۹۵/۴۲ درصد از کل تنوع موجود را توجیه کردند (شکل ۱). طاهری‌پور فرد و همکاران (Taheripourfard, Izadi-Darbandi *et al.* 2017) در ارزیابی پایداری عملکرد بیست ژنوتیپ جو در دوازده محیط بیان کردند که دو مولفه اول حاصل از تجزیه GGE بای‌پلات ۴۶ درصد تغییرات را توجیه کرد، در حالی‌که در بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو در ۹ محیط توسط هودزنکو و همکاران (Hudzenko, Demydov *et al*. 2019)، دو مولفه اول حاصل از GGE بای پلات حدود ۷۰/۲۹ درصد تغییرات را توجیه کردند. اگر بیشتر تنوع موجود توسط مجموع مؤلفه های اصلی اول و دوم قابل توجیه نباشد، نشان دهنده ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ×محیط بوده اما این به مفهوم بی‌اعتبار بودن بای پلات نیست (Yan and Tinker 2006). در نمایش نموداری اثر متقابل ژنوتیپ×محیط هفت ژنوتیپ جو،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

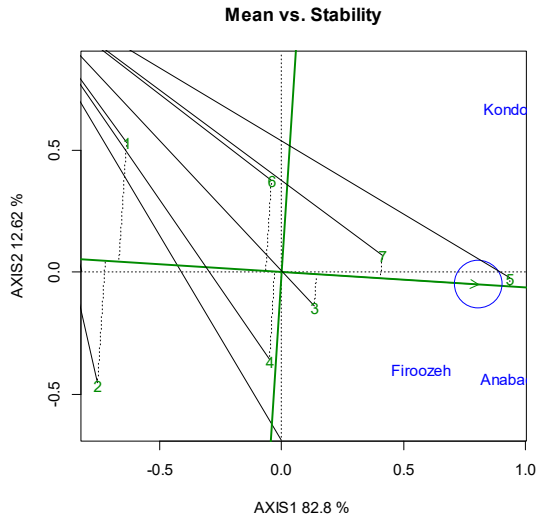
ژنوتیپ‌هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات داشتند، به‌وسیله تعدادی خطوط مستقیم به هم وصل شده و سایر ژنوتیپ‌ها در درون چند ضلعی قرار گرفته‌اند. ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چند ضلعی قرار دارند دارای بیشترین عکس‌العمل بوده و از لحاظ عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در یک یا چند محیط محسوب می‌شوند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند (Yan and Kang 2002). از مرکز بای‌پلات، بر هر ضلع چند ضلعی یک خط عمود رسم می‌شود که بای‌پلات را به چندین بخش تقسیم می‌کند و بدین ترتیب محیط‌ها در بخش‌های یکسان و یا متفاوتی واقع می‌شوند. بررسی نمودار چند ضلعی به‌منظور تعیین لاین‌های برتر در محیط‌های مختلف (شکل ۱) نشان داد که ارقام ریحان (ژنوتیپ شماره ۱) و یوسف (ژنوتیپ شماره ۲) و لاین امیدبخش MB95-4 (ژنوتیپ شماره ۵) در رئوس چند ضلعی قرار داشتند. براساس شکل ۱ مناطق در یک گروه و ژنوتیپ‌ها در سه گروه مجزا قرار گرفتند. ژنوتیپ برتر در سه منطقه آزمایش ژنوتیپ MB95-4 بود. ژنوتیپ‌های موجود در هر گروه شباهت زیادی به یکدیگر داشتند. به‌عنوان مثال لاین امیدبخش MB95-11 (ژنوتیپ شماره ۷) در هر سه منطقه آزمایش از نظر عملکرد و سازگاری مشابه ژنوتیپ برتر MB95-4 بودند. در میان ارقام نیز رقم گوهران (ژنوتیپ شماره ۳) در این گروه محیطی قرار داشت و نسبت به بقیه ارقام برتر بود. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، نشان‌دهنده اثر متقابل کراس اوری است که در آن رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، متفاوت هستند (Yan and Tinker 2006). هرچند ارقام ریحان (ژنوتیپ شماره ۱) و یوسف (ژنوتیپ شماره ۲) در راس چند ضلعی قرار داشتند، اما هیچ مکانی در اطراف آن‌ها وجود نداشت و این موضوع نشان می‌دهد که این لاین‌ها در اکثر مناطق مورد بررسی عملکرد ضعیفی داشتند. طاهری‌پور فرد و همکاران (Taheripourfard, Izadi-Darbandi *et al*. 2017)، ۲۰ لاین امیدبخش جو را در شش محیط با استفاده از روش GGE بای‌پلات ارزیابی کردند. شش محیط در سه ابر محیط قرار گرفتند و در هر ابرمحیط یک ژنوتیپ دارای برتری بود.



شکل ۱- چند ضلعی GGEبای پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر جو در مناطق مختلف.
Figure 1. Polygon of GGE biplot to determine the superior barley genotypes in different regions

در شکل ۲ محور عمودی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و میزان سازگاری آن‌ها در ۳ منطقه، در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس لاین‌های MB95-4 (ژنوتیپ شماره ۵) MB95-11 (ژنوتیپ شماره ۷) ژنوتیپ برتر (عملکرد و پایداری مطلوب) بودند و در میان ارقام نیز رقم گوهران (ژنوتیپ شماره ۳) از عملکرد و پایداری عملکرد مناسبی برخوردار بود. براساس بای‌پلات مذکور و با توجه به این‌که محور عمودی بیانگر میانگین عملکرد هر ژنوتیپ است، ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست این محور قرار داشتند از نظر عملکرد برتر از میانگین و ژنوتیپ‌هایی که در سمت چپ این خط قرار داشتند عملکرد کمتری از میانگین کل داشتند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

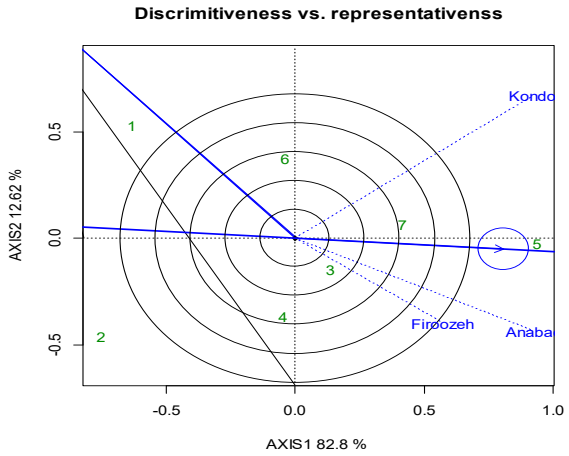


شکل ۲- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌های جو
Figure. 2. Biplot of the average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of grain yield and stability of barley genotypes

شکل ۳ نشان می‌دهد بین مناطق فیروزه و انابد تشابه خیلی زیادی وجود داشت. زاویه بین این دو منطقه بسیار تند بود که نشان دهنده رفتار مشابه این محیط‌ها در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. زاویه دو منطقه مذکور با منطقه کندر هرچند حاده بود ولی حاکی از همبستگی کمتر این دو منطقه با کندر بود. حداکثر زاویه بین محیط‌ها، مربوط به دو منطقه فیروزه و کندر بود که حاکی از همبستگی کمتر آن‌ها بود. هرچند که آزمایش‌های چند محیطی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، ولی می‌توان آن‌ها را جهت ارزیابی محیط‌ها نیز به کار برد. یک محیط ایده‌آل باید به وضوح 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: اول توانایی بالا در جداسازی و تمایز بین ژنوتیپ‌ها و دوم نماینده بودن برای سایر محیط‌های مورد آزمون (Yan and Kang 2002؛ Yan and Tinker 2006)). این مفهوم از محیط‌های ایده‌آل برای محصولات مختلف از جمله ذرت (Fan, Kang *et al*. 2007)، پنبه (Blanche and Myers 2006؛ Baxevanos, Goulas *et al*. 2008) و گندم دوروم (Mohammadi, Armion *et al*. 2016) مورد استفاده قرار گرفته است. توانایی جداسازی و تمایز یک محیط، به قادر 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 (Yan and Tinker 2006 ؛Blanche and Myers 2006).

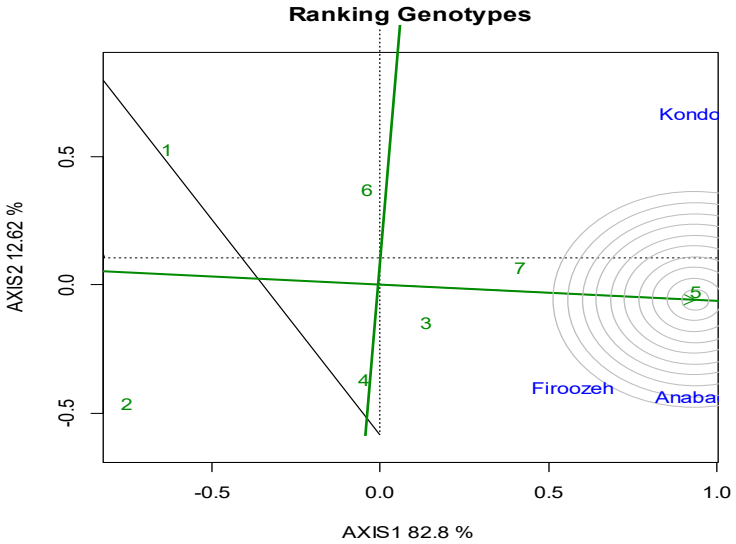
بنابراین یک محیط ایده‌آل باید تلفیقی از دو ویژگی مذکور را برای توسعه مواد ژنتیکی سازگار داشته باشد. این ویژگی‌ها در مدل GGE بای‌پلات تحت عنوان " توانایی جداسازی محیط‌ها در مقابل نماینده بودن آن‌ها " بیان شده است (Yan and Kang 2002؛ Yan and Tinker 2006). در شکل ۳ دایره کوچک نشان داده شده بر روی محور افقی پیکان‌دار، جایی است که بایستی محیط ایده‌آل قرار گیرد. این نقطه به‌عنوان محیط ایده‌آل مجازی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین هر چه طول بردار محیطی بیشتر و فاصله آن به محور افقی کمتر باشد محیط مورد نظر به محیط ایده‌آل نزدیک‌تر خواهد بود (Yan 2001). طول بردار محیطی بزرگ‌تر بیانگر این است که توانایی آن محیط در جداسازی ژنوتیپ‌ها از یکدیگر زیاد می‌باشد از لحاظ میزان نماینده بودن، محیط‌هایی که دارای کوچک‌ترین زاویه با محور افقی پیکان‌دار هستند، نماینده بهتری برای سایر محیط‌ها می‌باشند. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، منطقه انابد و بعد از آن منطقه فیروزه دارای کمترین زاویه با محور افقی پیکان‌دار هستند. بنابراین محیط‌های مذکور از لحاظ نماینده بودن برای ژنوتیپ‌های جو، بیشترین قابلیت را داشتند. اما طول بردار محیطی کوچک‌تر نشان می‌دهد که آن محیط، از توانایی کمتری در جداسازی و تمایز بین ژنوتیپ‌ها برخوردار است، بنابراین از بین سه منطقه آزمایش، منطقه انابد از بیشترین قابلیت در جداسازی و شناسایی تفاوت بین ژنوتیپ‌های جو برخوردار بود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]



شکل ۳- روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر "قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن" آن‌ها
Figure 3. The relationship among different environments and comparison of them in terms of “discriminative vs. representative of testers”

یک ژنوتیپ مطلوب باید دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در محیط های مورد مطالعه و عملکرد پایدار نسبت به شرایط محیطی باشد (Yan and Rajcan 2002). چنین ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپی که دارای بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا و دارای حداقل نقش در پدیده اثر متقابل ژنوتیپ×محیط باشد تعریف شده است. ژنوتیپ ایده‌آل از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد (Yan 2001). فاصله لاین‌ها از ژنوتیپ مطلوب، میزان مطلوبیت آن‌ها را مشخص می‌کند. نتایج نشان داد لاین امیدبخش MB95-4 (ژنوتیپ شماره ۵) را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب در نظر گرفت و در مرحله بعد نزدیک‌ترین ژنوتیپ به آن لاین MB95-11 (ژنوتیپ شماره ۷) بود. از طرف دیگر ارقام ریحان و یوسف به‌عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند (شکل ۴). کندال و همکاران (Kendal, Karaman *et al*. 2019) ۱۲ لاین امیدبخش جو را در هفت محیط با استفاده از روش GGE بای‌پلات بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از بای‌پلات رتبه ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپ G4 را به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل انتخاب کردند که در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار داشت و شش ژنوتیپ دیگر که در خارج از مرکز دوایر متحدالمرکز ولی در سمت راست محور عمودی و نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب شناسایی شدند.



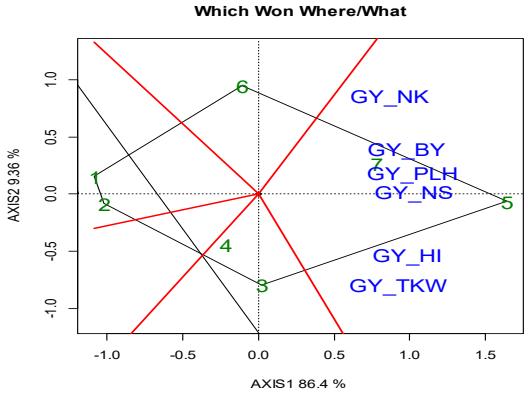
شکل ۴ – بای پلات مقایسه ژنوتیپ‌های جو با ژنوتیپ مطلوب بر مبنای عملکرد و پایداری عملکرد دانه
Figure 4. Biplot of barley genotypes in comparison with ideal genotype based on grain yield and stability

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت

بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت از ترکیب عملکرد با شش صفت مربوط به هفت ژنوتیپ در هر سه منطقه اجرای آزمایش به‌دست آمد. بای‌پلات GYT در مجموع ۹۵/۷۶ درصد از کل تغییرات داده‌های استاندارد شده را توجیه نمود. این بای‌پلات نشان داد که لاین امیدبخش MB95-4 (ژنوتیپ شماره ۵) و بعد از آن لاین امیدبخش MB95-11 (ژنوتیپ

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

شماره ۷) از نظر عملکرد دانه و سایر صفات موثر بر عملکرد، برترین ژنوتیپ‌ها بودند. (شکل). رحمتی و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی ۱۶ ژنوتیپ گندم در دو منطقه در استان لرستان گزارش کردند که بای‌پلات GYT ۹۱/۶ درصد از کل تنوع را توجیه کرده و براساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده دو رقم برتر راشناسایی کردند.

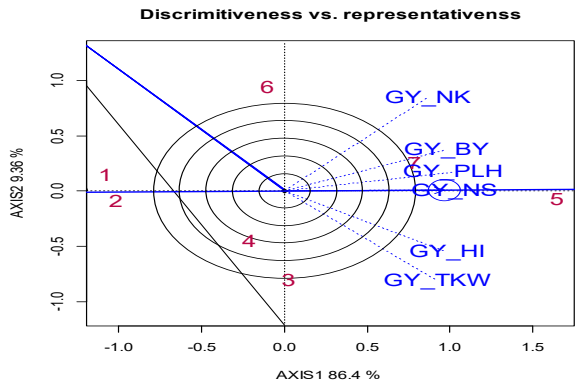


شکل ۵- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت ژنوتیپ‌های جو
Figure. 5. Polygon view of GYT biplot for barley genotypes

ارزیابی همبستگی بین صفات

از آنجایی‌که عملکرد به‌عنوان یک مؤلفه در همه ترکیبات صفت-عملکرد وجود دارد، ترکیبات صفت-عملکرد به همبستگی مثبت تمایل دارند. همبستگی بسیار قوی بین Y*NS (عملکرد دانه×تعداد سنبله)، Y*PLH (عملکرد دانه×ارتفاع بوته) و Y*BY (عملکرد دانه×عملکرد بیولوژیک) وجود داشت که نشان‌دهنده اهمیت این صفات در ترکیب با عملکرد دانه برای بهبود تولید برخی ژنوتیپ‌ها از جمله لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 بود (شکل ۶). همچنین همبستگی بسیار قوی بین Y*TKW و Y*HI وجود داشت که بیانگر سودمندی بالای ترکیب وزن هزار دانه و شاخص برداشت با عملکرد دانه برای بهبود تولید در برخی ژنوتیپ‌ها می‌باشد (شکل ۶). احتمالا افزایش وزن هزار دانه از طریق افزایش شاخص برداشت باعث افزایش عملکرد می‌گردد. محمدی (۲۰۱۹) با بررسی بای‌پلات GYT در سه سال زراعی برای ۱۷ ژنوتیپ گندم دوروم به نتایج مشابهی دست یافت و ترکیب وزن هزار دانه و ارتفاع بوته با عملکرد دانه را برای افزایش تولید ژنوتیپ‌ها سودمند دانست.

یکی از مزایای بای‌پلات GYT این است که با استفاده از آن می‌توان صفات با تاثیر کمتر بر عملکرد را به‌منظور کاهش هزینه اندازه‌گیری صفات در آزمایشات مزرعه‌ای شناسایی نمود (Mohammadi, 2019). با توجه به همبستگی قوی بین تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک می‌توان اظهار نمود که اندازه‌گیری یکی از این صفات (از جمله تعداد سنبله در واحد سطح) به‌عنوان ملاک انتخاب کفایت می‌نماید. همچنین همبستگی بالای بین صفات وزن هزار دانه و شاخص برداشت نشان داد که می‌توان یکی از این صفات را (ازجمله وزن هزار دانه) به‌عنوان ملاک انتخاب سودمند در نظر گرفته و اندازه‌گیری کرد.



شکل ۶- نمایش بای‌پلات روابط بین صفات و ژنوتیپ‌های جو
Figure 6. Biplot view for relationship between traits and barley genotypes

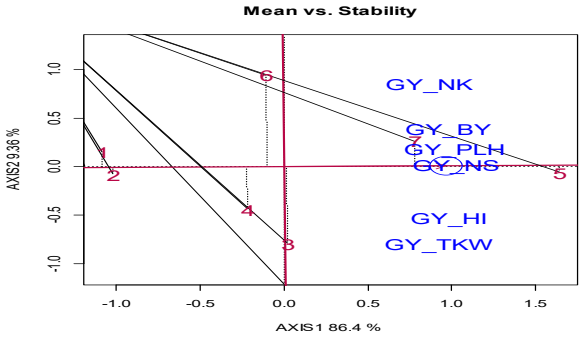
رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس ترکیب عملکرد- صفت و شاخص GYT

براساس ترکیب عملکرد-صفت، لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 به‌ترتیب بهترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۷). این دو لاین از نظر صفات مورد ارزیابی در حد مطلوب و متعادل بودند. بای‌پلات GYT علاوه بر رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس برتری آنها، نقاط قوت و ضعف ژنوتیپ‌ها را از نظر صفات مورد ارزیابی نمایان می‌سازد به‌طوری‌که رقم گوهران (ژنوتیپ شماره ۳) از نظر ترکیب عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه و شاخص برداشت ژنوتیپ مطلوبی بود ولی از

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

نظر سایر صفات متوسط تا ضعیف محسوب شد. به‌طورکلی ژنوتیپ‌هایی که در پایین محور افقی قرار گرفتند به مقادیر بالای وزن هزار دانه و شاخص برداشت متمایل بودند و برعکس دارای مقادیر نسبتا پایین تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک بودند. در حالی که ژنوتیپ‌هایی که در بالای محور افقی قرار گرفتند از مقادیر بالای تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته و از مقادیر نسبتا پایین وزن هزار دانه و شاخص برداشت برخوردار بودند (شکل ۷).

شاخص GYT هر ژنوتیپ بر اساس میانگین کلیه صفات هر ژنوتیپ به‌دست آمد و بر اساس این شاخص ژنوتیپ‌ها رتبه‌بندی شدند (جدول ۵). براساس شاخص GYT، لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 به‌ترتیب بهترین ژنوتیپ‌ها بودند. از طرفی این دو لاین فاقد مقادیر منفی برای ترکیب عملکرد با صفات مختلف بودند. این امر بیانگر برتری نسبی این ارقام در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بود. مقدار شاخص GYT برای رقم گوهران نزدیک به صفر (۰/۰۱) بود و بدین مفهوم است که این رقم دارای مقادیر متوسط صفات مورد ارزیابی در این پژوهش بوده‌است.



شکل ۷- بای پلات ATC ژنوتیپ×عملکرد×صفت برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس برتری کلی آن‌ها
Figure. 7. Biplot of the average-tester coordination (ATC) for ranking genotypes based on their overall superiority

جدول ۵- داده‌های استاندارد شده ژنوتیپ×عملکرد×صفت و شاخص GYT ژنوتیپ‌های جو در مناطق اجرای آزمایش
Table 5. Standardiezed data of genotype*yield*trait and GYT index for barley genotypes in regions of trials

ژنوتیپ	عملکرد دانه×عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه×وزن هزار دانه	عملکرد دانه×ارتفاع بوته	عملکرد دانه×تعداد سنبله	عملکرد دانه×تعداد دانه	عملکرد دانه×شاخص برداشت	شاخص GYT
Genotype	GY*BY	GY*TKW	GY*PLH	GY*NS	GY*NK	GY*HI	GYT Index
ریحان Rihan	-1.12	-1.1	-0.89	-1.3	-0.73	-1.1	-1.04
یوسف Yusef	-1. 4	-0.73	-1.26	-1.13	-0.5	-0.8	-0.97
گوهران Goharan	-0.11	0.72	-0.2	0.12	-0.76	0.3	0.01
نصرت Nosrat	-0.08	-0.09	-0.18	-0.07	-0.95	0.02	-0.22
MB95-4	1.27	1.62	1.54	1.56	1.71	1.83	1.59
MB95-5	0.47	-0.93	-0.09	0.08	0.54	-0.7	-0.11
MB95-11	0.97	0.51	1.09	0.75	0.71	0.45	0.75

نتیجه‌گیری کلی

موضوع پایداری شامل دو بخش پایداری پویا (زراعی) و پایداری ایستا (آماری) است (Taherian, Bihamta *et al.* 2019). روش GGE بای‌پلات بر مبنای سازگاری و پایداری زراعی استوار بوده و لذا ژنوتیپ‌هایی که از این طریق گزینش می‌شوند، علاوه بر پایداری و سازگاری دارای عملکرد بالایی نیز می‌باشند. بدین ترتیب روش نموداری GGE بای‌پلات، روش مناسبی برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش، لاین امیدبخش MB95-4 به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب بوده و نزدیک‌ترین ژنوتیپ به آن، لاین امیدبخش MB95-11 بود. در این پژوهش از GYT بای‌پلات جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب براساس چندین صفت به‌طور همزمان استفاده شد. براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 به‌ترتیب در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بهترین بودند. براساس شاخص GYT، لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 به‌ترتیب بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. از طرفی این دو لاین فاقد مقادیر منفی برای ترکیب عملکرد با صفات مختلف بودند. این امر بیانگر برتری نسبی این ارقام در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بود. مقدار شاخص GYT برای رقم گوهران نزدیک به صفر (۰/۰۱) بود و بدین مفهوم است که این رقم دارای مقادیر متوسط صفات مورد ارزیابی در این پژوهش بوده‌است. در مجموع براساس نتایج این پژوهش بهترین ژنوتیپ‌ها در مناطق معتدل استان خراسان رضوی براساس عملکرد دانه و پایداری آن و نیز اجزای عملکرد و صفات مهم زراعی لاین‌های امیدبخش MB95-4 و MB95-11 بودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

منابع

Ahmadi, J., A. Mohammadi and T. Najafi Mirak (2012). "Targeting promising bread wheat (Triticum aestivum L.) lines for cold climate growing environments using AMMI and SREG GGE Biplot analyses." Journal of Agricultural Science and Technology 14(3): 645-657.

Al-Abdallat, A., A. Karadsheh, N. Hadadd, M. Akash, S. Ceccarelli, M. Baum, M. Hasan, A. Jighly and J. Abu Elenein (2017). "Assessment of genetic diversity and yield performance in Jordanian barley (Hordeum vulgare L.) landraces grown under Rainfed conditions." BMC Plant biology 17: 1-13.

Barati, A., H. Zali, A. Pour-Aboughadareh, A. Gholipour, S. Koohkan, K. Shahbazi Homounlo, A. Marzoghiyan, M. Jabbari, O. Poodineh and M. Kheirgoo (2021). "Identification of irrigated barley genotypes with high and stable grain yield in warm regions of Iran." Journal of Crop Breeding 13(40): 162-172. (In Persian).

Baxevanos, D., C. Goulas, J. Rossi and E. Braojos (2008). "Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE biplots." Agronomy Journal 100(5): 1230-1236.

Becker, H. and J. Leon (1988). "Stability analysis in plant breeding." Plant breeding 101(1): 1-23.

Blanche, S. B. and G. O. Myers (2006). "Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana." Crop Science 46(2): 946-949.

Fan, X. M., M. S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu (2007). "Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China." Agronomy journal 99(1): 220-228.

Gabriel, K. R. (1971). "The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis." Biometrika 58(3): 453-467.

Hudzenko, V., O. Demydov, H. Voloshchuk, M. Sardak and V. Ishchenko (2019). "Genotype by environment interaction and yield stability of barley breeding lines in multi-environment trials." Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo 65(1).

Karahan, T. and I. Akgün (2020). "Selection of barley (Hordeum vulgare) genotypes by GYT (genotype× yield× trait) biplot technique and its comparison with GT (genotype× trait)." Applied Ecology and Environmental Research 18(1): 1347-1359.

Kendal, E. (2020). "Evaluation of some barley genotypes with geotype by yield* trait (GYT) biplot method." Poljoprivreda i Sumarstvo 66(2): 137-150.

Kendal, E., M. Karaman, S. Tekdal and S. Doğan (2019). "Analysis of promising barley (Hordeum vulgare L.) lines performance by AMMI and GGE biplot in multiple traits and environment." Applied Ecology & Environmental Research 17(2).

Koocheki, A., B. Sorkhilaleloo and M. E. Hesari (2012). "Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot." Seed and Plant Journal 28(4): 533-543.

Merrick, L. F., K. D. Glover, D. Yabwalo and E. Byamukama (2020). "Use of Genotype by Yield* Trait (GYT) analysis to select hard red spring wheat with elevated performance for agronomic and disease resistance traits." Crop Breeding, Genetics and Genomics 2(2).

Mohammadi, M., T. Hosseinpour, M. Armion, H. Khanzadeh and H. Ghojogh (2016). "Analysis of genotype, environment and genotype× environment interaction in bread wheat genotypes using GGE biplot." Agricultural communications 4(3): 1-8.

Mohammadi, R. (2019). "Genotype by yield* trait biplot for genotype evaluation and trait profiles in durum wheat." Cereal Research Communications 47(3): 541-551.

Mohammadi, R. and A. Amri (2016). "Genotype x environment interaction implication: a case study of durum wheat breeding in Iran." Advances in plant breeding strategies: Agronomic, abiotic and biotic stress traits: 515-558.

Mohammadi, R., M. Armion, B. Sadeghzadeh, S. Golkari, G. R. Khalilzadeh, H. Ahmadi, G. R. Abedi-Asl and M. Eskandari Torbaghan (2016). "Assessment of grain yield stability and adaptability of ranfed durum wheat breeding lines." Applied Field Crops Research 29(4): 25-42.

Mortazavian, S., H. Nikkhah, F. Hassani, M. Sharif-al-Hosseini, M. Taheri and M. Mahlooji (2014). "GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran." Journal of Agricultural Science and Technology 16(3): 609-622.

Nikkhah, H. R., H. Tajali, S. A. Tabatabaie and M. Taheri (2022). "Evaluation of Yield Stability and Drought Tolerance of Barley Genotypes in Temperate Regions of the Iran." Journal of Crop Breeding 14(44): 1-17. (In Persian).

Omrani, S., A. M. Naji and M. Esmaeilzadeh Moghaddam (2017). "Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agro climatic zone of Iran using GGE biplot model." Journal of Crop Breeding 9(23): 157-165. (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]

Pacheco, A., F. Rodriguez, G. Alvarado, J. Crossa and J. Burgueno ADEL-R (Analysis and Design of Experiments with R for Windows), Version 2.0; International Maize and Wheat Improvement Center: Veracruz, Mexico, 2017.

Pour-Aboughadareh, A., A. Barati, H. Zali, S. A. Koohkan, A. Hosseinpour, A. Gholipoor and A. Marzoghian (2023). "Analysis of genotype-by-environment interaction in advanced genotypes of barley using AMMI and BLUP-based indices." Journal of Crop Breeding, (In Persian).

Rahmati, M. and A. Ahmadi (2020). "Assessment of interrelationship between agronomic traits of wheat genotypes under rain-fed conditions using double and triple biplots of genotype, trait and yield." Iranian Dryland Agronomy Journal 9(1): 1-20.

Service, U. S. N. A. S. (1963). Agricultural statistics, United States, Department of Agriculture.

Taherian, M., M. R. Bihamta, S. A. Peyghambari, H. Alizadeh and A. Rasoulnia (2019). "Stability analysis and selection of salinity tolerant barley genotypes." Journal of Crop Breeding 11(29): 93-103.(In Persian).

Taheripourfard, Z. S., A. Izadi-Darbandi, H. Ghazvini, M. Ebrahimi, S. M. M. Mortazavian and M. Abdipour (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(2): 23-35.

Vaezi, B., A. Pour-Aboughadareh, R. Mohammadi, M. Armion, A. Mehraban, T. Hossein-Pour and M. Dorii (2017). "GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran." Cereal Research Communications 45(3): 500-511.

Yan, W. (2001). "GGEbiplot—A Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data." Agronomy journal 93(5): 1111-1118.

Yan, W. and J. Frégeau-Reid (2018). "Genotype by yield* trait (GYT) biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits." Scientific reports 8(1): 8242.

Yan, W., J. Frégeau-Reid, N. Mountain and J. Kobler (2019). "Genotype and management evaluation based on genotype by yield* trait (GYT) analysis." Crop Breeding, Genetics and Genomics 1(2).

Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics (2000). "Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot." Crop science 40(3): 597-605.

Yan, W. and M. S. Kang (2002). GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists, CRC press.

Yan, W. and I. Rajcan (2002). "Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario." Crop science 42(1): 11-20.

Yan, W. and N. A. Tinker (2006). "Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications." Canadian journal of plant science 86(3): 623-645.

Yashavanthakumar, K., V. S. Baviskar, S. Navathe, R. M. Patil, J. H. Bagwan, D. N. Bankar, V. D. Gite, K. Gopalareddy, C. N. Mishra and H. Mamrutha (2021). "Impact of heat and drought stress on phenological development and yield in bread wheat." Plant Physiology Reports 26(2): 357-367.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.174]