



University of Guilan  
Faculty of Agricultural Sciences

## Cereal Research

Vol. 15, No. 3, Autumn 2025 (285-301)

doi: 10.22124/CR.2025.29400.1847

pISSN: 2252-0163 eISSN: 2538-6115



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

### Selection of barley genotypes using morpho-phenological traits under non-stress and terminal drought stress conditions

Mansoor Jafari Zare<sup>1</sup>, Ali Asghari<sup>2\*</sup>, Hassan Zali<sup>3\*</sup>, Omid Sofalian<sup>4</sup> and Alireza Pour-Aboughadareh<sup>5</sup>

1. Ph.D Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (\* Corresponding author: [a\\_asghari@uma.ac.ir](mailto:a_asghari@uma.ac.ir))
3. Research Assistant Professor, Department of Crop and Horticultural Science Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran (\* Corresponding author: [hzali90@yahoo.com](mailto:hzali90@yahoo.com))
4. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
5. Research Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

#### Comprehensive abstract

##### Introduction

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the world's most important cereal crops adapted to a range of abiotic stresses, particularly drought, salinity, and cold. Because barley varieties are widely cultivated under arid and semi-arid regions, the selection and introduction of superior high-yielding drought-tolerant barley cultivars under these stressful conditions is important. The aim of this study was to investigate and compare promising barley genotypes based on morpho-phenological traits under non-stress and terminal drought stress conditions and select high-yielding drought-tolerant genotypes.

##### Materials and methods

In this study, 17 promising barley genotypes and four control genotypes (Including varieties of Auxin, Golchin and Norooz and promising line WB-99-10) were evaluated under two irrigation regimes (non-stress and terminal drought stress conditions) in a randomized complete block design with three replications over two cropping seasons (2002-2024) at the Darab Agricultural Research Station. Drought stress was applied by stopping irrigation at the spike emergence stage. The measured traits included of grain yield, number of spikes per square meter, number of grains per spike, grain weight per spike, thousand grains weight, length of grain filling period, spike length, awn length, plant height, number of days to heading, number of days to maturity, grain filling rate, the number of rows of spikes, type of awn, spike harvest index and spike fertility index. Principal component analysis (PCA) and cluster analysis were used to grouping of genotypes, and the silhouette index was used to evaluate the optimal number of groups.

##### Research findings

Analysis of variance revealed significant differences among genotypes for all studied traits in both conditions, indicating substantial genetic diversity. Under non-stress conditions, genotypes 4, 21, and 20 yielded the highest grain yields (6406, 6343, and 6310 kg.ha<sup>-1</sup>, respectively), whereas under drought stress, genotypes 4, 20, and 16 led with 5122, 4849, and 4717 kg.ha<sup>-1</sup>. Drought stress caused the greatest relative declines in grain yield (24.6%), grain filling rate (22.6%), thousand grain weight



(13.7%) grain weight per spike (13.5%), and spike weight (12.5%). Correlation analysis showed positive, significant associations between grain yield and days to maturity, grain-filling rate, spike harvest index and spike fertility index under both irrigation regimes, identifying them as reliable selection indices for drought tolerance. PCA grouped genotypes into three main clusters in each environment. However, silhouette index diagram classified all genotypes into two and four groups under non-stress and stress conditions, respectively. Based on cluster analysis under non-stress conditions, genotypes 9, 12, 13, 17, 18 and 19 were placed in group one and the other genotypes in group two, while under drought stress conditions, genotypes 12, 13 and 19 were placed in group one, genotypes 9, 17 and 18 in group two, genotypes 11 and 21 in group three and the other genotypes in group four.

### **Conclusion**

In summary, PCA results were similar in the two irrigation regimes and most of the superior genotypes were in group two. PCA identified traits of days to maturity, grain-filling rate, grain yield, spike harvest index and spike fertility index as robust selection criteria under both stress and non-stress conditions. Based on cluster analysis under stress conditions, genotypes in group four were among the superior genotypes and had higher values than the total mean in terms of grain yield, grain filling rate, grain filling period, days to maturity, number of grains per spike and spike fertility index. Comparison of the selected genotypes in both cluster analysis and PCA methods showed strong agreement in grouping the studied genotypes. Overall, based on the results of this experiment, genotype number 4 can be recommended as a superior candidate for developing drought-tolerant genotypes in barley breeding programs.

**Keywords:** Agronomic traits, Cluster analysis, Correlation analysis, Grain yield, Principal component analysis

---

Received: December 27, 2024

Accepted: August 16, 2025

### **Cite this article:**

Jafari Zare, M., Asghari, A., Zali, H., Sofalian, O., & Pour-Aboughadareh, A.R. (2025). Selection of barley genotypes using morpho-phenological traits under non-stress and terminal drought stress conditions. *Cereal Research*, 15(3), 285-301. doi: [10.22124/CR.2025.29400.1847](https://doi.org/10.22124/CR.2025.29400.1847).



## گزینش ژنوتیپ‌های جو با استفاده از صفات مورفو- فنولوژیک تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل

منصور جعفری زارع<sup>۱</sup>، علی اصغری<sup>۲\*</sup>، حسن زالی<sup>۳\*</sup>، امید سفالیان<sup>۴</sup> و علیرضا پورابوقداره<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (\* نویسنده

مسئول: [a\\_asghari@uma.ac.ir](mailto:a_asghari@uma.ac.ir))

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران (\* نویسنده مسئول: [hazali90@yahoo.com](mailto:hazali90@yahoo.com))

۴- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۵- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

### چکیده جامع

**مقدمه:** جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از گیاهان مهم خانواده غلات است که دامنه سازگاری وسیعی به انواع تنش‌های غیرزیستی به‌ویژه خشکی، شوری و سرما دارد. با توجه به این که سطح گسترده‌ای از کاشت رقم‌های جو تحت شرایط خشک و نیمه‌خشک انجام می‌شود، بنابراین گزینش و معرفی رقم‌های برتر و متحمل به خشکی جو که بتوانند عملکرد مناسبی تحت این شرایط تولید کنند، حائز اهمیت است. هدف از اجرای این مطالعه، بررسی و مقایسه ژنوتیپ‌های امیدبخش جو از نظر صفات مورفو- فنولوژیک تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل و گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به خشکی بود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه، ۱۷ ژنوتیپ امیدبخش جو و چهار ژنوتیپ شاهد (شامل رقم‌های اکسین، گلچین و نوروز و لاین امیدبخش WB-99-10) تحت دو رژیم آبیاری (شرایط عدم تنش و تنش خشکی انتهایی فصل رشد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو فصل زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۱) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله‌ها انجام شد. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول دوره پر شدن دانه، طول ریشک، طول سنبله، ارتفاع بوته، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، نوع ریشک، تعداد ردیف، شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله بود. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تجزیه خوشه‌ای و برای ارزیابی بهینه گروه‌ها از شاخص نیم‌رخ استفاده شد.

**یافته‌های تحقیق:** تجزیه واریانس داده‌ها وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها را برای تمامی صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش نشان داد که بیانگر تنوع ژنتیکی قابل توجه بین ژنوتیپ‌ها است. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۱ و ۲۰ بالاترین عملکرد دانه (به ترتیب ۶۴۰۶، ۶۳۴۳ و ۶۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) را داشتند، در حالی که در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۰ و ۱۶ به ترتیب با عملکرد ۵۱۲۲، ۴۸۴۹ و ۴۷۱۷ کیلوگرم در هکتار پیش‌تاز بودند.

تنش خشکی، بیشترین کاهش نسبی را به ترتیب در صفات عملکرد دانه (۲۴/۶ درصد)، سرعت پر شدن دانه (۲۲/۶ درصد)، وزن هزار دانه (۱۳/۷ درصد)، وزن دانه در سنبله (۱۳/۵ درصد) و وزن سنبله (۱۲/۵ درصد) ایجاد کرد. تجزیه همبستگی وجود ارتباط مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه را با تعداد روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله در هر دو رژیم آبیاری نشان داد و آن‌ها را به‌عنوان شاخص‌های انتخاب قابل اعتماد برای تحمل به خشکی معرفی کرد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ژنوتیپ‌ها را در هر دو رژیم آبیاری به سه گروه اصلی گروه‌بندی کرد، با این حال، نمودار شاخص نیم‌رخ، ژنوتیپ‌ها را در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به ترتیب به دو و چهار گروه طبقه‌بندی کرد. بر مبنای تجزیه خوشه‌ای در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ در گروه یک و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه دوم قرار گرفتند، در حالی که در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۳ و ۱۹ در گروه یک، ۹، ۱۷ و ۱۸ در گروه دو، ۱۱ و ۲۱ در گروه سه و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه چهار گروه‌بندی شدند.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور خلاصه، نتایج PCA در دو رژیم آبیاری مشابه بود و بیش‌تر ژنوتیپ‌های برتر در گروه دوم قرار گرفتند. نتایج PCA صفات تعداد روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله را به‌عنوان معیارهای انتخاب مناسب در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شناسایی کرد. بر اساس تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های گروه چهار جزو ژنوتیپ‌های برتر بودند و از لحاظ صفات عملکرد دانه، سرعت پر شدن دانه، دوره پر شدن دانه، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در سنبله و شاخص باروری سنبله دارای مقادیر بالاتر از میانگین کل بودند. مقایسه ژنوتیپ‌های انتخابی در هر دو روش تجزیه خوشه‌ای و PCA، مطابقت قوی در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها را نشان داد. به‌طور کلی و بر مبنای نتایج این آزمایش، می‌توان ژنوتیپ شماره ۴ را به‌عنوان کاندیدای برتر به‌منظور تهیه ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در برنامه‌های به‌نژادی جو توصیه کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه همبستگی، صفات زراعی، عملکرد دانه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

#### نحوه استناد به این مقاله:

جعفری زارع، منصور، اصغری، علی، زالی، حسن، سفالیان، امید، و پورابوقداره، علیرضا. (۱۴۰۴). گزینش ژنوتیپ‌های جو با استفاده از صفات مورفو-فنولوژیک تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. تحقیقات غلات، ۱۵(۳)، ۲۸۵-۳۰۱.  
doi: [10.22124/CR.2025.29400.1847](https://doi.org/10.22124/CR.2025.29400.1847)

## مقدمه

جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان اهلی است که با توجه به موارد استفاده زیاد آن در تغذیه انسان و دام و صنایع تبدیلی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده غلات در نظر گرفته می‌شود (Martínez-López *et al.*, 2022). جو دامنه سازگاری وسیعی به انواع شرایط محیطی و تنش‌های غیرزیستی به‌ویژه خشکی، شوری و سرما دارد (Vaezi *et al.*, 2017). همچنین در مناطقی از نواحی خشک که بارندگی برای تولید گندم کافی نیست، جو می‌تواند جایگزین گندم شود (Zali & Barati, 2020).

گیاهان زراعی همواره در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند. در واقع این تنش‌ها رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در نهایت باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شوند (Farooq *et al.*, 2011). تنش خشکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب بسته‌شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز و کمبود مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه‌ها و کاهش دوره پر شدن دانه‌ها می‌شود و بیش‌تر از سایر تنش‌های محیطی، عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Boyer, 1996). مناطق مستعد خشک‌سالی، ۱۶/۲ تا ۴۱/۲ درصد از زمین‌های قابل کشت در سراسر جهان را تشکیل می‌دهند و تأثیر منفی در تنش خشکی تقریباً در تمام مناطق آب و هوایی رخ می‌دهد (Kebede *et al.*, 2019). تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی، از طریق تسریع پیری برگ‌ها، کاهش طول دوره رشد و کاهش سرعت پرشدن دانه، منجر به کاهش میانگین وزن دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Royo *et al.*, 2000). در بیش‌تر مناطق کشت غلات، پر شدن دانه معمولاً زمانی صورت می‌گیرد که دمای هوا و تنش خشکی در حال افزایش است. حتی در شرایط آب و هوایی مناسب نیز مواد پرورده جاری ممکن است برای پرشدن طبیعی دانه‌ها کافی نباشد (Blum, 1996). گزارش شده است که سهم ذخایر ساقه در پر شدن دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌ترتیب حدود ۶۷ و ۳۸ درصد است (Ebadi *et al.*, 2012).

بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک و فنولوژیک گیاه جو جهت تعیین اهمیت هر یک از آن‌ها در افزایش عملکرد دانه و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی از اهمیت خاصی برخوردار است. مطالعات متعددی در رابطه با تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد جو بر عملکرد دانه انجام شده است. در تحقیقی اثر تنش خشکی بر

ویژگی‌های زراعی و مورفولوژیک جو بدون پوشینه بررسی و گزارش شد که تنش خشکی منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نسبت به شرایط بدون تنش شد (Bagheri & Heydari Sharifabad, 2007). پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad *et al.*, 2017) اثر تنش خشکی آخر فصل را بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ۱۰ رقم جو مورد بررسی قرار دادند و مشخص کردند که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و طول پدانکل شد. همچنین مشخص شد که صفات عملکرد کاه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله جزو تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه بودند. نتایج آزمایش آرمجو و نیکخواه (Arazmjoo & Nikkhhah, 2022) روی ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش جو نشان داد که میانگین صفات فنولوژیک تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن دانه در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب ۵/۹ و ۶/۵ روز در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافت. همچنین، وزن هزار دانه به‌میزان ۸/۴ درصد و عملکرد دانه به‌میزان ۱۴/۸ درصد تحت شرایط خشکی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت.

نتایج تحقیقات بسیاری نشان داده است که تنش خشکی در مراحل مختلف نمو گندم، باعث کاهش عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اجزای عملکرد دانه گندم می‌شود (Gooding *et al.*, 2003; Emam *et al.*, 2007). همچنین، مطالعه برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه لاین‌های گندم در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش صفات مورد بررسی به‌ویژه عملکرد دانه و تعداد سنبله در هر بوته شد (Moghaddasi *et al.*, 2010). تنش خشکی از طریق کاهش وزن دانه موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. شاخص باروری سنبله یا تعداد دانه در واحد خشک سنبله می‌تواند به‌عنوان یک شاخص در بهبود تعداد دانه در واحد سطح مفید باشد (Ferrante *et al.*, 2012). مشخص شده است که این صفت همبستگی معنی‌داری با تعداد دانه در گندم دارد (Elía *et al.*, 2016).

با توجه به این‌که رقم‌های جو در مناطق نیمه‌خشک در مراحل رشد خود با تنش خشکی مواجه می‌شوند و با توجه به اهمیت ارزیابی مقدماتی ژنوتیپ‌های جدید در این مناطق، تحقیق حاضر اجرا شد که هدف از آن، بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک و فنولوژیک ژنوتیپ‌های امیدبخش جو و شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها بود.

## مواد و روش‌ها

پنجه‌زنی و انتهای مرحله ساقه‌رفتن به‌صورت سرک) و کودهای فسفر (از منبع دی‌آمونیم فسفات) و پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) به‌ترتیب به‌مقدار ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار هر دو به‌صورت پایه و پیش از کاشت به خاک اضافه شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ به‌ترتیب با استفاده از علف‌کش‌های انتخابی توفوردی و اکسیال انجام شد. صفات مورفو-فنولوژیک مورد بررسی در این آزمایش و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. برای برآورد عملکرد دانه، مساحت شش متر مربع از کرت‌ها پس از حذف حاشیه، با استفاده از کمباین آزمایشی غلات (Wintersteiger, Austria) برداشت و پس از توزین برحسب کیلوگرم در هکتار ثبت شد.

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای بر مبنای میانگین داده‌های هر ژنوتیپ استفاده شد. برای انجام تجزیه خوشه‌ای از روش حداقل واریانس وارد و برای ارزیابی بهینه گروه‌ها از شاخص نیم‌رخ (Silhouette) استفاده شد (Kaufman & Rousseeuw, 1990). جهت ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به خشکی از میانگین دو ساله ژنوتیپ‌ها استفاده شد. تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای و همبستگی بین صفات با استفاده از بسته factoextra در محیط نرم‌افزار R انجام شد (Kassambara & Mundt, 2020).

به‌منظور ارزیابی تعدادی از ژنوتیپ‌های امیدبخش جو از نظر عملکرد دانه و برخی از صفات مورفو-فنولوژیک، ۱۷ لاین امیدبخش به‌همراه سه رقم اکسین، گلچین و نوروز و لاین امیدبخش WB-99-10 به‌عنوان شاهد در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهای فصل طی دو سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۱ مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب واقع در جنوب شرقی استان فارس در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی انجام شد. این منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک با متوسط بارندگی ۲۸۵ میلی‌متر است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۸۰ متر می‌باشد. شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در همه آزمایش‌ها در تاریخ پانزدهم آذرماه در شش خط به‌طول پنج متر (شش متر مربع) با تراکم ۳۰۰ دانه در متر مربع با استفاده از دستگاه بذرکار آزمایشی غلات (Wintersteiger, Austria) کشت شدند. برای آبیاری از سیستم قطره‌ای نواری (تیپ) استفاده و تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله‌ها اعمال شد. کود ازت از منبع اوره به‌مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و در دو نوبت (اوایل

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های جو مورد بررسی در این آزمایش

Table 1. Pedigree of the studied barley genotypes in this experiment

| Genotype | Pedigree of genotypes                                                                                |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| G1       | Oxin (Check)                                                                                         |
| G2       | Golchin (Check)                                                                                      |
| G3       | Kavir/Badia/3/Torsh/9cr.279-07/Bgs/4/Karoon/Kavir/5/Rojo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/Com"S"         |
| G4       | Yousef/3/Ligia//Rhn/Lignee 527                                                                       |
| G5       | Anoidium/Arbayan-01/3/Lignee527/NK1272//JLB70-63/4/MBD-82-9(D10)                                     |
| G6       | GOB/ALELI//CANELA/3/ARUPO*2/JET/4/ARUPO/K8755//MORA/5/Rojo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/Com"S"       |
| G7       | Kavir/Badia/3/Torsh/9cr.279-07//Bgs/4/Karoon/Kavir/5/Nik/6/rojo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/ Com"S" |
| G8       | ICNB-105960/Torkman//Nosrat/3/Bda/Rhn-03//ICB-107766                                                 |
| G9       | Legia//Rhn/Lignee 527/3/Rhn03/4/Rojo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/Com"S"                             |
| G10      | M104/PFC 88210//DOÑA JOSEFA                                                                          |
| G11      | WABAR2242//LIMON/BICHY2000                                                                           |
| G12      | Kavir/Badia/3/Torsh/9cr.279-07/Bgs/4/Karoon/Kavir/5/Nosrat                                           |
| G13      | Kavir/Badia/3/Torsh/9cr.279-07/Bgs/4/Karoon/Kavir/5/Nosrat                                           |
| G14      | Beecher/Kavir                                                                                        |
| G15      | Rajo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/Com"S"/4/Comp 89-9Cr-79-                                           |
| G16      | Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/3/Rhn-03//Lignee527/As45                                                |
| G17      | Bgs/Dajia//L.1242/3/L.B.IRAN/Una8271//Gloria'S/3/Alm/Una80//.../4/Kavir                              |
| G18      | Bgs/Dajia//L.1242/3/L.B.IRAN/Una8271//Gloria'S/3/Alm/Una80//.../4/Kavir                              |
| G19      | Rajo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/Com"S"/4/Bereke-54                                                 |
| G20      | WB-99-10 (Check)                                                                                     |
| G21      | Norooz (Check)                                                                                       |

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش طی دو سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۱

Table 2. Meteorological information of the experimental site during two cropping years 2022-2024

| Year | Month | Temperature (°C) |         |       |           | Air humidity (%) |         | Precipitation (mm) |
|------|-------|------------------|---------|-------|-----------|------------------|---------|--------------------|
|      |       | Minimum          | Maximum | Mean  | Dew point | Minimum          | Maximum |                    |
| 1401 | 7     | 15.63            | 29.37   | 23.33 | 2.97      | 8.77             | 29.27   | 0                  |
| 1401 | 8     | 11.10            | 22.17   | 16.97 | 5.80      | 24.03            | 56.97   | 33                 |
| 1401 | 9     | 5.40             | 16.23   | 11.50 | 2.07      | 27.63            | 60.77   | 8                  |
| 1401 | 10    | 1.50             | 10.73   | 6.77  | 2.33      | 42.03            | 78.33   | 120                |
| 1401 | 11    | 3.50             | 12.70   | 8.63  | 3.30      | 40.77            | 76.07   | 68                 |
| 1401 | 12    | 8.31             | 20.00   | 14.55 | 2.69      | 22.66            | 62.17   | 14                 |
| 1402 | 1     | 9.77             | 22.35   | 16.84 | 2.81      | 16.94            | 56.23   | 0                  |
| 1402 | 2     | 15.61            | 29.06   | 23.19 | 2.00      | 10.68            | 34.97   | 0                  |
| 1402 | 3     | 21.61            | 35.26   | 29.48 | 7.97      | 8.90             | 31.58   | 0                  |
| 1402 | 4     | 24.68            | 38.23   | 32.35 | 13.55     | 7.87             | 29.06   | 0                  |
| 1402 | 5     | 23.00            | 36.16   | 30.45 | 14.71     | 8.90             | 33.87   | 1                  |
| 1402 | 6     | 22.52            | 35.32   | 29.61 | 15.45     | 10.16            | 28.23   | 0                  |
| 1402 | 7     | 16.93            | 30.17   | 24.30 | 7.17      | 11.30            | 32.67   | 0                  |
| 1402 | 8     | 10.87            | 21.40   | 16.87 | 6.17      | 25.53            | 60.13   | 23                 |
| 1402 | 9     | 5.03             | 16.53   | 11.37 | 0.60      | 25.00            | 59.07   | 7                  |
| 1402 | 10    | 4.43             | 15.27   | 10.50 | -1.20     | 25.10            | 59.63   | 0                  |
| 1402 | 11    | 4.30             | 14.77   | 10.03 | 0.63      | 28.53            | 65.80   | 40                 |
| 1402 | 12    | 5.10             | 16.59   | 11.45 | 0.55      | 25.86            | 67.83   | 72                 |
| 1403 | 1     | 9.68             | 20.06   | 15.35 | 8.52      | 31.84            | 73.48   | 133                |
| 1403 | 2     | 13.61            | 24.84   | 20.00 | 11.10     | 26.16            | 64.52   | 47                 |
| 1403 | 3     | 21.29            | 35.19   | 29.39 | 5.84      | 7.42             | 26.45   | 0                  |
| 1403 | 4     | 25.42            | 38.16   | 32.52 | 17.19     | 10.71            | 31.87   | 1                  |
| 1403 | 5     | 25.68            | 37.65   | 31.81 | 23.26     | 14.74            | 46.35   | 19                 |

جدول ۳- صفات مورفو- فنولوژیک مورد بررسی و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها در ژنوتیپ‌های جو

Table 3. The studied morpho-phenological traits and their measurement method in barley genotypes

| Trait                      | Symbol | Method of measuring traits                                              |
|----------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------|
| Days to spike emergency    | DHE    | Days from Dec. 15 to 50% spike emergence stage                          |
| Days to maturity           | DMA    | Days from Dec. 15 to 50% maturity stage                                 |
| Plant height (cm)          | PLH    | The distance from the crown to end of the spike without the awn         |
| Type of awn                | AT     | Scoring as 3, 5 and 7 for soft, medium and rough, respectively          |
| Grain filling period (day) | GFP    | Days from spike emergence to maturity                                   |
| Grain yield (kg/ha)        | YLD    | Grain weight of each plot in 6 m <sup>2</sup> after removing the border |
| Number of spikes           | NSP    | Average of ten random plants                                            |
| Number of grains per spike | NGS    | Average of ten random spikes                                            |
| Grain weight per spike (g) | SPW    | Average of ten random spikes                                            |
| Thousand grain weight (g)  | TGW    | The weight of 1000 random grains                                        |
| Spike length (cm)          | SL     | Average of ten random plants                                            |
| Awn length (cm)            | AL     | Average of ten random plants                                            |
| Number of rows per spike   | RT     | Two or six rows                                                         |
| Spike harvest index        | SHI    | Ratio of grain weight to spike dry weight                               |
| Spike fertility index      | SFIM   | Number of grains per unit dry weight of spikelet stalk                  |
| Grain filling rate         | GFR    | Ratio of grain yield to grain filling period                            |

## نتایج و بحث

همچنین امکان انجام تجزیه‌های بعدی را میسر می‌سازد. حاجی‌آقا و همکاران (Hajiagha *et al.*, 2019) نیز در آزمایش خود تفاوت معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌های جو از نظر صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، طول سنبله، طول پدانکل، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد گزارش کردند.

نتایج تجزیه واریانس در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که اثرات ژنوتیپ و سال (به‌جز طول سنبله) بر کلیه صفات معنی‌دار بودند (جدول‌های ۴ و ۵). معنی‌دار بودن صفات مورد ارزیابی بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد و بنابراین امکان انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و

توسط سلیمانی و همکاران (Soleimani *et al.*, 2017) ۳۶ درصد گزارش شده است. در مطالعه آرزمجو و نیکخواه چمن‌آباد (Arazmjoo & Nikkhah Chamanabad, 2022) نیز صفات تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در لاین‌های مورد بررسی جو به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کردند.

میانگین عملکرد دانه برای تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به ترتیب ۵۱۹۵ و ۳۹۱۴ کیلوگرم در هکتار بود که نشان دهنده کاهش حدود ۲۴ درصدی عملکرد دانه تحت شرایط تنش در مقایسه با شرایط بدون تنش می‌باشد. کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های جو توسط اکاش و همکاران (Akash *et al.*, 2009) بین ۱۳ تا ۳۷ درصد و

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط بدون تنش

Table 4. Combined analysis of variance of the measured traits in barley genotypes under non-stress conditions

| Source of variation | df | Mean square <sup>†</sup> |                     |                     |            |                      |                       |                    |
|---------------------|----|--------------------------|---------------------|---------------------|------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
|                     |    | DHE                      | DMA                 | PLH                 | TGW        | YLD                  | SWD                   | AL                 |
| Year (Y)            | 1  | 3944.64**                | 6514.57**           | 3866.7**            | 1606.07**  | 168543869.6**        | 1.90**                | 95.7**             |
| Replication / Y     | 4  | 1.17                     | 3.33                | 70.73               | 5.56       | 144080.4             | 0.22                  | 2.85               |
| Genotype (G)        | 20 | 33**                     | 44.35**             | 83684**             | 84.34**    | 4647786**            | 1.91**                | 26.09**            |
| G × Y               | 20 | 8.19**                   | 7.99**              | 104.12*             | 16.32**    | 1721852.2**          | 0.13 <sup>ns</sup>    | 3.31 <sup>ns</sup> |
| Error               | 80 | 1.70                     | 1.77                | 39.41               | 3.87       | 454612.8             | 0.11                  | 2.17               |
| CV (%)              |    | 1.36                     | 0.99                | 6.28                | 4.26       | 13.11                | 12.98                 | 8.52               |
|                     |    | Mean square <sup>†</sup> |                     |                     |            |                      |                       |                    |
|                     |    | SL                       | NGS                 | SPW                 | GFR        | SHI                  | SFIM                  | GFP                |
| Year (Y)            | 1  | 0.70 <sup>ns</sup>       | 274.87*             | 2.45**              | 71520.51** | 0.0147**             | 74500.4**             | 320.64**           |
| Replication / Y     | 4  | 0.59                     | 89.53               | 0.205               | 102.74     | 0.0009               | 6160.39               | 4.76               |
| Genotype (G)        | 20 | 7.27**                   | 557.65**            | 1.51**              | 2072.44**  | 0.0017**             | 20383.37**            | 22.84**            |
| G × Y               | 20 | 0.50 <sup>ns</sup>       | 23.20 <sup>ns</sup> | 0.096 <sup>ns</sup> | 895.45*    | 0.0005 <sup>ns</sup> | 4527.55 <sup>ns</sup> | 10.16**            |
| Error               | 80 | 0.40                     | 34.53               | 0.08                | 341.05     | 0.0005               | 3705.52               | 2.97               |
| CV (%)              |    | 10.46                    | 12.64               | 12.56               | 14.10      | 2.39                 | 24.75                 | 4.33               |

<sup>ns</sup>, \* and \*\* Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

<sup>†</sup> DHE, days to spike emergency; DMA, days to maturity; PLH, plant height (cm); TGW, 1000-grain weight (g); YLD, grain yield (kg.ha<sup>-1</sup>); SWD, spike dry weight (g); AL, awn length (cm); SL, spike length (cm); NGS, number of grains per spike; SPW, grain weight per spike (g); GFR, grain filling rate (kg.day<sup>-1</sup>); SHI, spike harvest index; SFIM, spike fertility index; GFP, grain filling period (day).

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط خشکی

Table 5. Combined analysis of variance of the measured traits in barley genotypes under drought conditions

| Source of variation | df | Mean square        |                    |                      |                    |               |            |                    |
|---------------------|----|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------|------------|--------------------|
|                     |    | DHE                | DMA                | PLH                  | TGW                | YLD           | SWD        | AL                 |
| Year (Y)            | 1  | 5693.72**          | 4915.63**          | 3509.72**            | 832.42**           | 172968346.2** | 5.02**     | 162.99**           |
| Replication / Y     | 4  | 2.58               | 2.22               | 26.54                | 0.634              | 395236.3      | 0.129      | 2.66               |
| Genotype (G)        | 20 | 20.32**            | 48.08**            | 424.92**             | 83.72**            | 3136850.6**   | 1.28**     | 20.09**            |
| G × Y               | 20 | 3.29 <sup>ns</sup> | 4.68 <sup>ns</sup> | 118.56 <sup>ns</sup> | 8.01 <sup>ns</sup> | 1378028**     | 0.364**    | 5.83 <sup>ns</sup> |
| Error               | 80 | 1.26               | 2.38               | 46.25                | 4.13               | 411390.5      | 0.104      | 2.03               |
| CV (%)              |    | 1.18               | 1.15               | 6.48                 | 5.1                | 16.39         | 14.79      | 8.15               |
|                     |    | Mean square        |                    |                      |                    |               |            |                    |
|                     |    | SL                 | NGS                | SPW                  | GFR                | SHI           | SFIM       | GFP                |
| Year (Y)            | 1  | 22.13**            | 6817.13**          | 4.85**               | 125300.85**        | 0.0035**      | 91816.20** | 28.57**            |
| Replication / Y     | 4  | 0.58               | 30.88              | 0.074                | 176.27             | 0.0014        | 8730.35    | 1.95               |
| Genotype (G)        | 20 | 6.02**             | 471.68**           | 0.99**               | 1529.22**          | 0.0014**      | 9562.32**  | 23.43**            |
| G × Y               | 20 | 0.93 <sup>ns</sup> | 112.75**           | 0.29**               | 912.14*            | 0.00095**     | 5844.57**  | 5.65 <sup>ns</sup> |
| Error               | 80 | 0.346              | 34.09              | 0.082                | 254.88             | 0.0003        | 2142.17    | 2.61               |
| CV (%)              |    | 9.84               | 13.05              | 14.86                | 15.65              | 1.91          | 19.82      | 4.20               |

<sup>ns</sup>, \* and \*\* Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

<sup>†</sup> DHE, days to spike emergency; DMA, days to maturity; PLH, plant height (cm); TGW, 1000-grain weight (g); YLD, grain yield (kg.ha<sup>-1</sup>); SWD, spike dry weight (g); AL, awn length (cm); SL, spike length (cm); NGS, number of grains per spike; SPW, grain weight per spike (g); GFR, grain filling rate (kg.day<sup>-1</sup>); SHI, spike harvest index; SFIM, spike fertility index; GFP, grain filling period (day).

است عملکرد کم‌تری داشته باشند (Tabatabaei *et al.*, 2013). میانگین سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش برابر با ۱۰۲/۱ کیلوگرم در روز بود و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ و ۴ به‌ترتیب کم‌ترین (۶۲/۱) کیلوگرم در روز) و بیش‌ترین (۱۲۹/۸) کیلوگرم در روز) سرعت پر شدن را داشتند. در شرایط بدون تنش نیز میانگین سرعت پر شدن دانه برابر با ۱۳۲ کیلوگرم در روز بود و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ و ۲۱ به‌ترتیب با ۹۴/۲ و ۱۶۹/۳ کیلوگرم در روز دارای کم‌ترین و بیش‌ترین سرعت پر شدن دانه بودند. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، ژنوتیپ‌هایی که سرعت پر شدن دانه بالایی داشتند، دارای بیش‌ترین عملکرد دانه بودند و برعکس، ژنوتیپ‌های با کم‌ترین میزان سرعت پر شدن دانه، کم‌ترین مقدار عملکرد دانه را نیز نشان دادند. در بین صفات فنولوژیک، دوره پر شدن دانه نقش مهمی در حفظ وزن دانه و نهایتاً وزن هزار دانه دارد. از این‌رو، در شرایط تنش خشکی دستیابی به رقم‌های زودرس با طول دوره پر شدن دانه بیش‌تر بسیار ارزشمند است. در این مطالعه، ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۲۰ و ۱ در شرایط تنش خشکی و ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۶ و ۴ در شرایط بدون تنش دارای بیش‌ترین دوره پر شدن دانه بودند (جدول ۶). به‌طور کلی، می‌توان اظهار داشت ژنوتیپ‌هایی که زمان رسیدن آن‌ها زودتر است تحمل به تنش خشکی کم‌تری دارند، زیرا برای تکمیل چرخه زندگی خود از مکانیسم فرار استفاده می‌کنند و در نتیجه عملکرد دانه آن‌ها کاهش خواهد یافت. بنابراین، از اختلاف بین زمان سنبله رفتن و زمان رسیدگی احتمالاً می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های با دوره پر شدن بیش‌تر، به خشکی متحمل‌تر باشند (Tabatabaei *et al.*, 2013).

میانگین شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله در شرایط بدون تنش به‌ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۲۴۶ بود. بیش‌ترین شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله به‌ترتیب با ۰/۹۴ و ۳۵۵ به ژنوتیپ شماره ۱۵ و کم‌ترین آن‌ها به‌ترتیب با ۰/۸۷ و ۱۴۳ به ژنوتیپ شماره ۲۰ تعلق داشت. در شرایط تنش خشکی نیز میانگین شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله به‌ترتیب برابر با ۰/۹۱ و ۲۳۳ بود و ژنوتیپ شماره ۱۵ با شاخص برداشت و شاخص باروری سنبله به‌ترتیب برابر با ۰/۸۸ و ۱۵۷ کم‌ترین مقدار و ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ و ۱۶ با شاخص برداشت و شاخص باروری سنبله به‌ترتیب برابر با ۰/۹۳ و ۲۳۳ بیش‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۶).

به‌منظور بررسی میزان تأثیر تنش خشکی بر صفات ارزیابی شده، میانگین هر یک از صفات در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌تفکیک برای هر ژنوتیپ محاسبه و در جدول ۶ ارائه شد. برای مقایسه میانگین صفات مورد بررسی از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. بررسی میانگین صفات مختلف نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۱ و ۲۰ بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر دارای بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (به‌ترتیب ۶۴۰۵، ۶۳۴۳ و ۶۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۰ و ۱۶ بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر دارای بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (به‌ترتیب ۵۱۲۲، ۴۸۴۹ و ۴۷۱۷ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد کاهش صفات در اثر تنش خشکی به‌ترتیب مربوط به عملکرد دانه (۲۴/۶ درصد)، سرعت پر شدن دانه (۲۲/۶ درصد)، وزن هزار دانه (۱۳/۷ درصد)، وزن دانه در سنبله (۱۳/۵ درصد) و وزن سنبله (۱۲/۵ درصد) بود. به‌طور کلی، کاهش نسبی در تمامی صفات اندازه‌گیری شده (به‌جز ارتفاع بوته) در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در تمامی لاین‌های مورد مطالعه مشاهده شد (جدول ۶). باقری و همکاران (Bagheri & Heydari Sharifabad, 2007) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی صفات مختلف جو از جمله عملکرد دانه و اجزای آن به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافتند. افضل‌فر و همکاران (Afzalifar *et al.*, 2011) در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در جو، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و عملکرد دانه در بوته گزارش کردند. در آزمایش دیگری کاهش عملکرد دانه و برخی صفات سنبله جو در شرایط تنش خشکی گزارش شد (Hajiagha *et al.*, 2019).

بررسی میانگین صفت تعداد روز تا ظهور سنبله نشان داد که چهار ژنوتیپ شماره ۸، ۱۴، ۱۰ و ۱۶ دارای کم‌ترین میزان روز تا ظهور سنبله در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بودند. برای صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز سه ژنوتیپ شماره ۱۷، ۱۸ و ۱۹ دارای کم‌ترین مقدار در هر دو شرایط محیطی بودند (جدول ۶). عنوان شده است که ژنوتیپ‌های زودرس در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیررس از نظر عملکرد دانه برتری کم‌تری دارند، زیرا این ژنوتیپ‌ها برای فرار از شرایط تنش، دوره رشد خود را سریع‌تر تکمیل می‌کنند و بنابراین ممکن

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط بدون تنش (N) و تنش خشکی (S)

Table 6. Comparison of means of the studied traits in barley genotypes under non-stress (N) and drought stress (S) conditions

| Ggenotype           | DHE (day) |       | DMA (day) |       | PLH (cm) |       | TGW (g) |      | YLD (kg.ha <sup>-1</sup> ) |      | SWD (g) |      | AL (cm) |      |
|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|----------|-------|---------|------|----------------------------|------|---------|------|---------|------|
|                     | S         | N     | S         | N     | S        | N     | S       | N    | S                          | N    | S       | N    | S       | N    |
| G1                  | 93.5      | 95.2  | 134.0     | 135.3 | 100.5    | 102.5 | 39.5    | 45.5 | 4217                       | 5335 | 1.9     | 2.3  | 18.3    | 18.7 |
| G2                  | 94.5      | 95.7  | 133.7     | 136.7 | 107.0    | 104.3 | 34.7    | 40.6 | 4216                       | 5908 | 2.2     | 2.6  | 17.8    | 18.3 |
| G3                  | 96.0      | 96.5  | 135.8     | 136.3 | 100.0    | 91.7  | 37.7    | 45.9 | 4070                       | 6065 | 1.8     | 2.1  | 18.0    | 17.4 |
| G4                  | 97.7      | 98.0  | 137.3     | 139.3 | 104.8    | 99.7  | 40.6    | 47.8 | 5122                       | 6406 | 2.3     | 2.6  | 18.7    | 17.9 |
| G5                  | 96.0      | 97.2  | 135.3     | 137.3 | 103.2    | 95.3  | 38.7    | 46.8 | 3802                       | 5672 | 1.9     | 2.2  | 14.2    | 14.8 |
| G6                  | 95.0      | 95.2  | 134.3     | 135.0 | 104.3    | 90.0  | 34.5    | 40.7 | 4432                       | 5733 | 2.1     | 2.2  | 16.0    | 15.2 |
| G7                  | 93.8      | 96.3  | 132.8     | 136.3 | 98.8     | 95.3  | 35.9    | 41.1 | 3752                       | 5189 | 1.9     | 2.2  | 16.9    | 17.1 |
| G8                  | 92.3      | 91.2  | 130.8     | 130.5 | 102.7    | 95.2  | 40.9    | 46.4 | 4182                       | 4921 | 2.2     | 2.6  | 17.1    | 16.2 |
| G9                  | 97.0      | 96.8  | 134.5     | 135.8 | 115.8    | 110.5 | 48.9    | 55.3 | 4169                       | 5322 | 2.7     | 3.1  | 19.2    | 19.3 |
| G10                 | 93.0      | 92.8  | 132.7     | 132.7 | 101.2    | 97.3  | 39.2    | 44.6 | 3997                       | 4913 | 2.1     | 2.3  | 15.7    | 14.3 |
| G11                 | 96.8      | 98.0  | 133.3     | 135.0 | 91.2     | 74.7  | 42.2    | 47.8 | 3011                       | 4093 | 1.2     | 1.5  | 19.8    | 20.5 |
| G12                 | 95.2      | 96.3  | 132.7     | 132.3 | 112.0    | 109.5 | 40.1    | 50.0 | 2320                       | 3410 | 2.9     | 3.3  | 18.6    | 16.8 |
| G13                 | 96.0      | 95.7  | 133.8     | 132.7 | 105.8    | 105.3 | 43.2    | 48.9 | 2875                       | 3715 | 2.9     | 3.6  | 17.2    | 17.8 |
| G14                 | 93.5      | 92.7  | 132.7     | 133.5 | 89.8     | 79.0  | 35.6    | 42.9 | 4433                       | 5379 | 2.1     | 2.3  | 13.3    | 13.2 |
| G15                 | 96.2      | 97.2  | 134.8     | 135.7 | 102.5    | 99.0  | 39.4    | 45.3 | 4123                       | 5517 | 2.1     | 2.2  | 19.0    | 19.9 |
| G16                 | 93.2      | 93.2  | 132.8     | 134.3 | 104.5    | 106.0 | 39.6    | 46.3 | 4717                       | 5844 | 2.1     | 2.8  | 16.0    | 17.3 |
| G17                 | 94.7      | 94.5  | 128.7     | 130.2 | 121.7    | 124.7 | 44.8    | 48.3 | 3079                       | 4413 | 2.7     | 3.2  | 21.1    | 19.6 |
| G18                 | 94.0      | 93.7  | 127.7     | 130.3 | 120.0    | 116.3 | 43.4    | 49.4 | 3426                       | 4588 | 2.4     | 2.9  | 18.0    | 20.1 |
| G19                 | 96.8      | 97.0  | 133.0     | 132.2 | 112.0    | 112.7 | 34.7    | 40.1 | 2980                       | 4028 | 2.5     | 2.7  | 18.0    | 18.8 |
| G20                 | 95.7      | 96.5  | 135.7     | 137.0 | 110.8    | 101.5 | 38.6    | 45.1 | 4848                       | 6310 | 2.5     | 2.6  | 16.3    | 15.1 |
| G21                 | 100.0     | 102.0 | 141.3     | 139.5 | 93.8     | 88.5  | 44.1    | 50.3 | 4428                       | 6343 | 1.1     | 1.2  | 17.2    | 15.2 |
| LSD <sub>0.05</sub> | 1.29      | 1.50  | 1.77      | 1.53  | 7.81     | 7.21  | 2.33    | 2.26 | 737                        | 775  | 0.37    | 0.38 | 1.64    | 1.69 |

Table 6. Continued

جدول ۶- ادامه

| Ggenotype           | SL (cm) |      | NGS  |      | SPW (g) |      | GFR (kg.day <sup>-1</sup> ) |       | SHI  |       | SFIM  |       | GFP (day) |      |
|---------------------|---------|------|------|------|---------|------|-----------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-----------|------|
|                     | S       | N    | S    | N    | S       | N    | S                           | N     | S    | N     | S     | N     | S         | N    |
| G1                  | 5.9     | 6.1  | 39.1 | 43.1 | 1.7     | 2.2  | 103.7                       | 128.7 | 0.90 | 0.93  | 242.3 | 288.8 | 40.5      | 40.2 |
| G2                  | 7.1     | 7.5  | 50.9 | 55.8 | 1.9     | 2.3  | 107.6                       | 144.0 | 0.88 | 0.91  | 190.4 | 241.4 | 39.2      | 41.0 |
| G3                  | 4.3     | 4.3  | 37.9 | 40.3 | 1.7     | 2.0  | 100.8                       | 149.9 | 0.93 | 0.93  | 290.2 | 314.9 | 39.8      | 39.8 |
| G4                  | 5.1     | 4.8  | 48.7 | 47.8 | 2.1     | 2.4  | 129.8                       | 152.3 | 0.91 | 0.93  | 238.5 | 276.6 | 39.7      | 41.3 |
| G5                  | 4.7     | 4.6  | 41.5 | 42.0 | 1.8     | 2.1  | 98.1                        | 139.9 | 0.92 | 0.93  | 269.8 | 274.3 | 39.3      | 40.2 |
| G6                  | 5.5     | 5.5  | 49.8 | 50.0 | 1.9     | 2.0  | 112.5                       | 142.5 | 0.91 | 0.92  | 257.8 | 269.3 | 39.3      | 39.8 |
| G7                  | 4.5     | 4.7  | 43.3 | 43.8 | 1.8     | 2.1  | 95.3                        | 128.2 | 0.91 | 0.92  | 258.3 | 280.7 | 39.0      | 40.0 |
| G8                  | 4.6     | 4.7  | 45.6 | 47.7 | 2.0     | 2.3  | 109.1                       | 125.4 | 0.91 | 0.92  | 242.5 | 247.6 | 38.5      | 39.3 |
| G9                  | 6.1     | 6.3  | 45.4 | 48.1 | 2.5     | 2.9  | 111.1                       | 135.5 | 0.93 | 0.93  | 230.5 | 245.9 | 37.5      | 39.0 |
| G10                 | 6.5     | 6.4  | 46.4 | 45.5 | 2.0     | 2.1  | 101.5                       | 121.5 | 0.92 | 0.94  | 271.6 | 330.0 | 39.7      | 39.8 |
| G11                 | 7.6     | 7.8  | 23.6 | 24.6 | 1.1     | 1.3  | 83.3                        | 109.4 | 0.89 | 0.89  | 175.9 | 163.3 | 36.5      | 37.0 |
| G12                 | 7.1     | 5.7  | 52.1 | 53.9 | 2.6     | 2.9  | 62.1                        | 94.2  | 0.88 | 0.89  | 161.1 | 155.2 | 37.5      | 36.0 |
| G13                 | 6.0     | 6.6  | 55.2 | 63.1 | 2.6     | 3.3  | 76.3                        | 100.0 | 0.88 | 0.92  | 157.1 | 199.4 | 37.8      | 37.0 |
| G14                 | 4.7     | 4.6  | 47.5 | 49.1 | 1.9     | 2.1  | 114.1                       | 131.6 | 0.92 | 0.94  | 313.2 | 354.9 | 39.2      | 40.8 |
| G15                 | 6.1     | 5.7  | 41.8 | 41.6 | 1.9     | 2.0  | 107.6                       | 142.7 | 0.91 | 0.91  | 247.9 | 232.0 | 38.7      | 38.5 |
| G16                 | 6.4     | 6.9  | 44.0 | 52.1 | 1.9     | 2.6  | 121.7                       | 143.1 | 0.91 | 0.92  | 236.6 | 234.3 | 39.7      | 41.2 |
| G17                 | 7.3     | 7.8  | 48.1 | 53.0 | 2.4     | 2.8  | 92.6                        | 123.7 | 0.90 | 0.90  | 201.6 | 170.3 | 34.0      | 35.7 |
| G18                 | 6.2     | 7.1  | 45.5 | 48.4 | 2.2     | 2.5  | 104.7                       | 119.8 | 0.91 | 0.87  | 230.2 | 143.2 | 33.7      | 36.7 |
| G19                 | 6.6     | 6.7  | 55.8 | 55.2 | 2.2     | 2.5  | 83.2                        | 114.2 | 0.89 | 0.90  | 211.9 | 208.8 | 36.2      | 35.2 |
| G20                 | 6.4     | 5.9  | 55.3 | 50.3 | 2.3     | 2.4  | 120.6                       | 155.3 | 0.91 | 0.93  | 246.2 | 304.5 | 40.0      | 40.5 |
| G21                 | 6.9     | 6.5  | 21.9 | 20.6 | 1.0     | 1.1  | 107.6                       | 169.3 | 0.91 | 0.92  | 229.4 | 230.3 | 41.3      | 37.5 |
| LSD <sub>0.05</sub> | 0.68    | 0.72 | 6.71 | 6.75 | 0.33    | 0.33 | 18.34                       | 21.22 | 0.02 | 0.025 | 53.18 | 69.94 | 1.86      | 1.98 |

DHE, days to spike emergency; DMA, days to maturity; PLH, plant height (cm); TGW, 1000-grain weight (g); YLD, grain yield (kg.ha<sup>-1</sup>); SWD, spike dry weight (g); AL, awn length (cm); SL, spike length (cm); NGS, number of grains per spike; SPW, grain weight per spike (g); GFR, grain filling rate (kg.day<sup>-1</sup>); SHI, spike harvest index; SFIM, spike fertility index; GFP, grain filling period (day).

ظهور سنبله منفی و معنی‌دار گزارش شد (Nikkhah *et al.*, 2010). در شرایط این آزمایش، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد روز تا ظهور سنبله مشاهده نشد، در حالی که همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی معنی‌دار بود. علاوه بر این، مقایسه همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که اگرچه این همبستگی در هر دو شرایط معنی‌دار بود، اما میزان این همبستگی در شرایط تنش خشکی (\* $0/46$ ) به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش (\*\* $0/76$ ) کاهش یافت (شکل ۱).

### تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

به‌منظور کاهش حجم داده‌ها برای تحلیل و تفسیر بهتر ژنوتیپ‌ها و صفات مورد مطالعه و همچنین گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و صفات، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده و نتایج در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌ترتیب در شکل‌های A-۲ و B-۲ ارائه شد. نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش، اولین و دومین مؤلفه اصلی به‌ترتیب  $44/1$  و  $22/6$  درصد و دو مؤلفه در مجموع  $66/7$  درصد از تغییرات یا واریانس کل را توجیه کردند. در مؤلفه اصلی اول، صفات عملکرد دانه، سرعت پر شدن دانه، تعداد روز تا رسیدگی، شاخص باروری سنبله، وزن خشک سنبله، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت سنبله و وزن دانه در سنبله و در مؤلفه اصلی دوم صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ظهور سنبله، وزن دانه در سنبله، شاخص باروری سنبله، وزن خشک سنبله، شاخص برداشت سنبله و طول ریشک به‌ترتیب دارای بیش‌ترین سهم بودند (شکل A-۲). در شرایط تنش خشکی انتهای فصل نیز دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب  $39/2$  و  $22/7$  درصد و در مجموع  $61/9$  درصد از تغییرات کل صفات مورد مطالعه را توصیف کردند. در مؤلفه اصلی اول، صفات طول دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه، شاخص باروری سنبله، ارتفاع بوته، وزن خشک سنبله و وزن دانه در سنبله به‌ترتیب بیش‌ترین سهم را به‌خود اختصاص دادند، در حالی که در مؤلفه دوم صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ظهور سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن خشک سنبله، طول سنبله، شاخص برداشت سنبله، شاخص باروری سنبله و طول ریشک به‌ترتیب بیش‌ترین سهم را داشتند (شکل B-۲).

با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  سال برای تعدادی از صفات مورد اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش (جدول ۴) و تنش خشکی (جدول ۵)، مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در سال‌های جداگانه با استفاده از آزمون LSD انجام و به‌ترتیب در جدول‌های ۷ (شرایط بدون تنش) و ۸ (شرایط تنش خشکی) ارائه شد. در مجموع نتایج بیانگر کاهش صفات مورد بررسی در سال دوم نسبت به سال اول در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود. نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش، کاهش معنی‌داری در صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه در همه ژنوتیپ‌ها در سال دوم نسبت به سال اول مشاهده شد (جدول ۷). در شرایط تنش خشکی نیز در سال دوم نسبت به سال اول، کاهش معنی‌داری در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات عملکرد دانه، وزن خشک خوشه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، سرعت پر شدن دانه، شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله مشاهده شد (جدول ۸).

### همبستگی بین صفات

ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهای فصل به‌ترتیب در شکل‌های A-۱ و B-۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش، عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و با صفات وزن دانه در سنبله و وزن خشک خوشه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بود. در مقابل، بین عملکرد دانه با سایر صفات مورد ارزیابی در این مطالعه در شرایط بدون تنش همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (شکل A-۱). بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی نیز نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (شکل B-۱). در آزمایشی که به‌منظور ارزیابی صفات موثر بر عملکرد دانه در رقم‌های جو تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل انجام شد، همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد روز تا

جدول ۷- مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌های جو در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ (Y1) و ۱۴۰۲-۱۴۰۳ (Y2) تحت شرایط بدون تنش  
Table 7. Comparison of means of barley genotypes in 2022-2023 (Y1) and 2023-2024 (Y2) cropping years under non-stress conditions

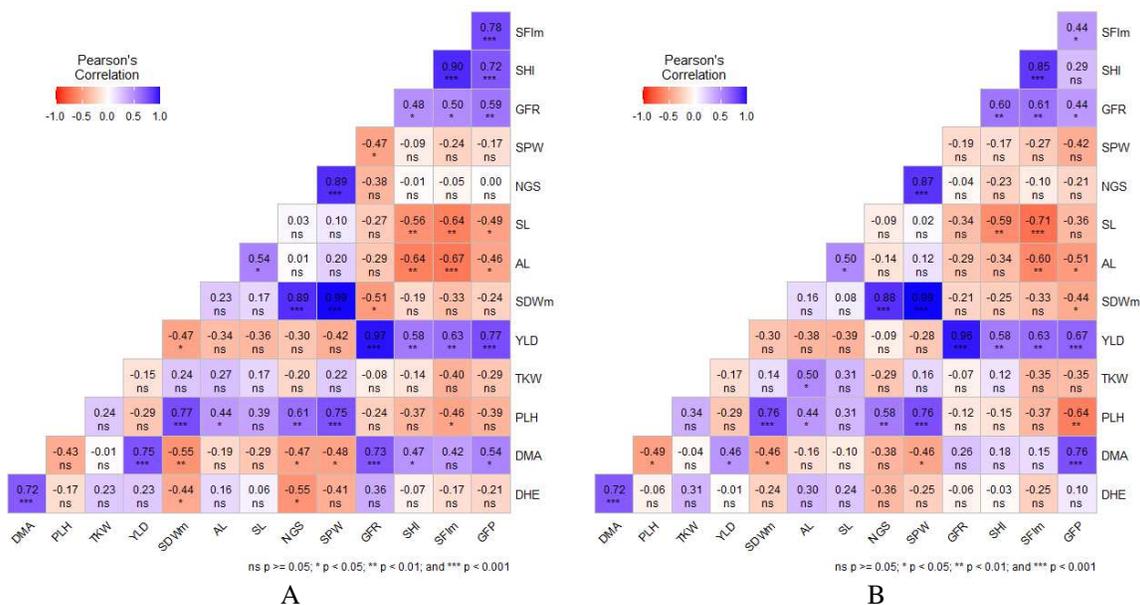
| Genotype            | DHE (day) |      | DMA (day) |       | PLH (cm) |       | TGW (g) |      | YLD (kg.ha <sup>-1</sup> ) |      | GFR (kg.day <sup>-1</sup> ) |       | GFP (day) |      |
|---------------------|-----------|------|-----------|-------|----------|-------|---------|------|----------------------------|------|-----------------------------|-------|-----------|------|
|                     | Y1        | Y2   | Y1        | Y2    | Y1       | Y2    | Y1      | Y2   | Y1                         | Y2   | Y1                          | Y2    | Y1        | Y2   |
| G1                  | 99.7      | 90.7 | 142.7     | 128.0 | 112.0    | 93.0  | 50.1    | 41.0 | 8017                       | 2653 | 186.4                       | 70.9  | 43.0      | 37.3 |
| G2                  | 101.3     | 90.0 | 143.3     | 130.0 | 115.3    | 93.3  | 41.2    | 40.0 | 6658                       | 5158 | 158.5                       | 129.5 | 42.0      | 40.0 |
| G3                  | 101.0     | 92.0 | 143.3     | 129.3 | 97.3     | 86.0  | 49.3    | 42.4 | 7922                       | 4208 | 187.1                       | 112.6 | 42.3      | 37.3 |
| G4                  | 102.0     | 94.0 | 145.7     | 133.0 | 106.3    | 93.0  | 50.3    | 45.3 | 8075                       | 4736 | 185.1                       | 119.5 | 43.7      | 39.0 |
| G5                  | 102.0     | 92.3 | 145.0     | 129.7 | 102.0    | 88.7  | 52.0    | 41.7 | 6819                       | 4525 | 158.6                       | 121.1 | 43.0      | 37.3 |
| G6                  | 100.7     | 89.7 | 144.0     | 126.0 | 95.0     | 85.0  | 43.4    | 38.1 | 6956                       | 4511 | 160.2                       | 124.7 | 43.3      | 36.3 |
| G7                  | 101.3     | 91.3 | 144.3     | 128.3 | 109.3    | 81.3  | 44.3    | 37.8 | 6708                       | 3670 | 156.1                       | 100.2 | 43.0      | 37.0 |
| G8                  | 99.3      | 83.0 | 138.3     | 122.7 | 100.7    | 89.7  | 49.4    | 43.4 | 6192                       | 3650 | 158.8                       | 92.1  | 39.0      | 39.7 |
| G9                  | 102.0     | 91.7 | 144.0     | 127.7 | 116.7    | 104.3 | 61.8    | 48.8 | 6308                       | 4336 | 150.2                       | 120.8 | 42.0      | 36.0 |
| G10                 | 99.3      | 86.3 | 141.0     | 124.3 | 100.0    | 94.7  | 47.0    | 42.3 | 6528                       | 3297 | 156.6                       | 86.3  | 41.7      | 38.0 |
| G11                 | 103.7     | 92.3 | 144.0     | 126.0 | 76.7     | 72.7  | 50.7    | 44.9 | 4994                       | 3192 | 123.9                       | 94.8  | 40.3      | 33.7 |
| G12                 | 100.7     | 92.0 | 137.7     | 127.0 | 116.0    | 103.0 | 55.2    | 44.8 | 4186                       | 2633 | 113.1                       | 75.2  | 37.0      | 35.0 |
| G13                 | 100.3     | 91.0 | 137.7     | 127.7 | 104.3    | 106.3 | 53.4    | 44.4 | 4275                       | 3156 | 114.3                       | 85.7  | 37.3      | 36.7 |
| G14                 | 99.3      | 86.0 | 141.7     | 125.3 | 79.3     | 78.7  | 45.7    | 40.1 | 5997                       | 4761 | 142.1                       | 121.2 | 42.3      | 39.3 |
| G15                 | 101.7     | 92.7 | 142.0     | 129.3 | 102.0    | 96.0  | 49.6    | 41.0 | 7089                       | 3945 | 175.7                       | 109.6 | 40.3      | 36.7 |
| G16                 | 100.3     | 86.0 | 140.3     | 128.3 | 110.3    | 101.7 | 50.9    | 41.6 | 7311                       | 4378 | 182.6                       | 103.7 | 40.0      | 42.3 |
| G17                 | 101.3     | 87.7 | 137.7     | 122.7 | 137.3    | 112.0 | 54.8    | 41.8 | 5364                       | 3461 | 147.6                       | 99.9  | 36.3      | 35.0 |
| G18                 | 101.3     | 86.0 | 138.7     | 122.0 | 127.0    | 105.7 | 54.7    | 44.2 | 5395                       | 3782 | 134.4                       | 105.2 | 37.3      | 36.0 |
| G19                 | 102.0     | 92.0 | 139.0     | 125.3 | 115.0    | 110.3 | 41.2    | 39.1 | 4711                       | 3345 | 127.8                       | 100.7 | 37.0      | 33.3 |
| G20                 | 101.7     | 91.3 | 143.3     | 130.7 | 101.3    | 101.7 | 47.0    | 43.2 | 6992                       | 5628 | 167.8                       | 142.9 | 41.7      | 39.3 |
| G21                 | 108.0     | 96.0 | 145.3     | 133.7 | 91.3     | 85.7  | 52.2    | 48.3 | 6894                       | 5792 | 184.6                       | 154.0 | 37.3      | 37.7 |
| LSD <sub>0.05</sub> | 2.1       |      | 2.2       |       | 10.2     |       | 3.2     |      | 2450                       |      | 30.0                        |       | 2.8       |      |

DHE, days to spike emergency; DMA, days to maturity; PLH, plant height (cm); TGW, 1000-grain weight (g); YLD, grain yield (kg.ha<sup>-1</sup>); GFR, grain filling rate (kg.day<sup>-1</sup>); GFP, grain filling period (day).

جدول ۸- مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌های جو در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ (Y1) و ۱۴۰۲-۱۴۰۳ (Y2) تحت شرایط تنش خشکی  
Table 8. Comparison of means of barley genotypes in 2022-2023 (Y1) and 2023-2024 (Y2) cropping years under drought stress conditions

| Genotype            | YLD (kg.ha <sup>-1</sup> ) |      | SWD (g) |      | NGS  |      | SPW (g) |      | GFR (kg.day <sup>-1</sup> ) |       | SHI   |       | SFIM  |       |
|---------------------|----------------------------|------|---------|------|------|------|---------|------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | Y1                         | Y2   | Y1      | Y2   | Y1   | Y2   | Y1      | Y2   | Y1                          | Y2    | Y1    | Y2    | Y1    | Y2    |
| G1                  | 6306                       | 2129 | 2.29    | 1.46 | 49.6 | 28.5 | 2.11    | 1.29 | 154.4                       | 52.9  | 0.919 | 0.890 | 267.9 | 216.7 |
| G2                  | 5314                       | 3118 | 2.52    | 1.90 | 62.8 | 39.1 | 2.21    | 1.66 | 136.1                       | 79.2  | 0.879 | 0.877 | 208.1 | 172.6 |
| G3                  | 5883                       | 2257 | 1.94    | 1.67 | 43.8 | 32.0 | 1.81    | 1.53 | 144.1                       | 57.5  | 0.936 | 0.915 | 355.0 | 225.4 |
| G4                  | 5928                       | 4317 | 2.77    | 1.86 | 62.5 | 34.9 | 2.54    | 1.67 | 144.6                       | 114.9 | 0.919 | 0.897 | 289.3 | 187.8 |
| G5                  | 5317                       | 2287 | 2.14    | 1.73 | 48.2 | 34.7 | 1.97    | 1.59 | 139.9                       | 56.3  | 0.921 | 0.919 | 285.8 | 253.8 |
| G6                  | 5197                       | 3667 | 2.35    | 1.84 | 60.9 | 38.6 | 2.15    | 1.66 | 131.0                       | 94.1  | 0.914 | 0.902 | 300.8 | 214.8 |
| G7                  | 5703                       | 1802 | 2.20    | 1.69 | 51.9 | 34.7 | 2.02    | 1.53 | 143.8                       | 46.8  | 0.919 | 0.907 | 293.1 | 223.4 |
| G8                  | 5261                       | 3103 | 2.49    | 1.97 | 53.4 | 37.8 | 2.31    | 1.76 | 137.3                       | 80.9  | 0.928 | 0.894 | 302.7 | 182.3 |
| G9                  | 5161                       | 3178 | 2.86    | 2.53 | 49.6 | 41.2 | 2.65    | 2.35 | 137.0                       | 85.2  | 0.924 | 0.929 | 229.0 | 232.0 |
| G10                 | 5192                       | 2802 | 2.63    | 1.62 | 59.5 | 33.3 | 2.42    | 1.49 | 133.1                       | 69.8  | 0.920 | 0.915 | 298.0 | 245.1 |
| G11                 | 3897                       | 2125 | 1.38    | 1.08 | 28.2 | 19.0 | 1.22    | 0.96 | 110.3                       | 56.3  | 0.884 | 0.892 | 179.2 | 172.6 |
| G12                 | 2822                       | 1818 | 2.26    | 3.55 | 46.3 | 57.9 | 2.01    | 3.10 | 76.4                        | 47.8  | 0.888 | 0.875 | 189.7 | 132.5 |
| G13                 | 3542                       | 2208 | 3.27    | 2.60 | 63.6 | 46.8 | 2.87    | 2.26 | 95.5                        | 57.1  | 0.879 | 0.872 | 164.7 | 149.6 |
| G14                 | 4881                       | 3985 | 2.04    | 2.17 | 50.1 | 44.9 | 1.86    | 2.03 | 130.6                       | 97.5  | 0.911 | 0.930 | 298.5 | 327.8 |
| G15                 | 5667                       | 2580 | 2.05    | 2.12 | 45.1 | 38.5 | 1.90    | 1.89 | 150.4                       | 64.8  | 0.930 | 0.894 | 319.3 | 176.4 |
| G16                 | 6549                       | 2885 | 2.52    | 1.73 | 52.7 | 35.3 | 2.30    | 1.57 | 173.8                       | 69.6  | 0.910 | 0.909 | 240.3 | 232.8 |
| G17                 | 3989                       | 2169 | 2.84    | 2.56 | 55.0 | 41.1 | 2.65    | 2.20 | 124.2                       | 61.0  | 0.932 | 0.861 | 284.0 | 119.1 |
| G18                 | 4919                       | 1932 | 2.80    | 1.91 | 55.3 | 35.8 | 2.60    | 1.71 | 151.6                       | 55.2  | 0.928 | 0.891 | 286.0 | 174.4 |
| G19                 | 3983                       | 1977 | 2.58    | 2.44 | 62.1 | 49.5 | 2.32    | 2.13 | 111.9                       | 54.5  | 0.902 | 0.872 | 255.1 | 168.8 |
| G20                 | 6117                       | 3579 | 2.78    | 2.25 | 65.9 | 44.8 | 2.48    | 2.07 | 149.1                       | 92.1  | 0.893 | 0.924 | 223.6 | 268.8 |
| G21                 | 5178                       | 3678 | 1.33    | 0.95 | 27.3 | 16.4 | 1.19    | 0.88 | 129.2                       | 86.1  | 0.896 | 0.933 | 199.6 | 259.3 |
| LSD <sub>0.05</sub> | 1042                       |      | 0.52    |      | 9.5  |      | 0.47    |      | 25.9                        |       | 0.03  |       | 75.2  |       |

YLD, grain yield (kg.ha<sup>-1</sup>); SWD, spike dry weight (g); NGS, number of grains per spike; SPW, grain weight per spike (g); GFR, grain filling rate (kg.day<sup>-1</sup>); SHI, spike harvest index; SFIM, spike fertility index.



شکل ۱- نمودار حرارتی ضریب همبستگی پیرسون بین صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های جو بر اساس میانگین داده‌های دو سال:

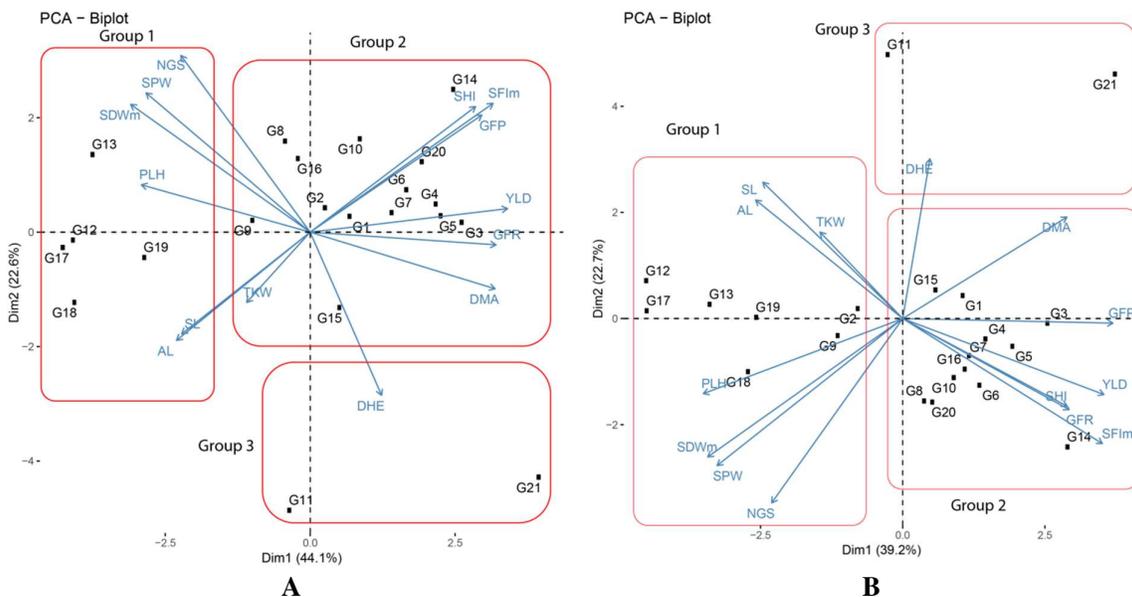
(A) شرایط بدون تنش، (B) تنش خشکی.

Figure 1. Heatmap of Pearson's correlation coefficient among the measured traits in barley genotypes based on the average two years data: A) Non-stress conditions, B) Drought stress. DMA, days to spike emergence; DMA, days to maturity; PLH, plant height (cm); TGW, 1000-grain weight (g); YLD, grain yield ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); SWD, spike dry weight (g); AL, awn length (cm); SL, spike length (cm); NGS, number of grains per spike; SPW, grain weight per spike (g); GFR, grain filling rate ( $\text{kg}\cdot\text{day}^{-1}$ ); SHI, spike harvest index; SFIM, spike fertility index; GFP, grain filling period (day).

### تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای بر اساس داده‌های کلیه صفات مورد مطالعه به روش حداقل واریانس وارد در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی انجام و از معیار نیم‌رخ برای ارزیابی خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. این معیار هم به پیوستگی درون خوشه‌ها و هم به میزان تفکیک‌پذیری آن‌ها بستگی دارد. شاخص نیم‌رخ برای هر نقطه، میزان تعلق آن را به خوشه‌اش در مقایسه با خوشه مجاور اندازه‌گیری می‌کند. مقدار شاخص نیم‌رخ بین -۱ تا +۱ تغییر می‌کند. مقدار نزدیک به یک بیانگر انطباق خوب بین نقطه و خوشه‌اش نسبت به خوشه مجاور است. اگر معیار نیم‌رخ برای همه نقاط درون خوشه‌ها نزدیک به یک باشد، عمل خوشه‌بندی به‌درستی انجام شده است. در مقابل، مقادیر کوچک، ضعیف بودن نتایج خوشه‌بندی و یا انتخاب نامناسب تعداد خوشه‌ها (K) را نشان می‌دهد. منفی شدن شاخص نیم‌رخ نیز نشانگر خوشه‌بندی ضعیف بوده و به این معنی است که نقطه مورد بررسی بیش از آنکه شبیه خوشه خود باشد، به خوشه مجاور شباهت دارد (Kaufman & Rousseeuw, 1990).

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی مشابه بود. در هر دو شرایط محیطی، ژنوتیپ‌ها در سه گروه دسته‌بندی شدند، به طوری که ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۳، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ در گروه یک، دو ژنوتیپ شماره ۱۱ و ۲۱ در گروه سه و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه دو گروه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که بیش‌تر ژنوتیپ‌هایی که دارای میانگین عملکرد بالایی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بودند، در گروه دوم قرار گرفتند. این گروه شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ بود. از طرف دیگر، صفات تعداد روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت سنبله، سرعت پر شدن دانه و شاخص باروری سنبله در گروه دوم دسته‌بندی شدند (شکل ۲). با توجه به اینکه صفاتی که در گروه دوم قرار گرفته‌اند، همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارند، بنابراین می‌تواند به‌عنوان صفات شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های گروه دوم می‌تواند به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر آزمایش در نظر گرفته شوند.



شکل ۲- بای پلات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو: (A) شرایط بدون تنش، (B) شرایط تنش خشکی. Figure 2. Biplot of principal component analysis in order to group the studied barley genotypes: A) Non-stress conditions, B) Drought stress conditions. DHE, days to spike; DMA, days to maturity; PLH, plant height (cm); TGW, 1000-grain weight (g); YLD, grain yield (kg.ha<sup>-1</sup>); SWD, spike dry weight (g); AL, awn length (cm); SL, spike length (cm); NGS, number of grains per spike; SPW, grain weight per spike (g); GFR, grain filling rate (kg.day<sup>-1</sup>); SHI, spike harvest index; SFIM, spike fertility index; GFP, grain filling period (day).

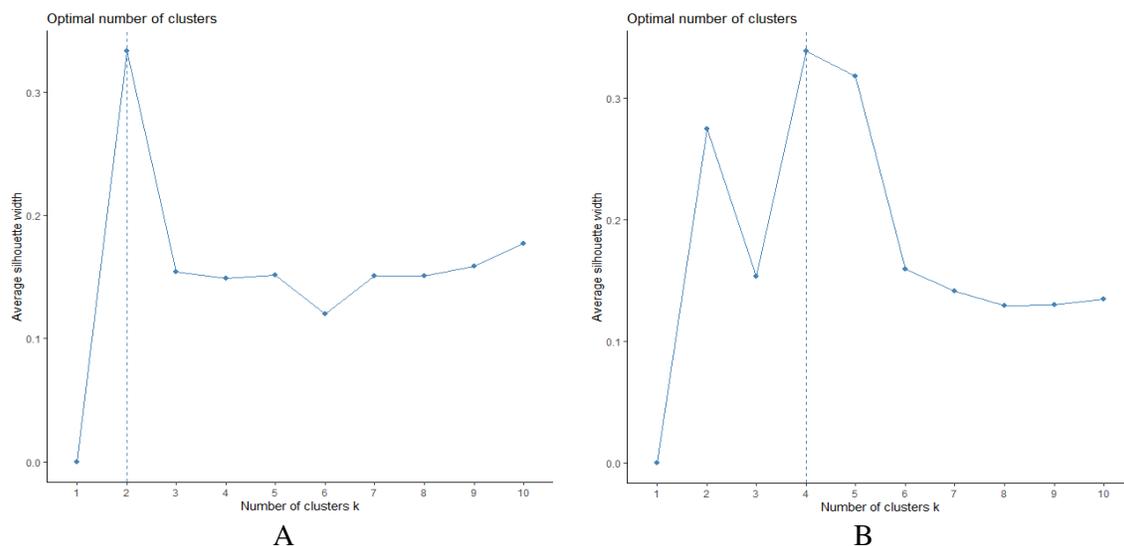
دانه، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در سنبله و شاخص باروری سنبله از مقادیر بالاتری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند. (شکل ۴- B).

در مجموع انطباق بالایی بین تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از نظر گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها مشاهده شد، به طوری که بر اساس نتایج هر دو تجزیه، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ ژنوتیپ‌های انتخابی و برتر در شرایط تنش خشکی بودند (تنها اختلاف در ژنوتیپ شماره ۹ بود). در آزمایشی، ژنوتیپ‌های گندم بر اساس تجزیه خوشه‌ای به شش گروه تفکیک شدند و گروه ششم دارای بیش‌ترین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن بود (Khavarinejad & Babajanov, 2011). طالب‌زاده و همکاران (Talebzadeh *et al.*, 2018) در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم بر اساس صفات مرتبط با توزیع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه، ژنوتیپ‌ها را در شرایط بدون تنش به پنج گروه و در شرایط تنش خشکی به چهار گروه تقسیم کردند. آرزمجو و نیکخواه (Arazmjoo & Nikkhab, 2022) با انجام تجزیه خوشه‌ای، ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش جو را در سه گروه دسته‌بندی کردند، به طوری که ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی، طول دوره پر

بر اساس شاخص نیم‌رخ، ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش به دو گروه دسته‌بندی شدند (شکل ۳- A)، به طوری که ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ در گروه یک و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه دو قرار گرفتند (شکل ۴- A). در مقابل در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌ها در چهار گروه دسته‌بندی شدند (شکل ۳- B)، به طوری که سه ژنوتیپ ۱۲، ۱۳ و ۱۹ در گروه یک، سه ژنوتیپ ۹، ۱۷ و ۱۸ در گروه دو، دو ژنوتیپ ۱۱ و ۲۱ در گروه سه و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه چهار قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های گروه اول از لحاظ صفات وزن هزار دانه، طول سنبله و طول ریشک از میانگین کل برتر بودند. ژنوتیپ‌های گروه دو در شرایط تنش از لحاظ صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله و وزن دانه در سنبله از مقادیر بالاتری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های ۱۱ و شاهد ۲۱ (نوروز) از لحاظ صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، وزن هزار دانه، طول ریشک، طول سنبله و طول دوره پر شدن دانه از مقادیر بالاتر از میانگین کل برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های گروه چهار که شامل ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ به همراه شاهد اکسین و WB-99-10 بودند، از لحاظ صفات عملکرد دانه، سرعت پر شدن دانه، دوره پر شدن

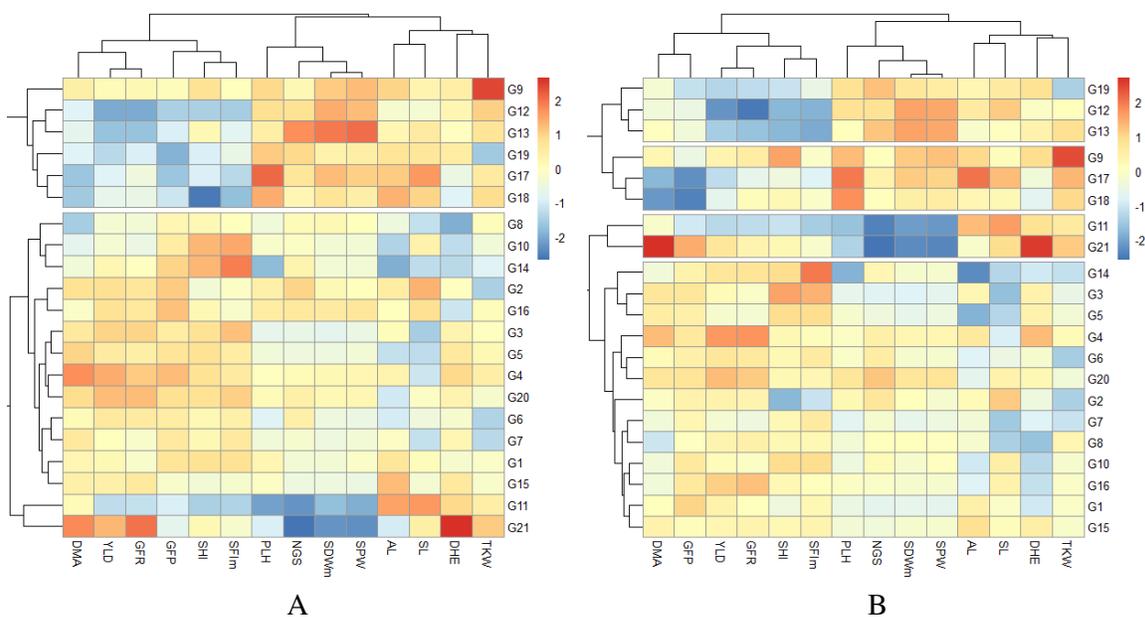
تمامی صفات دارای مقادیر کم‌تر از میانگین کل و ژنوتیپ‌های گروه سوم حد واسط دو گروه دیگر بودند.

شدن دانه، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه دارای مقادیر بالاتر از میانگین کل، ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر



شکل ۳- تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها: (A) شرایط بدون تنش، (B) شرایط تنش خشکی.

Figure 3. Determining the optimal number of clusters: A) Non-stress conditions, B) Drought stress conditions.



شکل ۴- نقشه حرارتی حاصل از تجزیه خوشه‌های به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو و صفات مورد مطالعه بر اساس میانگین

داده‌های دو سال (۱۴۰۱-۱۴۰۳): (A) شرایط بدون تنش، (B) شرایط تنش خشکی.

Figure 4. Heatmap resulting from cluster analysis to group barley genotypes and studied traits based on the average of two years data (2022-2024): A) Non-stress conditions, B) Drought stress conditions. DHE, days to spike maturity; DMA, days to maturity; PLH, plant height (cm); TGW, 1000-grain weight (g); YLD, grain yield ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); SWD, spike dry weight (g); AL, awn length (cm); SL, spike length (cm); NGS, number of grains per spike; SPW, grain weight per spike (g); GFR, grain filling rate ( $\text{kg}\cdot\text{day}^{-1}$ ); SHI, spike harvest index; SFIM, spike fertility index; GFP, grain filling period (day).

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که صفات سرعت پر شدن دانه، دوره پر شدن دانه، شاخص باروری سنبله و شاخص برداشت سنبله، همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی داشتند و بنابراین به‌عنوان معیارهای انتخاب مهم می‌توانند در اصلاح ژنوتیپ‌های امیدبخش جو در نظر گرفته شوند. همچنین انطباق نسبتاً بالایی از نظر گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بین نتایج تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشاهده شد. بر مبنای نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، صفات روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت سنبله، دوره پر شدن دانه و شاخص باروری سنبله می‌توانند به‌عنوان شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در هر دو شرایط بدون تنش و تنش استفاده شوند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های برتر این آزمایش، ژنوتیپ‌های شماره ۱ (اکسین)، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ (WB-99-10) بودند. ژنوتیپ شماره ۴ از نظر عملکرد دانه، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه، ژنوتیپ شماره ۸ از نظر صفت زودرسی و ژنوتیپ شماره ۱۴ از نظر شاخص باروری سنبله به‌عنوان ژنوتیپ‌های منتخب و برتر در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بودند. در

مجموع ژنوتیپ شماره ۴ را می‌توان به‌عنوان کاندید رقم جدید جهت انجام آزمایشات تکمیلی معرفی کرد.

## تضاد منافع

نویسندگان تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

## رعایت اخلاق در نشر

نویسندگان اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین، این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده است و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

## اجازه انتشار مقاله

نویسندگان با چاپ این مقاله به‌صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

## References

- Afzalifar, A., Zahravi, M., & Bihamta, M. R. (2011). Evaluation of tolerant genotypes to drought stress in Karaj region. *Journal of Agronomy & Plant Breeding*, 7(1), 25-44. [In Persian].
- Akash, M. W., Al-Abdallat, A. M., Saoub, H. M., & Ayad, J. Y. (2009). Molecular and field comparison of selected barley cultivars for drought tolerance. *Journal of New Seeds*, 10(2), 98-111. doi: [10.1080/15228860902901710](https://doi.org/10.1080/15228860902901710).
- Arazmjoo, E., & Nikkhah Chamanabad, H. (2022). Selecting tolerant barley genotypes to terminal drought stress based on grain yield stability and stress tolerance indices. *Cereal Research*, 11(4), 325-341. [In Persian]. doi: [10.22124/CR.2022.21573.1710](https://doi.org/10.22124/CR.2022.21573.1710).
- Bagheri, A., & Heydari Sharifabad, H. (2007). Effect of drought and salt stresses on yield, yield components, and ion content of hull-less barley (*Hordeum sativum* L.). *Journal of New Agricultural Science*, 3(7), 1-15.
- Blum, A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*, 20, 135-148. doi: [10.1007/BF00024010](https://doi.org/10.1007/BF00024010).
- Boyer, J. S. (1996). Advances in drought tolerance in plants. *Advances in Agronomy*, 56, 187-218.
- Ebadi, A., Sajed, K., & Sanjari, A. H. (2012). The effect of irrigation cut on dry matter remobilization and some of agronomy traits on spring barley. *Electronic Journal of Crop Production*, 4, 19-37. doi: [20.1001.1.2008739.1390.4.4.2.0](https://doi.org/20.1001.1.2008739.1390.4.4.2.0).
- Elía, M., Savin, R., & Slafer, G. A. (2016). Fruiting efficiency in wheat: physiological aspects and genetic variation among modern cultivars. *Field Crops Research*, 191, 83-90. doi: [10.1016/j.fcr.2016.02.019](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.019).
- Emam, Y., Ranjbar, A. M., & Bahrani, M. J. (2007). Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 11(1), 317-328. doi: [20.1001.1.22518517.1386.11.1.24.1](https://doi.org/20.1001.1.22518517.1386.11.1.24.1).
- Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., & Siddique, K. H. M. (2011). Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(6), 491-507. doi:

- [10.1080/07352689.2011.615687](https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615687).
- Ferrante, A., Savin, R., & Slafer, G. A. (2012). Differences in yield physiology between modern, well adapted durum wheat cultivars grown under contrasting conditions. *Field Crops Research*, 136, 52-64. doi: [10.1016/j.fcr.2012.07.015](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.015).
- Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R., & Schofield, J. D. (2003). Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 37(3), 295-309. doi: [10.1006/jcrs.2002.0501](https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0501).
- Hajiagha, L. F., Nouraein, M., & Hossienpour, T. (2019). Investigation of diversity and classification of some barley lines using physiological and morphological characteristics. *Journal of Crop Breeding*, 11(29), 169-180. doi: [10.29252/jcb.11.29.169](https://doi.org/10.29252/jcb.11.29.169).
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. Wiley, New York.
- Kebede, A., Kang, M. S., & Bekele, E. (2019). Advances in mechanisms of drought tolerance in crops, with emphasis on barley. *Advances in Agronomy*, 156, 265-314. doi: [10.1016/bs.agron.2019.01.008](https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.01.008).
- Khavarinejad, M. S., & Babajanov, A. V. (2011). Identification of relationships of quantitative and morphological traits to spring wheat genotype yields in drought levels of Mazandaran (North of Iran). *International Journal of AgriScience*, 1(6), 392-392.
- Martínez-López, J. A., López-Urrea, R., Martínez-Romero, Á., Pardo, J. J., Montero, J., & Domínguez, A. (2022). Sustainable production of barley in a water-scarce mediterranean agroecosystem. *Agronomy*, 12(6), 1358. doi: [10.3390/agronomy12061358](https://doi.org/10.3390/agronomy12061358).
- Moghaddasi, L., Rashidi, V., & Razban, H. A. (2010). Effects of drought stress on grain yield and somemorphological traits of durum weaht lines. *Journal of Crop Ecophysiology*, 3, 41-54. [In Persian].
- Nikkhah, H. R., Saberi, M. H., & Mahlouji, M. (2010). Study of effective traits on grain yield of two and six row barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) under terminal drought stress conditions. *Journal of Crop Sciences*, 12(2), 170-184 . [In Persian]. dor: [20.1001.1.15625540.1389.12.2.7.6](https://doi.org/20.1001.1.15625540.1389.12.2.7.6).
- Paknejad, F., Fatemi Rika, Z., & Elkaee Dehno, M. (2017). Investigation end season drought effect on yield and yield components of ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in Karaj region. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(3), 391-401. [In Persian]. doi: [10.22077/escs.2017.137.1034](https://doi.org/10.22077/escs.2017.137.1034).
- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., & del Moral, L. F. G. (2000). Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Functional Plant Biology*, 27(11), 1051-1059. doi: [10.1071/PP99113](https://doi.org/10.1071/PP99113).
- Soleimani, A., Valizadeh, M., Darvishzadeh, R., Aharizad, S., & Alipour, H. (2017). Evaluation of yield and yield component of spring barely genotypes under late season drought stress. *Journal of Crop Breeding*, 9(23), 105-116. [In Persian]. doi: [10.29252/jcb.9.23.105](https://doi.org/10.29252/jcb.9.23.105).
- Tabatabaei, S. A., Shakeri, E., & Shahedi, M. (2013). Investigation of yield, yield components changes and some physiological characteristics of barley genotypes under irrigation tension conditions. *Crop Physiology Research Quarterly*, 5(18), 101-114. [In Persian]. dor: [20.1001.1.2008403.1392.5.18.8.5](https://doi.org/20.1001.1.2008403.1392.5.18.8.5).
- Talebzadeh, S. J., Hadi, H., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., & Rezaei, M. A. (2018). Evaluating the relationship between distributions of photosynthetic assimilates related traits and grain yield in wheat genotypes under terminal drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 9(24), 10-21. [In Persian]. doi: [10.29252/jcb.9.24.10](https://doi.org/10.29252/jcb.9.24.10).
- Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Armion, M., Mehraban, A., Hossein-Pour, T., & Dorii, M. (2017). GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. *Cereal Research Communications*, 45, 500-511. doi: [10.1556/0806.45.2017.019](https://doi.org/10.1556/0806.45.2017.019).
- Zali, H., & Barati, A. (2020). Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in order to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), 93-104. [In Persian]. doi: [10.29252/jcb.12.34.93](https://doi.org/10.29252/jcb.12.34.93).