Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 46, Summer 2023 p: 1-10

"Research Paper"

# Selection of Promising Genotypes of Barley using the Best Linear Unbiased Predictor Model (BLUP)

**Alireza Pour-Aboughadareh[1], Habibollah Ghazvini[2], Ali Barati[3], Shirali Kohkan[4] and Elias Arajmjoo[5]**

1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, (Corresponding Author: a.poraboghadareh@gmail.com)
2- Associated Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Zabol, Iran
5- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, South Khorasan, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Birjand, Iran
Received: 13 Jun, 2022 Accepted: 23 July, 2022

## Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Barley (*Hordeum vulgare*) as one of the small grain cereals is widely cultivated in Iran and the world. Hence, the achievement of high-yielding and stable varieties is one of the main breeding proposed. The present study aimed to investigate a set of international genotypes of barley in terms of grain yield and some agronomic traits using the best linear unbiased predictor (BLUP) model under climatic conditions in Iran.

**Material and Methods**: In this study, a set of genotypes including 24 international barley genotypes provided from ICARDA were investigated for grain yield and some agronomic traits including the number of days to heading, number of days to physiological maturity, grain filling period, plant high, spike length, and thousand grains weight in a randomized block design in the three research stations located at Karaj, Birjand, and Zabol during the 2020-2021 cropping season. After collecting and analyzing the experimental data, the best genotypes were identified based on BLUP model.

**Results**: The results obtained from experimental data showed that the genotype and genotype-by-environment interaction effects were significant for grain yield and other measured traits (except days to heading and spike length). The highest values of genetic variance and heritability were estimated for spike length, 1000-grains weight, grain yield, and plant height. The results of the based-BLUP (best linear unbiased predictor) statistics revealed that genotypes G3, G6, G10, and G23 had the highest yield performance and stability compared with other genotypes across different environments. Taking into account the role of each measured trait on grain yield stability, genotypes G10, G16, G22, and G24 were identified as the best barley genotypes using the MTSI index.

**Conclusion**: In conclusion, it can be stated that the MTSI index has high efficiency in breeding programs to use other traits related to grain yield to select stable and high-yield genotypes.

**Keywords:** Genotype-by-environment interaction, Grain yield, Heritability, Selection index

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

# گزینش ژنوتیپ‌های پیشرفته جو با استفاده از مدل بهترین پیش‌بینی‌های خطی ناااریب (BLUP)

علیرضا پورابوقداره[۱]، حبیب‌اله قزوینی[۲]، علی براتی[۳]، شیرعلی کوهکن[۴] و الیاس آرزمجو[۵]

۱- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: a.poraboghadareh@gmail.com)
۲- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
۵- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱
صفحه: ۱ تا ۱۰

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** جو (Hordeum vulgare) به‌عنوان یکی از غلات دانه ریز به‌طور گسترده در ایران و جهان مورد کشت و استفاده قرار می‌گیرد. دستیابی به ارقام پر محصول و پایدار جو یکی از مهم‌ترین اهداف به‌نژادی این گیاه زراعی محسوب می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌های بین‌المللی جو در شرایط اقلیمی ایران از نظر عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی با استفاده از مدل بهترین پیش‌بینی‌های خطی ناااریب (BLUP) بود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه ۲۴ ژنوتیپ بین‌المللی تهیه شده از مرکز ICARDA در سه ایستگاه تحقیقاتی واقع در کرج، بیرجند و زابل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی از نظر عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله اصلی و وزن هزار دانه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایشی و تجزیه و تحلیل‌های آماری، برترین ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های مبتنی بر مدل BLUP انتخاب شدند.

**یافته‌ها:** نتایج به دست آمده از تجزیه داده‌های آزمایشی نشان داد اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه و سایر صفات (به جز طول سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله) معنی‌دار بود. صفات طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ارتفاع بوته دارای بیشترین میزان واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری بودند. نتایج به دست آمده از آماره‌های برآورد شده مبتنی بر مدل بهترین پیش‌بینی‌های خطی ناااریب (Best linear unbiased predictors: BLUP) نشان داد ژنوتیپ‌های G3، G6، G10 و G23 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین عملکرد دانه و پایداری در محیط‌های مختلف بودند. از طرف دیگر با در نظر گرفتن اثر هر یک از صفات اندازه‌گیری شده در پایداری عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های G10، G16، G22 و G24 از طریق شاخص پایداری چند صفتی ( Multi-traits stability index: MTSI) به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت شاخص MTSI دارای کارایی بالایی در برنامه‌های به‌نژادی جهت استفاده از دیگر صفات مرتبط با عملکرد دانه برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و پر بازده می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، شاخص گزینش، عملکرد دانه، وراثت‌پذیری

## مقدمه

غلات از حیث تأمین غذای مورد نیاز بشر در مقایسه با سایر گیاهان زراعی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند. بر اساس آخرین آمار و اطلاعات منتشر شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی، در ایران حدود ۱۲ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی می‌باشد که تقریباً ۸/۵۰ میلیون هکتار (معادل ۷۱/۲۰ درصد از کل سطح برداشت محصولات زراعی) آن به غلات اختصاص داشته، که در بین آن‌ها گندم و جو به ترتیب با ۵/۸۶ و ۱/۵ میلیون هکتار دارای بیشترین سطح برداشت می‌باشند (۳). جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهمترین غلات مورد کشت و استفاده در ایران و جهان است و بعد از گندم، برنج و ذرت از نظر تولید رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است (۷). بخش قابل توجهی از بذر این گیاه زراعی به صورت نیمکوب در تغذیه دام به مصرف می‌رسد. ارزش غذایی دانه جو نیز به دلیل وجود پوشینه آن که تقریباً ۱۰ درصد کل وزن آن را تشکیل می‌دهد تقریباً مشابه ارزش غذایی ذرت است. علاوه براین، جو در تغذیه انسان به صورت نان و انواع سوپ، غذای کودکان، و دیگر خوراکی‌ها نقش مهمی دارد (۱۹). جو نسبت به گندم میزان تحمل بالایی به انواع تنش‌های محیطی دارد، از اینرو به نظر می‌رسد با توجه به تغییرات شدید اقلیمی و کاهش شدید تولید محصولات زراعی، ارقام پربازده جو بتوانند به خوبی مورد استقبال جهت کشت در مناطق مختلف قرار گیرند.

موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی برای صفات کمی در گیاهان زراعی مختلف وابسته به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط است و هرچه این برهمکنش شدیدتر باشد انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس فنوتیپ آن‌ها مشکل‌تر خواهد بود. اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط برای صفات کمی همچون عملکرد دانه که توسط تعداد بسیار زیادی ژن کنترل می‌شوند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عموماً ژنوتیپ‌هایی که در محیط‌های مختلف دارای عملکرد بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشند به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل در نظر گرفته می‌شوند (۹). در نظر گرفتن سایر صفات کمی مانند وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله و همچنین خصوصیات فنولوژیک مانند زودرسی و طول دوره پر شدن دانه از دیگر اقدامات مهم در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد که در گزینش و معرفی ارقام سازگار و پایدار برای برخی از مناطق و یا طیف وسیعی از مناطق مورد نظر تاثیر مهمی دارد (۶).

اخیراً شاخص پایداری مبتنی بر گزینش بر اساس چندین صفت (Multi-trait stability index: MTSI) به‌عنوان یکی

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

از جدیدترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های آماری برای شناسایی ژنوتیپ‌های پربازده و مطلوب از نظر صفات زراعی در آزمایش‌های چند محیطی (Multi-environment trials: MTEs) توسط اولیوتو و همکاران (۱۵) ارائه شده است. در واقع این شاخص با ترکیب ویژگی‌های AMMI (Additive main effect and multiplicative interaction) و BLUP (Best linear unbiased prediction) قادر به شناسایی بهتر ژنوتیپ‌های ایده آل از نظر عملکرد دانه و سایر صفات می‌باشد. تلفیق روش‌های AMMI و BLUP سبب ایجاد یک ماتریس اثر متقابل ژنوتیپ با محیط در قالب یک مدل مختلط خطی مبتنی بر BLUP خواهد شد که با تجزیه این ماتریس آماره‌ای تحت عنوان شاخص پایداری میانگین وزنی نمرات مطلق (Weighted average of absolute scores from the singular value decomposition of the matrix of best linear unbiased predictions for the genotype × environment interaction effects generated by an linear mixed-effect mode: WAASB) بدست خواهد آمد که خود قادر به وزن‌دهی بین عملکرد دانه و پایداری آن است (۱۴ و ۱۵). از دیگر شاخص‌های بدست آمده از تلفیق مدل‌های AMMI و BLUP می‌توان به شاخص WAASBY (Weighted average of WAASB) اشاره نمود که هر دو معیار عملکرد و پایداری را باهم در نظر گرفته و باعث می‌شود گزینش بر اساس آن با دقت و کارایی بالاتری صورت گیرد (۱۵). در این شاخص، به‌نژادگر بر اساس هدف اصلاحی خود به هر یک از دو معیار عملکرد و پایداری وزن‌های متفاوتی داده و می‌تواند ارزیابی ژنوتیپ‌ها را براساس آن انجام دهد. با توجه به اینکه شاخص‌های مطرح شده اخیراً پیشنهاد و معرفی شده‌اند لذا اطلاعات محدودی در رابطه با استفاده از آن‌ها در انتخاب ژنوتیپ‌ها و یا ارقام گیاهی مختلف موجود است و تنها در چند مطالعه از این شاخص‌ها استفاده شده است که تمامی آن‌ها بر مؤثر بودن آن‌ها در شناسایی لاین‌های پربازده و پایدار تاکید داشته اند. به‌عنوان نمونه در یک مطالعه زوفو و همکاران (۲۱) جهت غربال ژنوتیپ‌های متحمل به تنش‌های شوری و خشکی سویا از شاخص MTSI در یک آزمایش چند محیطی استفاده کردند. نتایج این محققان نشان داد این شاخص به خوبی قادر است به‌طور همزمان ژنوتیپ‌های متحمل به هر دو تنش خشکی و شوری را از دیگر ژنوتیپ‌ها با دقت بالاتری متمایز کند. حسین و همکاران (۱۱) نیز کارایی بالایی از شاخص MTSI را در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی نخود را در قالب آزمایشات MET گزارش داده است. در دیگر مطالعه انجام شده توسط پورابوقداره و همکاران (۱۶) مشخص شد تلفیق ویژگی‌های AMMI و BLUP و استفاده از شاخص WAASB به‌عنوان یک معیار پایداری به خوبی نقش مهمی در شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالا و پایدار داشته است.

به‌طور کلی، ارزیابی کارایی شاخص MTSI در شناسایی ژنوتیپ‌های جو زراعی بر اساس عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی و همچنین مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف بر اساس شاخص‌های پایداری مبتی بر تلفیق مدل‌های AMMI و BLUP از مهم‌ترین اهداف این پژوهش بشمار می‌آیند.

## مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد بررسی در این پژوهش شامل ۲۴ ژنوتیپ جو بهاره دریافتی از مرکز بین المللی ایکاردا (ICARDA) به همراه یک رقم شاهد بود که مشخصات هر یک از آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. قبل از کاشت بذرهای مورد نظر، عملیات زراعی شامل شخم، دیسک، تسطیح قطعات زمین مورد نظر برای اجرای آزمایش انجام شد. قبل از انجام عملیات کاشت میزان کود مصرفی مطابق با فرمول کودی هر یک از مناطق اجرای آزمایش اعمال شد. ژنوتیپ‌ها به صورت آلفالاتیس با در نظر گرفتن دو تکرار در سه ایستگاه تحقیقاتی واقع در کرج، زابل و بیرجند در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ کشت شدند. در کلیه ایستگاه‌ها ابعاد کرت‌های آزمایشی ثابت و هر ژنوتیپ در یک کرت آزمایشی شامل شش خط به طول ۳متر و فاصله خطوط ۱۵ سانتی‌متر کشت شد. میزان بذر مصرفی بر مبنای ۳۰۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین یا رقم تعیین گردید. عملیات کاشت با استفاده از دستگاه بذرکار (Wintersteiger, Ried, Austria) صورت گرفت. در طول فصل زراعی، کلیه عملیات‌های زراعی مرسوم انجام شد. در طول دوره رشد، صفاتی همچون تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. در پایان فصل رشد و پس از حذف اثر حاشیه، محصول هر کرت با استفاده از کمباین آزمایشی (Wintersteiger, Ried, Austria) برداشت و در نهایت عملکرد دانه هر ژنوتیپ بر حسب تن در هکتار تعیین شد.

پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایشی و بررسی مفروضات تجزیه واریانس، به منظور بررسی اثرات اصلی و متقابل مکان‌های اجرای آزمایش و ژنوتیپ‌های بررسی شده تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم افزار SAS ver.9.1 انجام شد. اجزای واریانس ژنتیکی با روش حداکثر درست‌نمایی محدود شده (REML; Restricted maximum likelihood) برای هر یک از صفات اندازه‌گیری شده و عملکرد دانه با استفاده از بسته تجزیه آزمایش‌های چندمحیطی (Metan: Multi environment trial analysis) در نرم افزار R برآورد گردید (۱۳). در واقع استفاده از مدل REML محدودیت تجزیه واریانس به روش کمترین مربعات را برای داده‌های نامتعادل و همچنین نامتجانس برطرف می‌کند (۱۰) و از طرف دیگر، چنین مدلی برای بدست آوردن اجزای واریانس و برآورد مقادیر ژنتیکی و اجزای واریانس کارایی بهتری دارند (۱۷)، لذا روش REML/BLUP به دلیل در نظر گرفتن مقادیر ژنوتیپی (نه مقادیر فنوتیپی) دقت بیشتری در روند برنامه‌های اصلاحی دارد و اجازه انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌کند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در پژوهش حاضر

Table 1. Pedigree of the investigated barley genotypes in this study

| نمایه | شجره Pedigree |
|---|---|
| G1 | CompCr229//As46/Pro/3/Srs/4/RWA-M47/5/Carbo/Hamra/4/Rhn-08/3/DeirAlla106//DL71/Strain205 |
| G2 | Rhn//Bc/Coho/3/DeirAlla106//Api/EB89-8-2-15-4/5/CM67/3/Apro//Sv02109/Mari/4/Carbo/6/Rhn-03 |
| G3 | Rhn//Bc/Coho/3/DeirAlla106//Api/EB89-8-2-15-4/5/CM67/3/Apro//Sv02109/Mari/4/Carbo/6/Beecher |
| G4 | Rhn//Bc/Coho/3/DeirAlla106//Api/EB89-8-2-15-4/5/CM67/3/Apro//Sv02109/Mari/4/Carbo/6/IPA7 |
| G5 | Sara/4/H.Spont.96-3/3/Roho//Alger/Ceres362-1-1/5/ROBUR-BAR/J126//OWB753431D/SL3/4/GLORIA-BAR/COPAL//BEN.4D/3/SP-B |
| G6 | Lignee527/NK1272//JLB70-063/3/Alanda/Zafraa//Gloria'S'/Copal'S'/4/Gloria'S'/Copal'S'//As46/Aths/3/Rhn-03 |
| G7 | Aths/IPA7 |
| G8 | Lignee527/Chn-01//Gustoe/5/Alanda-01/4/WI2291/3/Api/CM67//L2966-69/6/IPA7 |
| G9 | Zien-2//WI2291/Tadmor |
| G10 | ChiCm/An57//Albert/3/Alger/Ceres362-1-1/4/Arta/5/Mundah |
| G11 | ChiCm/An57//Albert/3/Alger/Ceres362-1-1/4/Arta/5/Mundah |
| G12 | Barshaya-2/Hml |
| G13 | Moroc9-75/Hml/5/Roho/4/Zanbaka/3/ER/Apm//Lignee131/6/Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/Hml-02/ArabiAbiad//ER/Apm |
| G14 | Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/Hml-02/ArabiAbiad//ER/Apm/5/Arda/Moroc9-75 |
| G15 | Moroc9-75//WI2291/CI01387/3/H.spont.41-1/5/Clipper/Volla/3/Arr/Esp//Alger/Ceres362-1-1/4/Hml |
| G16 | Kulih/Shishai |
| G17 | SLB 15-05/4/H.spont.96-3/3/Roho//Alger/Ceres362-1-1/5/Furat-2 |
| G18 | ALISO/CI3909-2//FALCON-BAR/3/HIGO/4/Petunia1 |
| G19 | ALISO/CI3909-2//FALCON-BAR/3/HIGO/4/Giza130 |
| G20 | ALISO/CI3909-2//FALCON-BAR/3/HIGO/4/Mari/Aths*2 |
| G21 | Giza130/Manel |
| G22 | ALISO/CI3909-2//FALCON-BAR/3/HIGO/4/Petunia1 |
| G23 | (As46//Avt/Aths) |
| G24 | National cultivar |

در این راستا پارامترهایی مانند میانگین هارمونیک ارزش‌های ژنوتیپی (HMGV: Harmonic mean of genotypic values)، کارایی نسبی ارزش‌های ژنوتیپی (RPGV: Relative performance of genotypic values) و میانگین هارمونیک کارایی نسبی ارزش‌های ژنوتیپی (HMRPGV: Harmonic mean of relative performance of genotypic values) به‌عنوان مهم‌ترین آماره‌های پایداری مبتنی بر مدل BLUP محاسبه شدند. به منظور انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و سایر صفات شاخص MTSI از طریق تلفیق ویژگی‌های مدل AMMI و BLUP و بر اساس پارامتر WAASB محاسبه شد. کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده و مدل‌های آماری با استفاده از بسته آماری Metan (۱۳) در نرم افزار R محاسبه شدند.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و سایر صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۲ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری بین مکان‌های اجرای آزمایش مشاهد شد. اختلاف بین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده نیز از نظر تمامی صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل بین ژنوتیپ و مکان نیز تنها برای صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پرشدن دانه، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. وجود اختلاف معنی‌دار بین صفات در مکان‌های مختلف بیانگر تاثیر شرایط محیطی بر هر یک از آن‌ها می‌باشد. به‌عبارت دیگر وجود تنوع ژنتیکی برای این صفات سبب خواهد شد تا بتوان ژنوتیپ‌های مطلوبی از نظر تطبیق با هر یک شرایط محیطی پیدا کرد. این نتیجه به‌طور مشخصی با پاسخ متفاوت هر یک از ژنوتیپ‌ها و همچنین اثر متقابل آن‌ها با محیط قابل توجیه می‌باشد. در این راستا نتایج به دست آمده در این پژوهش با بسیاری از مطالعات انجام شده در رابطه با معنی‌داری اثر محیط بر عملکرد دانه و بسیاری از صفات زراعی و مورفولوژیکی در جو مطابقت داشت (۱،۲،۵،۸،۱۲،۱۸،۱۹،۲۰). با در نظر گرفتن مدل مختلط (MLM: Mixed linear model) در تجزیه داده‌های آزمایشی، از آزمون نسبت درست‌نمایی (LTR: Likelihood ratio test) نیز برای معنی‌داری اثرات ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط (مکان) استفاده شد و بر مبنای آن اجزای پارامترهای ژنتیکی محاسبه گردید. نتایج این تجزیه نشان داد اثرات ژنوتیپ بر تمامی صفات به جز تعداد روز تا ظهور سنبله و دوره پرشدن دانه معنی‌دار بود. علاوه براین، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نیز برای کلیه صفات به جز تعداد روز تا ظهور سنبله و طول سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه و سایر صفات بیانگر پاسخ متفاوت ژنوتیپ و برتری و ضعف هر یک از آن‌ها در محیط‌های مختلف است. از اینرو، در چنین شرایط استفاده از تجزیه BLUP می‌تواند نتایج بهتر و قابل اعتمادتری فراهم آورد (۱۵). برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و سایر پارامترهای مرتبط با آن نشان داد در بین صفات مختلف بیشترین سهم واریانس ژنتیکی در توجیه واریانس فنوتیپی مربوط به صفات ارتفاع بوته (۲۶/۹۲ درصد)، عملکرد دانه (۲۸/۰۲ درصد)، وزن هزار دانه (۳۸/۷۷ درصد) و طول سنبله (۴۸/۸۰ درصد) بود.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

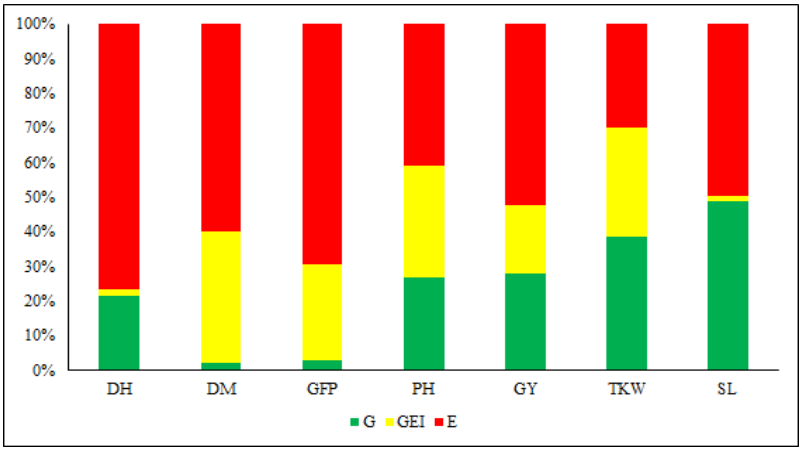
[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب و پارامترهای ژنتیکی مربوط به عملکرد دانه و سایر صفات زراعی
Table 2. Results of combined analysis of variance and genetic parameters for grain yield and other agronomic traits

| Mean square میانگین مربعات | | | | | | | df | منبع تغییرات Source of variation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SL | TGW | GY | PH | GFP | DM | DH | | |
| 2.33* | 155.88* | 47.37** | 6402.13* | 6944.71** | 125300.58** | 81612.34** | 2 | محیط Environment |
| 0.69 | 15.13 | 8.47 | 303.71 | 18.54 | 8.25 | 3.85 | 3 | تکرار / محیط Replication/Environment |
| 6.23** | 62.17** | 2.75** | 144.18** | 12.11** | 14.15** | 5.98** | 23 | ژنوتیپ Genotype |
| 0.94 | 13.73** | 0.97* | 56.83** | 10.64** | 11.37** | 2.30 | 46 | ژنوتیپ × محیط Genotype × Environment |
| 0.90 | 5.68 | 0.56 | 22.13 | 5.88 | 5.23 | 2.17 | 69 | خطا Error |
| 1.80 | 19.10 | 1.06 | 54 | 7.51 | 8.74 | 2.85 | | $\sigma^2_p$ |
| 0.88 | 7.41 | 0.30 | 14.54 | 0.25 | 0.19 | 0.61 | | $\sigma^2_g$ |
| 0.02 | 6.02 | 0.21 | 17.35 | 2.37 | 3.32 | 0.06 | | $\sigma^2_{ge}$ |
| 0.89 | 5.69 | 0.56 | 22.16 | 5.89 | 5.28 | 2.17 | | $\sigma^2_e$ |
| 0.49 | 0.39 | 0.28 | 0.27 | 0.03 | 0.02 | 0.22 | | $h^2$ |
| 0.01 | 0.32 | 0.20 | 0.32 | 0.28 | 0.38 | 0.02 | | $R^2$-GEI |
| 0.85 | 0.72 | 0.65 | 0.61 | 0.12 | 0.09 | 0.62 | | $h^2_m$ |
| 0.92 | 0.85 | 0.80 | 0.78 | 0.35 | 0.30 | 0.79 | | Accuracy |
| 0.03 | 0.51 | 0.27 | 0.44 | 0.29 | 0.39 | 0.03 | | $R_{GE}$ |

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱، ۵ درصد و ۱ درصد. DH، DM، GFP، PH، GY، TGW و SL به‌ترتیب نشان‌دهنده تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و طول سنبه اصلی می‌باشند.
* and ** indicate significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. DH, DM, GFP, PH, GY, TGW, and SL indicate the number of days to heading, days to physiological maturity, grain filling period, plant height, grain yield, thousand grains weight, and spike length, respectively.

پایین بودن سهم اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در توجیه واریانس فنوتیپی برای صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و طول سنبله نیز دور از انتظار نبود زیرا اثر متقابل برای این صفات معنی‌دار نشد. در سایر صفات بیش از ۱۵ درصد از تغییرات واریانس فنوتیپی توسط اثر متقابل ژنوتیپ در محیط توجیه شد. بیشترین سهم واریانس خطا نیز مربوط به صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و دوره پر شدن دانه بود. سهم خطا در توجیه تغییرات واریانس فنوتیپی برای عملکرد دانه و طول سنبله نیز به ترتیب به میزان ۵۲/۳۶ و ۴۹/۴۹ برآورد شد. با این‌حال کمترین سهم خطا در واریانس فنوتیپی مربوط به وزن هزار دانه بود (۲۹/۸۰ درصد) (شکل ۱).




شکل ۱- سهم هر یک از مؤلفه‌های واریانس فنوتیپی برای عملکرد دانه و سایر صفات زراعی. DH، DM، GFP، PH، GY، TGW و SL به ترتیب نشان‌دهنده تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و طول سنبه اصلی می‌باشند. G، GE و E به‌ترتیب بیانگر سهم واریانس ژنوتیپی، اثرمتقابل و خطا می‌باشند.
Figure 1. The portion of each phenotypic component for grain yield and other agronomic traits. DH, DM, GFP, PH, GY, TGW, and SL indicate the number of days to heading, days to physiological maturity, grain filling period, plant height, grain yield, thousand grains weight, and spike length, respectively. G, GE, and E indicate genotypic, genotype × environment, and environment variances, respectively.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

جدول ۳- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در محیط‌های کرج، بیرجند و زابل در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 3. Means of the measured traits in the Karaj (KRJ), Birjand (BRJ), and Zabol (ZBL) during the 2020-2021 cropping season

| SL (cm) | | | TGW (gr) | | | GY (ton ha$^{-1}$) | | | PH (cm) | | | GFP | | | DM | | | DH | | | Code |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ZBL | BIR | KRJ | ZBL | BIR | KRJ | ZBL | BIR | KRJ | ZBL | BIR | KRJ | ZBL | BIR | KRJ | ZBL | BIR | KRJ | ZBL | BIR | KRJ | |
| 5 | 5.75 | 6.13 | 39.50 | 40.20 | 46.60 | 3.83 | 4.30 | 7.52 | 76.50 | 55.50 | 85 | 34.50 | 44 | 58.50 | 145 | 128.50 | 223.50 | 110.50 | 84.50 | 165 | G1 |
| 4 | 5.75 | 5.53 | 39.50 | 43.40 | 48.40 | 4.62 | 5.40 | 5.89 | 81.50 | 73 | 102.50 | 34.50 | 40.50 | 59 | 144 | 124 | 223.50 | 109.50 | 83.50 | 164.50 | G2 |
| 5.50 | 5.50 | 5.55 | 39.50 | 42 | 48 | 4.07 | 6.35 | 7.63 | 77 | 57.50 | 80 | 36.50 | 43.50 | 61.50 | 145.50 | 127.50 | 226 | 109 | 84 | 164.50 | G3 |
| 5.50 | 7 | 5.50 | 39.50 | 38.30 | 45.40 | 5.33 | 5.25 | 6.42 | 80.50 | 60 | 92.50 | 35 | 44.50 | 57 | 144.50 | 129.50 | 222.50 | 109.50 | 85 | 165.50 | G4 |
| 9 | 6.50 | 8.68 | 39 | 31.40 | 35.80 | 3.62 | 4 | 6.48 | 82.50 | 63.50 | 95 | 35 | 45.50 | 58.50 | 144.50 | 130.50 | 224.50 | 109.50 | 85 | 166 | G5 |
| 5.50 | 5.25 | 5.68 | 40 | 40.20 | 43.20 | 5.04 | 5.55 | 7.50 | 83 | 67 | 85 | 37 | 48 | 60.50 | 146 | 132 | 225.50 | 109 | 84 | 165 | G6 |
| 5.50 | 5.75 | 6.10 | 39 | 40.20 | 44.40 | 4.74 | 5.25 | 6.48 | 82.50 | 65 | 87.50 | 33.50 | 47 | 57.50 | 143 | 131.50 | 222 | 109.50 | 84.50 | 164.50 | G7 |
| 5.50 | 5.50 | 5.98 | 39 | 39.10 | 42.60 | 4.46 | 5.10 | 7.10 | 85.50 | 73.50 | 92.50 | 35 | 48.50 | 57.50 | 146 | 134 | 222.50 | 111 | 85.50 | 165 | G8 |
| 8 | 8.25 | 7.20 | 40.50 | 46.70 | 48.20 | 4.33 | 4.70 | 6.07 | 79.50 | 65.50 | 92.50 | 34 | 43 | 59.50 | 144.50 | 130 | 225.50 | 110.50 | 87 | 166 | G9 |
| 7 | 7.50 | 7.53 | 41 | 50.20 | 44.40 | 5.22 | 5.60 | 6.27 | 80 | 58.50 | 72.50 | 38.50 | 42 | 59 | 142.50 | 126 | 240.50 | 104 | 84 | 165.50 | G10 |
| 8.50 | 7.50 | 7.05 | 39 | 44.80 | 41.20 | 4.43 | 5.25 | 5.57 | 86.50 | 67.50 | 80 | 34 | 40 | 57.50 | 144 | 124 | 223 | 110 | 84 | 165.50 | G11 |
| 6 | 6.75 | 6.90 | 39.50 | 45.20 | 50.10 | 3.62 | 4.10 | 7.32 | 72 | 56.50 | 75 | 36 | 39 | 58.50 | 146.50 | 124 | 224.50 | 110.50 | 85 | 166 | G12 |
| 9 | 9.25 | 8.08 | 39.50 | 42.30 | 41.20 | 4.01 | 5.10 | 5.39 | 73.50 | 67 | 75 | 36 | 38.50 | 56.50 | 141.50 | 123 | 221.50 | 105.50 | 84.50 | 165 | G13 |
| 7.50 | 7.25 | 7.13 | 40 | 48.70 | 41.60 | 5.33 | 4.75 | 5.61 | 83.50 | 64 | 82.50 | 38.50 | 41.50 | 59 | 145.50 | 126.50 | 225.50 | 107 | 85 | 166.50 | G14 |
| 6.50 | 7 | 6.33 | 38 | 40.80 | 39.20 | 2.99 | 4.65 | 6.56 | 78.50 | 72 | 90 | 23.50 | 43.50 | 56 | 144 | 132 | 223 | 111.50 | 88.50 | 167 | G15 |
| 8 | 7.50 | 7.08 | 39 | 43.70 | 41.20 | 5.47 | 5.50 | 5.22 | 78.50 | 65 | 87.50 | 33.50 | 39 | 58 | 143 | 124 | 224.50 | 109.50 | 85 | 166.50 | G16 |
| 6 | 6.50 | 7.08 | 38 | 44.60 | 44.20 | 2.40 | 4.25 | 6.03 | 77 | 65.50 | 90 | 32 | 43 | 59.50 | 138.50 | 127.50 | 223.50 | 106.50 | 84.50 | 164 | G17 |
| 5.50 | 8.25 | 6 | 38 | 37 | 37.30 | 3.93 | 3.40 | 5.18 | 81.50 | 58.50 | 72.50 | 32 | 46.50 | 58.50 | 142 | 131.50 | 223 | 110 | 85 | 164.50 | G18 |
| 5 | 6.75 | 6.68 | 37 | 32.40 | 34.60 | 3.57 | 2.80 | 5.71 | 82.50 | 55 | 72.50 | 33 | 48.50 | 58.50 | 141 | 133.50 | 224.50 | 108 | 85 | 166 | G19 |
| 7.50 | 7 | 6 | 39.50 | 37 | 36.60 | 3.90 | 3.05 | 4.81 | 80 | 61 | 85 | 32.50 | 48 | 59.50 | 142.50 | 133.50 | 224 | 110 | 85.50 | 164.50 | G20 |
| 7 | 9 | 7.85 | 39 | 33.20 | 36.40 | 3.71 | 4.20 | 4.40 | 81 | 54.50 | 100 | 33 | 42 | 57.50 | 141.50 | 126.50 | 223.50 | 108.50 | 84.50 | 166 | G21 |
| 5 | 6.75 | 6.55 | 36.50 | 32.80 | 38.20 | 3.44 | 2.50 | 5.28 | 79 | 52 | 77.50 | 34.50 | 46 | 58.54 | 142.50 | 131 | 223 | 108 | 85 | 164.50 | G22 |
| 5 | 5 | 5.30 | 40 | 43.50 | 50.10 | 5.12 | 5.50 | 6.60 | 84 | 68.50 | 87.50 | 34.50 | 46.50 | 55 | 145 | 133.50 | 222 | 110.50 | 87 | 167 | G23 |
| 6.50 | 6.75 | 6.15 | 39.50 | 44.20 | 46.10 | 4.51 | 5.10 | 6.04 | 73.50 | 60 | 72.50 | 30.50 | 39 | 57.50 | 141 | 125 | 222.50 | 110.50 | 86 | 165 | G24 |
| 7 | 6.25 | 5.58 | 38.50 | 39.90 | 48.80 | 4.31 | 7.03 | 6.90 | 80.50 | 72.50 | 97.50 | 34 | 48 | 58.50 | 144 | 134 | 224.50 | 110 | 86 | 166 | Check |

DH، DM، GFP، PH، GY، TGW و SL به ترتیب نشان‌دهنده تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و طول سنبه اصلی می‌باشند.

DH, DM, GFP, PH, GY, TGW, and SL indicate the number of days to heading, days to physiological maturity, grain filling period, plant height, grain yield, thousand grains weight, and spike length, respectively.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

برآورد وراثت‌پذیری صفات و دقت پیش‌بینی نقش مهمی در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی در جهت شناسایی و توصیه ژنوتیپ‌ها دارد (۶ و ۱۵). در این پژوهش صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، طول سنبله و عملکرد دانه دارای بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی و وراثت‌پذیری بر مبنای میانگین بودند. ضریب تبیین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نیز برای کلیه صفات کمتر از ۵۰ درصد بود. با این‌حال، بیشترین میزان به ترتیب مربوط به صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (۳۸ درصد)، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته (۳۲ درصد) و دوره پر شدن دانه (۲۸ درصد) بود. میانگین عملکرد دانه و سایر صفات اندازه‌گیری شده در سه ایستگاه کرج، زابل و بیرجند در جدول ۳ ارائه شده است. با بررسی روند تغییرات در هر یک از صفات مشخص شد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بیرجند دارای کمترین تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی بودند. با این‌حال طول دوره پرشدن دانه تمامی ژنوتیپ‌ها در محیط زابل کمتر از دیگر محیط‌ها بود. ارتفاع بوته نیز دارای دامنه تغییرات وسیعی در محیطی‌های مختلف بود به‌طوریکه در هر یک از محیط‌ها برخی از ژنوتیپ‌ها به‌عنوان پاکوتاه‌ترین ژنوتیپ و در محیط دیگر جز پابلندترین ژنوتیپ شناسایی شدند. از نظر عمکلرد دانه و سایر ژنوتیپ‌ها نیز روند مشابهی مشاهده شد. به‌عنوان ژنوتیپ‌های G1، G3، G6 و G12 در محیط کرج، ژنوتیپ‌های G3، G6، G10 و G16 در محیط بیرجند و ژنوتیپ‌های G4، G10، G14 و G16 در محیط زابل دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. با توجه به اینکه انتخاب در هر یک از محیط‌ها نتایج متفاوتی در برداشت لذا به‌منظور انتخاب همزمان عملکرد و پایداری آن از مدل‌های مخلوط استفاده شد (۱۷).

مقادیر میانگین عملکرد دانه و هر یک از آماره‌های مبتنی بر مدل BLUP مانند HMGV، RPGV و HMRPGV برای ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در جدول ۴ ذکر شده است. در این روش‌ها ژنوتیپی پایدار است که بیشترین مقدار عددی را داشته باشد، بنابراین با توجه به هر سه آماره‌ی HMGV، RPGV و HMRPGV ژنوتیپ‌های G3، G6، G10 و G23 بیشترین مقدار از نظر پایداری و عملکرد دانه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند. از طرفی ژنوتیپ‌های G19، G20، G21 و G22 با کمترین مقدار آماره‌های HMGV، RPGV و HMRPGV جزء ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و دانه و پایداری بودند. پیش از این علیپور و همکاران (۴) در ارزیابی عملکرد دانه و پایداری آن در مجموعه‌ای از ارقام گندم ایرانی از آماره‌های فوق استفاده نمودند و با استفاده از این آماره‌ها و سایر آماره‌های پایداری و ناپارامتری قادر به شناسایی ارقام پر بازده و پایدار شدند. همچنین نتایج بررسی آن‌ها نشان داد بین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری مبتنی بر BLUP همبستگی بسیار معنی‌دار و مثبتی وجود دارد.

همانگونه که از نتایج به دست آمده مشخص شد چهار ژنوتیپ G3، G6، G10 و G23 بر اساس عملکرد دانه و پایداری آن درد سه مکان مختلف جز ژنوتیپ‌های برتر بودند. اگرچه تمام صفاتی و ویژگی های رشدی نهایتاً در عملکرد دانه نمود پیدا خواهند کرد ولی انتخاب بر اساس صفات مختلف می‌تواند در بهبود روند برنامه‌های به‌نژادی مؤثر واقع شود. به‌عنوان مثال در برخی از مناطق که دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشند انتخاب تنها بر مبنای بالا بودن عملکرد مطلوب نبوده و بهتر است برای چنین مناطقی در کنار زودرسی و دوره پرشدن دانه و همچنین ارتفاع بوته نیز توجه نمود. یکی از مزایای استفاده از شاخص MTSI در نظر گرفتن هر یک از صفات اندازه‌گیری شده و دخیل کردن اثرات آن در انتخاب ژنوتیپ‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر در این روش صفات مختلف در انتخاب ژنوتیپ‌ها به‌طور مستقیم سهیم خواهند بود. با توجه به اینکه در زراعت آبی معمولاً ارقام کشت شده به‌طور چشمگیری در معرض تنش آبی قرار نمی‌گیرند پا بلند کوتاهی می‌تواند یک صفت کلیدی برای مقابله با خوابیدگی ساقه باشد. از طرف دیگر در اصلاح برای مقاومت به تنش خشکی صفت زودرسی نقش مهمی در بهبود عملکرد دانه دارد. البته بایستی توجه داشت که زودرسی زمانی مفید خواهد بود که دوره پر شدن دانه محدود نشود و گیاه فرصت لازم برای تکمیل این دوره را داشته باشد تا از چروکیدگی و کاهش وزن دانه جلوگیری کند. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در این پژوهش در مناطق گرمی همچون زابل و بیرجند بررسی شده‌اند لذا در انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب پاکوتاهی، زودرسی و افزایش طول دوره پر شدن دانه به‌عنوان معیارهای گزینش در نظر گرفته شد. برای سایر صفات همچون طول سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مشاهده مقادیر بالا در انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب مدنظر بود. با در نظر گرفتن الگوی مطلوبیت صفات از نظر کمترین و بیشترین مقادیر شاخص MTSI محاسبه شد. در شکل ۲ خط قرمز نشان دهنده مقدار MTSI می‌باشد که برابر ۴/۴ برآورد شده است. در واقع این خط به‌عنوان معیار گزینش ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، همانگونه که مشاهده می‌شود چهار ژنوتیپ G10، G16، G22 و G24 به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

جدول ۴- میانگین صفات اندازه‌گیری شده و آماره‌های پایداری مبتنی بر BLUP در متوسط مکان‌های مختلف

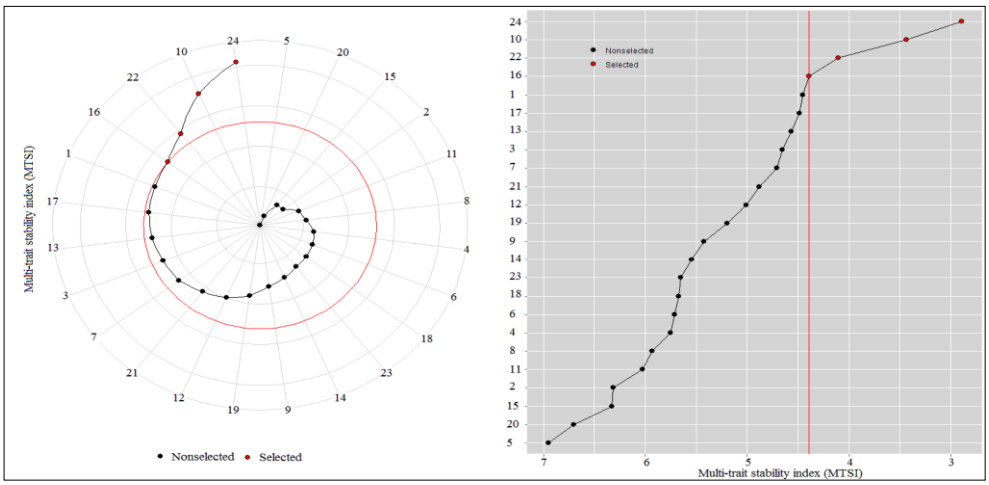
Table 4. Means of the measured traits along with BLUP-based stability statistics across different locations

| HMRPGV | RPGV | HMGV | GY | TGW | SL | PH | GFP | DM | DH | Code |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.10 | 1.02 | 5.21 | 5.22 | 42.10 | 5.63 | 72.33 | 45.67 | 165.67 | 120 | G1 |
| 5.26 | 1.05 | 5.30 | 5.30 | 43.77 | 5.09 | 85.67 | 44.67 | 163.83 | 119.17 | G2 |
| 5.77 | 1.16 | 6.01 | 6.01 | 43.17 | 5.52 | 71.50 | 47.17 | 166.33 | 119.17 | G3 |
| 5.56 | 1.11 | 5.67 | 5.67 | 41.07 | 6.0 | 77.67 | 45.50 | 165.50 | 120 | G4 |
| 4.72 | 95 | 4.70 | 4.70 | 35.40 | 8.06 | 80.33 | 46.33 | 166.50 | 120.17 | G5 |
| 5.83 | 1.16 | 6.03 | 6.03 | 41.13 | 5.48 | 78.33 | 48.50 | 167.83 | 119.33 | G6 |
| 5.40 | 1.08 | 5.49 | 5.49 | 41.20 | 5.78 | 78.33 | 46 | 165.50 | 119.50 | G7 |
| 5.43 | 1.08 | 5.55 | 5.55 | 40.23 | 5.66 | 83.83 | 47 | 167.50 | 120.50 | G8 |
| 5.03 | 1.01 | 5.03 | 5.03 | 45.13 | 7.82 | 79.17 | 45.50 | 166.67 | 121.17 | G9 |
| 5.58 | 1.12 | 5.69 | 5.70 | 45.20 | 7.34 | 70.33 | 46.50 | 164.33 | 117.83 | G10 |
| 5.09 | 1.02 | 5.09 | 5.08 | 41.67 | 7.68 | 78 | 43.83 | 163.67 | 119.83 | G11 |
| 4.94 | 0.99 | 5.01 | 5.01 | 44.93 | 6.55 | 67.83 | 44.50 | 165 | 120.50 | G12 |
| 4.89 | 0.98 | 4.85 | 4.85 | 41 | 8.78 | 71.83 | 43.67 | 162 | 118.33 | G13 |
| 5.22 | 1.05 | 5.24 | 5.23 | 43.43 | 7.29 | 76.67 | 46.33 | 165.83 | 119.50 | G14 |
| 4.71 | 0.95 | 4.72 | 4.73 | 39.33 | 6.61 | 80.17 | 44 | 166.33 | 122.33 | G15 |
| 5.35 | 1.08 | 5.39 | 5.40 | 41.30 | 7.53 | 77 | 43.50 | 163.83 | 120.33 | G16 |
| 4.28 | 0.87 | 4.23 | 4.23 | 42.27 | 6.53 | 77.50 | 44.83 | 163.17 | 118.33 | G17 |
| 4.32 | 0.87 | 4.16 | 4.17 | 37.43 | 6.58 | 70.83 | 45.67 | 165.50 | 119.83 | G18 |
| 4.16 | 0.84 | 4.02 | 4.03 | 34.67 | 6.14 | 70 | 46.67 | 166.33 | 119.67 | G19 |
| 4.11 | 0.82 | 3.90 | 3.92 | 37.70 | 6.83 | 75.33 | 46.67 | 166.67 | 120 | G20 |
| 4.30 | 0.86 | 4.10 | 4.10 | 36.20 | 7.95 | 78.50 | 44.17 | 163.83 | 119.67 | G21 |
| 3.93 | 0.79 | 3.74 | 3.74 | 35.83 | 6.10 | 69.50 | 46.33 | 165.50 | 119.17 | G22 |
| 5.61 | 1.12 | 5.74 | 5.74 | 44.53 | 5.01 | 80 | 45.33 | 166.83 | 121.50 | G23 |
| 5.18 | 1.04 | 5.20 | 5.22 | 43.43 | 6.47 | 68.67 | 42.33 | 162.83 | 120.50 | G24 |
| | | | 51.30 | 55.40 | 55.90 | 60.70 | 46.50 | 44.30 | 64.10 | میانگین تمامی ژنوتیپ‌ها |
| | | | 68.10 | 61.0 | 60 | 69.70 | 45 | 57.70 | 73.30 | میانگین ژنوتیپ‌های منتخب براساس شاخص WAASBY |
| | | | 16.80 | 5.96 | 4.06 | 17.70 | -1.57 | 13.40 | 9.21 | دیفرانسیل گزینش |
| | | | 32.75 | 10.65 | 7.33 | 29.16 | -3.23 | 30.25 | 14.35 | درصد دیفرانسیل گزینش |

DH، DM، GFP، PH، GY، TGW و SL به ترتیب نشان‌دهنده تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و طول سنبه اصلی می‌باشند.

DH, DM, GFP, PH, GY, TGW, and SL indicate the number of days to heading, days to physiological maturity, grain filling period, plant height, grain yield, thousand grains weight, and spike length, respectively.

همچنین دیفرانسیل گزینش برای آماره WAASBY برای صفات تمامی صفات به جز طول دوره پر شدن دانه مثبت بود که بیانگر موثر بودن این آماره در انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و برخوردار از عملکرد بالا می‌باشد (۱۵). میانگین دیفرانسیل گزینش نیز برابر با ۹/۳۶ و بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه (۳۲/۷۵ ٪) و طول سنبله (۷/۳۳ ٪) بود (جدول ۴). در نظر گرفتن پایداری عملکرد دانه یکی از موارد اساسی در ایجاد و توسعه سطح زیر کشت ارقام در مناطق مختلف است. در این راستا با توجه به اینکه عملکرد دانه و بسیاری از صفات دخیل در توجیه تغییرات آن دارای توارث کمی می‌باشند لذا در نظر گرفتن تمامی صفات مرتبط با عملکرد برای شناسایی ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در برنامه‌های اصلاحی امری ضروری به نظر می‌رسد. از اینرو، نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد شاخص MTSI به خوبی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایداری و پر عملکرد بوده به‌طوری از مجموع ژنوتیپ‌های انتخابی توسط این شاخص و ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر اساس روش‌های مبتنی بر BLUP ژنوتیپ G10 به‌عنوان برترین ژنوتیپ انتخاب شد.




شکل ۲- الگوی رتبه‌بندی و ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر اساس شاخص MTSI

Figure 2. The ranking pattern and selected genotypes based on the MTSI index.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

## نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد بین محیط‌های آزمایشی و ژنوتیپ‌های ارزیابی شده از نظر عملکرد دانه و سایر صفات (به جز طول سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله) اختلاف معنی‌داری وجود دارد که زمینه لازم برای بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط فراهم آورد. با توجه به عملکرد دانه و آماره‌های پایداری مبتنی بر روش BLUP چهار ژنوتیپ G3، G6، G16 و G22 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا انتخاب شد. علاوه براین شاخص MTSI با در نظر گرفتن اثرات کلیه صفات اندازه‌گیری شده و همچنین آماره WAASBY نشان داد که ژنوتیپ‌های G10، G16، G22 و G24 می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های ایده‌آل از نظر عملکرد دانه، صفات زراعی و همچنین پایداری عملکرد انتخاب شوند. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در این پژوهش جزء مواد دریافتی از مرکز بین المللی ایکاردا می‌باشند لذا بررسی ژنوتیپ‌های منتخب (G3، G6، G10، G16، G22، G23 و G24) در قالب آزمایشات ارزیابی مشاهده‌ای مقدماتی ( Preliminary barley screening nursery) توصیه می‌شود. با مقایسه نتایج به دست آمده از روش‌های BLUP و MTSI ژنوتیپ G10 به واسطه داشتن برتری از نظر زودرسی، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته مناسب و همچنین دارا بودن وزن هزار دانه و عملکرد قابل قبول در مقایسه با ارقام شاهد هر یک از مناطق اجرای آزمایش می‌تواند به‌عنوان ژنوتیپ کاندید برای بررسی‌های تکمیلی به منظور ارزیابی سازگاری در برنامه‌های به‌نژادی مورد توجه قرار گیرد.

## تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر از نتایج به دست آمده از پروژه مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به شماره ۹۹۱۲۳۸-۱۵۱-۰۳-۰۳-۰۰ استخراج و تهیه شده است. نگارندگان مقاله از موسسه مزبور بخاطر حمایت‌های مالی و معنوی در اجرای پروژه فوق صمیمانه تشکر می‌نمایند.

## منابع

1. Ahakpaz, F., H. Abdi, E. Neyestani, A. Hesami, B. Mohammadi, K. Nader Mahmoudi, G. Abedi-Asl, M.R. Jazayeri Noshabadi, F. Ahakpaz and H. Alipour. 2021. Genotype-by-environment interaction analysis for grain yield of barley genotypes under dryland conditions and the role of monthly rainfall. Agricultural Water Management, 245:10666.
2. Ahmadi, J., B. Vaezi and A. Pour-Aboughadareh. 2016. Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. Genetika, 48:73-85.
3. Ahmadi, K., H. Hatami, F. Abdeshah and V. Kazemian. 2020. Agricultural Statistics (2019-2020 Cropping Year): Crop Plants. Ministry of Agriculture-Jahad 1: 97.
4. Alipour, H., H. Abdi, Y. Rahimi and M.R. Bihamta. 2021. Genotype-by-year interaction for grain yield of Iranian wheat cultivars and its interpretation using *Vrn* and *Ppd* functional markers and environmental covariables. Cereal Research Communications, 49: 681-690.
5. Barati, A., H. Zali, A. Pour-Aboughadareh, A. Gholipour, S. Koohkan, K. Shahbazi Homounlo K.A. Marzoghian, M. Jabari, O. Poodineh and M. Keirgoo. 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).
6. Benakanahalli, N.K., S. Sridhara, N. Ramesh, T. Olivoto, G. Sreekantappa, N. Tamam, A.M.M. Abdelbacki, H.O. Elansary and S.A.M. Abdelmohsen. 2021. A framework for identification of stable genotypes based on MTSI and MGDII Indexes: an example in guar (*Cymopsis tetragonoloba* L.). Agronomy, 11: 1221.
7. Fatemi, F., F. Kianersi, A. Pour-Aboughadareh, P. Poczai and O. Jadidi. 2022. Overview of identified genomic regions associated with various agronomic and physiological traits in barley under abiotic stresses. Applied Sciences, 2(10): 5189.
8. Ghazvini, H., S. Bagherikia, A. Pour-Aboughadareh, M. Sharifalhossaini, S.A. Razavi, S. Mohammadi, M. Ghasemi Kalkhoran, A. Fathihafshejani and G. Khakizade. 2022. GGE biplot analysis of promising barley lines in the cold regions of Iran. Journal of Crop Improvement, 36: 461-472.
9. Gresta, F., G. Avolab, S. Cannavoa and C. Santonocetoa. 2018. Morphological, biological, productive and qualitative characterization of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) genotypes. Industrial Crops and Products, 114: 98-107.
10. Holland, J.B. 2006. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. Crop Science, 46: 642-654.
11. Hussain, T., Z. Akram, G. Shabbir, A. Manaf and M. Ahmed. 2021. Identification of drought tolerant chickpea genotypes through multi trait stability index. Saudi Journal of Biological Sciences, 28: 6818-6828.
12. Khalili, M., A. Pour-Aboughadareh and M.R. Naghavi. 2016. Assessment of drought tolerance in barley: integrated selection criterion and drought tolerance indices. Environmental and Experimental Biology, 14: 33-41.
13. Olivoto, T. and Lucio, A.D. 2020. Metan: An R package for multi-environment trial analysis. Methods in Ecology and Evolution, 11: 783-789.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]

14. Olivoto, T., A.D.C. Licio, J.A.G. da Silva, B.G. Sari and M.I. Diel. 2019. Mean performance and stability in multi-environment trials II: selection based on multiple traits. Agronomy Journal, 111: 2961-2969.
15. Olivoto, T., A.D.C. Licio, J.A.G. da Silva, V.S. Marchioro, V.Q. de Souza and E. Jost. 2019. Mean performance and stability in multi-environment trials I: combining features of AMMI and BLUP techniques. Agronomy Journal, 111: 2949-2960.
16. Pour-Aboughadareh, A., S. Sanjani, H. Nikkhah-Chamanabad, M.R. Mehrvar, A. Asadi and A. Amini. 2021. Identification of salt-tolerant barley genotypes using multiple-traits index and yield performance at the early growth and maturity stages. Bulletin of the National Research Centre, 45:117.
17. Resende, M.D.V. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: A useful tool for plant breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 16: 330-339.
18. Vaezi, B., A. Pour-Aboughadareh, A. Mehraban, T. Hossein-Pour, R. Mohammadi, M. Armion and M. Dorri. 2018. The use of parametric and non-parametric measures for selecting stable and adapted barley lines. Archives of Agronomy and Soil Science, 64: 597-611.
19. Vaezi, B., A. Pour-Aboughadareh, R. Mohammadi, A. Mehraban, T. Hossein-Pour, E. Koohkan, S. Ghasemi, H. Moradkhani and K.H. Siddique. 2019. Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes. Euphytica, 215: 63.
20. Zali, H., M. Dastfal., S.H. Hashemi, F. Farsode., M. Karimi, M. Jafari and Z. Mahdavinia. 2022. Evaluation of seed yield and morphological characteristics of some barley cultivars and promising lines in southern cities of Fars province. Journal of Crop Breeding, 14(41): 63-74 (In Persian) .
21. Zufo, A., F. Steiner, J.G. Aguilera, P.E. Teodoro, L.P.R. Teodoro and A. Busch. 2021. Multi-trait stability index: a tool for simultaneous selection of soya bean genotypes in drought and saline stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 207: 163-169.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.1 ]