Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 4, 2025, P. 759-776

Evaluation of genetic parameters of agronomic and nutritional traits in barley under irrigation and late-season drought stress

Ammar Ahmed Obaid Sultani [a], Leila Zarei [*a], Sohbat Bahraminejad [a], Kianoosh Cheghamirza [a], Ali Hussein Jasim[b]

[a] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
[b] Agriculture College, Al-Qasim Green University, Iraq

[*]Corresponding Author: lzarei1360@yahoo.com

Received: 4 January 2025 Accepted: 25 March 2025 **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.497268.1462**

How to cite this article:
Obaid Sultani, A.A., Zarei, L., Bahraminejad, S., Cheghamirza, K. and Hussein Jasim, A. 2025. Evaluation of genetic parameters of agronomic and nutritional traits in barley under irrigation and late-season drought stress. *Crop Science Research in Arid Regions, 7*(4), 759-776. https://doi.org/10.22034/csrar.2025.497268.1462

Abstract

Introduction: Barley (*Hordeum vulgare* L.) is the fourth most important cereal crop worldwide after wheat, maize, and rice, in terms of cultivated area and nutritional value. Its high tolerance to adverse environmental conditions has enabled wide adaptation across diverse agroecological regions. Barley grains are an important source of protein, dietary fiber, minerals, and bioactive compounds, making them valuable for both human and animal nutrition. Understanding the inheritance and genetic control of quantitative and qualitative traits is essential for selecting appropriate breeding strategies and improving yield and grain quality, particularly under abiotic stress conditions such as drought.

Materials and Methods: This study aimed to estimate genetic parameters of key agronomic and nutritional traits in barley. Ten barley cultivars with different geographic origins were evaluated using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The experiment was conducted over two cropping seasons (2022–2024) at a research farm located in Babil City, Al-Kifil district, southeastern Iraq. The cultivars were grown under two environmental conditions: normal irrigation and late-season drought stress, which was imposed by withholding irrigation at the anthesis stage. A total of four environments (two years × two moisture regimes) were evaluated. Twenty-seven traits were measured, including agronomic traits and grain quality attributes such as amino acid content, crude fiber, fat content, protein content, iron and zinc concentrations and water-soluble carbohydrate content. Combined analysis of variance across environments was performed, and genetic parameters were estimated.

Results and Discussion: The combined analysis of variance revealed significant differences among cultivars for all measured traits, indicating substantial genetic diversity among the evaluated barley genotypes. The cultivar × environment interaction was significant for all traits except flag leaf width,

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

grain width, and grain iron content, suggesting differential genotypic responses to environmental conditions. The environment effect was significant for all traits except grain width, highlighting the strong influence of irrigation and drought stress on trait expression. Across the four environments, PCV and GCV values were generally close in magnitude for most traits, indicating a relatively small environmental influence and a predominant role of genetic factors. In the first year, physiological maturity showed the lowest environmental variation under both irrigation and stress conditions and exhibited the highest broad-sense heritability under irrigated conditions. In the second year, peduncle length displayed the lowest environmental variation under irrigation and the highest heritability under both moisture regimes. Spike density showed the highest genotypic and phenotypic coefficients of variation and the greatest genetic advance as a percentage of the mean in both years and under both irrigation and drought stress. Several traits, including grain filling period, flag leaf length and width, plant height, peduncle length, spike weight, grain weight per spike, number of grains per spike, number of spikes per square meter, spike density, grain yield, grain iron content, and grain fiber content, exhibited high heritability coupled with high genetic advance across years and environments. These results indicate that additive gene effects play a major role in controlling these traits, suggesting that phenotypic selection would be effective, particularly in early generations of breeding programs. In contrast, thousand-grain weight, grain zinc content, grain protein content, spike length (except in the second year under irrigated conditions), and grain length (in the first year under drought stress) showed high broad-sense heritability but low to moderate genetic advance. This pattern suggests the involvement of non-additive gene action, indicating that heterosis breeding or selection in later generations may be more effective for improving these traits.

Conclusion: The results demonstrated substantial genetic variability among barley cultivars for agronomic and grain quality traits under both irrigated and late-season drought stress conditions. Traits with high heritability and genetic advance are primarily governed by additive gene effects and can be efficiently improved through early-generation phenotypic selection. In contrast, traits influenced by non-additive gene action may benefit from heterosis-based breeding approaches. These findings provide valuable information for designing effective barley breeding programs aimed at improving yield and grain nutritional quality under water-limited environments.

Keywords: Genetic advance, Genetic variance, Grain quality traits, Irrigation interruption at anthesis

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، ص ۷۷۶-۷۵۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی پارامترهای ژنتیکی صفات زراعی و تغذیه‌ای در جو تحت شرایط آبیاری و تنش خشکی آخر فصل

عمار احمد عبید سلطانی[۱]، لیلا زارعی*[۱]، صحبت بهرامی نژاد[۱]، کیانوش چقامیرزا[۱]، علی حسین جاسم[۲]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشکده کشاورزی، دانشگاه قاسم الخضراء، عراق

* مسئول مکاتبه: lzarei1360@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.497268.1462**

چکیده

جو چهارمین غله مهم دنیا از نظر سطح زیر کشت است. آگاهی از نحوه توارث صفات کمی و کیفی دانه، تعیین‌کننده روش به‌نژادی برای رسیدن به هدف مورد نظر است. در این تحقیق به‌منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات، ده رقم جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شهر بابل ناحیه الکفل کشور عراق طی دو سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۱ در شرایط آبی و تنش خشکی آخر فصل از لحاظ ۲۷ صفت زراعی و کیفی دانه، مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج محاسبه‌ی پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده در چهار محیط نشان داد، ضریب تنوع ژنوتیپی و ضریب تنوع فنوتیپی به‌هم نزدیک بود که نشاندهنده‌ی نقش مهم تفاوت‌های ژنتیکی می‌باشد. صفات سرعت پرشدن دانه، طول و عرض برگ پرچم، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول ریشک، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تراکم سنبله، عملکرد دانه، محتوای آهن و فیبر دانه در هر چهار محیط، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی داشتند که نشان‌دهنده‌ی اثرات افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده این صفات است. بنابراین، گزینش فنوتیپی در نسل‌های اولیه برنامه به‌نژادی مؤثر است. صفات وزن هزاردانه، محتوای روی دانه، محتوای پروتئین دانه دارای وراثت‌پذیری بالا و پیشرفت ژنتیکی کم یا متوسط و احتمالا تحت تأثیر عمل غیرافزایشی ژن‌ها بوده و برای به‌نژادی این صفات بایستی از پدیده هتروزیس استفاده نمود. با انجام تلاقی بین والدین مناسب، پس از تثبیت اثرات ژنتیکی در همه مکان‌های ژنی و رسیدن لاین‌ها به خلوص، می‌توان اقدام به گزینش بهترین لاین‌ها در نسل‌های بعدی نمود.

واژه‌های کلیدی: پیشرفت ژنتیکی، صفات کیفی دانه، قطع آبیاری در گرده‌افشانی، واریانس ژنتیکی

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L) یکی از مهم‌ترین غلات است که به‌طور گسترده جهت مصرف انسان، دام، تولید مالت و در انواع صنایع غذایی، دارویی و تبدیلی استفاده می‌شود و پس از گندم، برنج و ذرت در مرحله چهارم اهمیت جهانی قرار دارد (Ahak paz *et al.*, 2024). محصولات به‌دست آمده از غلات، ۶۰ درصد از منابع غذایی جهان را به‌صورت دانه تامین می‌کنند (FAO, 2020). از کل جو تولیدی در جهان ۷۰ درصد آن به‌عنوان خوراک دام، ۲۱ درصد در تولید نوشیدنی‌های مختلف و شش درصد مستقیماً توسط انسان به شکل غذا مصرف می‌گردد (Tricase *et al.*, 2018). در نهایت ژنوم مرجع منابع ژنتیکی گسترده و اهمیت اقتصادی بالا، جو را به یک مدل ایده‌آل در بین غلات تبدیل کرده است (Mascher *et al.*, 2018). بر طبق آمار اداره آمار کشاورزی در کشور عراق، کل تولید جو در عراق (۲۶۷۰۰۰) تن در سال ۲۰۲۱ بوده است، که در حدود ۹۴/۷ درصد در شرایط آبیاری و ۵/۳ درصد در شرایط دیم کشت می‌شود. متوسط عملکرد جو در شرایط آبی ۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. جو منبع خوبی از انرژی، مواد مغذی و اجزای عملکردی مانند نشاسته، پروتئین، بتاگلوکان، فیبر و آنتی‌اکسیدان‌های فنلی است (Abdel-Aal and Choo, 2014). پروتئین ۱۷-۱۰ درصد، نشاسته ۶۵ -۶۰ درصد، بتاگلوکان ۹-۴ درصد، چربی ۳-۲ درصد، فیبر محلول ۳-۲ درصد و مواد معدنی ۲/۵-۱/۵ درصد از محتوای بیوشیمیایی دانه‌ی جو را تشکیل می‌دهند (Emilia-ancuța *et al.*, 2019).

جو به‌عنوان متحمل‌ترین گونه نسبت به خشکی در بین غلات ریز زودرس شناخته شده است (Forster *et al.*, 2004). به‌دلیل تنوع ژنتیکی بالا، جو به‌خوبی با شرایط مختلف محیطی سازگار است. امروزه، رویدادهای آب‌وهوایی شدید بیشتر شده‌اند

و نوسان تولید محصولات را در بسیاری از مناطق افزایش داده و در نتیجه امکان به مخاطره افتادن امنیت غذایی جهانی را افزایش داده‌اند. اصلاح ارقام زراعی با تحمل بهبود یافته به ترکیبی از تنش‌های غیرزیستی راه‌حلی مؤثر برای مقابله با اثرات نامطلوب تغییرات آب‌وهوایی است (Panizo-Casado *et al.*, 2022). در میان تنش‌های غیرزیستی، تنش خشکی یکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و به احتمال زیاد کاهش عملکرد به‌دلیل تنش خشکی از مجموع کاهش عملکرد به‌دلیل حادث شدن تنش‌های دیگر بیشتر است (Harrison *et al.*, 2014). در طول دهه‌های گذشته، افزایش میزان عناصر معدنی در بذور اصلاحی کمتر مورد توجه اصلاح‌گران و برنامه‌های اصلاحی بوده، چرا که همواره کمیت بر کیفیت ارجحیت داشته است. علی‌رغم این، افزایش کارآیی میزان جذب و افزایش میزان عناصر معدنی در بذور گیاهان زراعی توسط اصلاح نباتات امکان‌پذیر می‌باشد (Sadeghzadeh, 2013). ارقام اصلاح‌شده از نظر مواد مغذی، نوید بزرگی برای مقابله با چالش مقابله با سوءتغذیه و دستیابی به امنیت غذایی در سراسر جهان به‌شمار می‌آیند. با این حال، دستیابی به امنیت غذایی به‌دلیل افزایش جمعیت جهان، از ۷/۷ میلیارد نفر در حال حاضر به ۹/۷ میلیارد در سال ۲۰۵۰، یک چالش جدی خواهد بود (United Nations, 2019). آهن (Fe) و روی (Zn) اجزای اصلی ریزمغذی هستند و با عمل به‌عنوان فاکتورهای کمکی برای چندین پروتئین از جمله هموگلوبین، سیتوکروم و فاکتورهای رونویسی، نقش مهمی در رشد و نمو انسان دارند. کمبود آهن و روی شایع‌ترین و رایج‌ترین کمبود ریزمغذی‌ها در انسان است (Upadhyaya *et al.*, 2016). سطح ریزمغذی‌ها (مانند آهن، روی) در محصولات اصلی و غذاها یکی از عوامل کلیدی تعیین‌کننده میزان جذب ریزمغذی‌های غذایی است.

در دیم‌زارها، تنش خشکی می‌تواند به شیوه‌های مختلفی جذب آهن توسط گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. این تأثیرات شامل کاهش رشد و توسعه ریشه و همچنین کاهش تحرک و جابجایی آهن در خاک می‌باشد (Samarah *et al.*, 2004). همچنین در شرایط تنش خشکی، تداخل مکانیزم‌های جذب و تخلیه به‌همراه کاهش میزان تعرق، منجر به کاهش جذب عناصر غذایی از جمله آهن می‌شود (Baligar *et al.*, 2001). به‌همین دلیل، کاهش آب قابل دسترس در شرایط دیم منجر به کاهش میزان آهن و سایر عناصر غذایی در دسترس گیاه می‌شود و در نهایت غلظت آهن در گیاه کاهش می‌یابد. کاهش میزان آهن قابل جذب توسط گیاه نه تنها عملکرد آن را به‌ویژه در شرایط تنش خشکی کاهش می‌دهد، بلکه ارزش تغذیه‌ای دانه جو را نیز پایین می‌آورد و در نهایت می‌تواند به سوءتغذیه در دام و انسان منجر شود (Cakmak, 2008). تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری بالای صفاتی که گزینش براساس آن‌ها انجام می‌شود برای پاسخ به گزینش ضروری است. انتخاب روش مناسب به‌نژادی نیز به نحوه کنترل ژنتیکی صفات مورد نظر، اثر عوامل محیطی و اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط بستگی دارد (Tahmasebi *et al.*, 2007). عملکرد دانه، صفتی پیچیده است که به‌شدت تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه عملکرد، وراثت‌پذیری بالایی ندارد و سهم اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط در میزان عملکرد نسبتاً بالاست، لذا به نظر می‌آید که گزینش مستقیم برای عملکرد کارایی بالایی نداشته باشد (Fernandez,1992). صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک متنوعی بر عملکرد دانه تأثیرگذارند. از این‌رو، ضروری است که با محاسبه پارامترهای ژنتیکی، تأثیرات ژنتیکی و وراثتی را از تأثیرات محیطی تفکیک نمود (Ferrari *et al.*, 2018). این پارامترهای ژنتیکی شامل واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، واریانس محیطی، ضرایب تنوع ژنتیکی، فنوتیپی و محیطی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی می‌باشند. در پژوهشی، وراثت‌پذیری متوسط و پیشرفت ژنتیکی بالا برای وزن هزاردانه در جو گزارش کردند. عملکرد دانه نیز وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی کمی داشت و گزینش در نسل‌های پیشرفته برای به‌نژادی آن توصیه شد (Dyulgerov *et al.*, 2020). وراثت‌پذیری آهن و روی دانه جو به‌ترتیب ۶۵ و ۵۹ درصد گزارش شده است (Mamo *et al.*, 2014). در تحقیق انجام‌شده بر روی ارقام جو در شرایط تنش شوری، محاسبه پارامترهای ژنتیکی نشان داد که در بیشتر صفات مورد بررسی، ضریب تغییرات ژنوتیپی کمتر از ضریب تغییرات فنوتیپی بود (Mostafavi *et al.*, 2012). همچنین، در ارزیابی وراثت‌پذیری و عملکرد ژن‌های جو در صفات عملکرد و اجزای آن تحت تأثیر تنش شوری، مشخص گردید که در وراثت صفات مورد مطالعه، مدل ژنتیکی ساده افزایشی- غالبیت نقش دارد و تحت شرایط

تنش شوری، وراثت‌پذیری عمومی صفات بالا است. بنابراین، گزینش براساس این صفات می‌تواند در انتخاب ارقام متحمل به شوری در جو مؤثر باشد (Solhi Andarab *et al.*, 2021). تغییر اقلیم و تغییرات ناشی از آن، پیامدهای خود را بر بهره‌وری کشاورزی و کیفیت تغذیه به‌ویژه در مناطق خشک نشان می‌دهد. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که به‌صورت فقدان یا کمبود آب قابل دسترس گیاه جهت رشد و نمو تعریف می‌شود و در بسیاری از مناطق از جمله اقلیم ایران و عراق تولید بهینه گیاهان زراعی را با مشکل مواجه می‌نماید. شناخت دقیق ساختار ژنتیکی صفات تغذیه‌ای و صفات مرتبط با عملکرد گیاه جو و قابلیت توارث آنها موجب تسهیل گزینش و موفقیت برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود مقاومت به تنش خشکی می‌گردد. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی تنوع و توارث‌پذیری ویژگی‌های زراعی و تغذیه‌ای در برخی از ارقام جو می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ده رقم جو (شامل سه رقم ایرانی، شش رقم اروپایی و یک رقم عراقی) (جدول ۱) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهر بابل ناحیه الکفل واقع در جنوب‌شرقی کشور عراق (میانگین دمای سالیانه ۲۲/۵° و میزان بارش سالیانه ۱۰۵ میلی‌متر) طی دو سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۱ در شرایط آبی و تنش خشکی آخر فصل (قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی) مورد مطالعه قرار گرفتند. همزمان با فصل کشت پس از آماده‌سازی و بلوک‌بندی زمین، بذرهای آماده‌شده با تراکم ۳۰۰ عدد در مترمربع روی پنج ردیف چهار متری و فاصله‌ی خطوط ۲۵ سانتی‌متر کشت شدند. آبیاری در آزمایش آبی، طبق نیاز گیاه در مراحل مختلف رشدی انجام شد و در آزمایش تنش، آبیاری بعد از گلدهی قطع گردید. در اوایل فصل بهار همزمان با ظاهر شدن علف‌های هرز، وجین انجام شد. در طول فصل زراعی صفات فنولوژیک، صفات زراعی از جمله ارتفاع بوته، طول و قطر پدانکل، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول ریشک، طول و عرض دانه، طول و عرض برگ پرچم، عملکرد دانه در مترمربع، وزن هزاردانه، وزن دانه‌های سنبله، وزن سنبله، نسبت پدانکل به ارتفاع و تعداد سنبله در مترمربع و شاخص سبزینگی (SPAD) نیز اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- فهرست ارقام جو مورد مطالعه

Table 1- The list of the studied barley cultivars

کد Code	رقم Cultivar	منشأ Origin	تیپ سنبله Spike type	شجره Pedigree
5	ZARJO	ایران Iran	شش ردیفه 6-row	1-28-9936
12	YOSEF	ایران Iran	شش ردیفه 6-row	Lignee527/chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//DI71/strain 205
15	SARAROD	ایران Iran	دو ردیفه 2-row	Chicm/An57//Albert
24	ALCE	اروپا European	دو ردیفه 2-row	(Tipper × Igri3) × [(Tipper × Alpha)×(Sonja × Wb117/18)]
26	PANAKA	اروپا European	دو ردیفه 2-row	Amillis × Diadem
27	PARIGLIA	اروپا European	دو ردیفه 2-row	Airone × Arco
28	SFERA	اروپا European	دو ردیفه 2-row	((Katy × HJ54/30) × Igri ×Arda) × (Tipper x Sonja)) ×Amillis
33	NURE	اروپا European	دو ردیفه 2-row	(FIOR 40 / Alpha2) × Baraka
35	AIACE	اروپا European	دو ردیفه 2-row	FO 1078 × FO 1638
10	IPA- 265	عراق Iraq	دو ردیفه 2-row	-

اندازه‌گیری صفات فنولوژیک با در نظر گرفتن ۵۰ درصد رسیدگی بوته‌های هر کرت در مرحله مورد نظر و اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و عملکرد پس از برداشت انجام شد. برای انجام یادداشت‌برداری، از هر رقم در هر تکرار ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و متوسط آن‌ها به‌عنوان مقدار صفت مورد اندازه‌گیری لحاظ گردید.

صفات تغذیه‌ای در آزمایشگاه‌های وزارت علوم و تکنولوژی کشور عراق اندازه‌گیری شد: محتوای اسیدآمینه کل دانه توسط کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) از طریق روش جاجیک و همکاران (Jajić *et al.*, 2013)، محتوای فیبر خام دانه به روش توفیق و العطار (Tawfiq and Al-Attar, 2014)، محتوای چربی دانه از طریق سوکسله به روش محمد (Mohamed *et al.*, 2007)، استخراج محتوای پروتئین دانه توسط دستورالعمل استاندارد انجمن اداره شیمیدان‌های تحلیلی (AOAC, 1995) و اندازه‌گیری پروتئین دلنه به روش کجلدال (Bruckner and Morey, 1988) و صفت محتوای کربوهیدرات دانه از کسر محتوای پروتئین، چربی، فیبر، رطوبت و خاکستر از ۱۰۰ محاسبه شد.

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای روی و آهن دانه، هضم نمونه‌های گیاهی به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCl انجام گرفت، مقدار عناصر آهن و روی، محلول‌های حاصل با دستگاه جذب اتمی قرائت گردید.

تجزیه‌های آماری

نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولموگراف-اسمیرنوف با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver.16.0 بررسی شد. تجزیه واریانس مرکب با تجزیه مرکب با فرض ثابت بودن اثر محیط و رقم و تصادفی بودن اثر سال توسط نرم‌افزار SAS Ver.9.1 و تجزیه واریانس ساده جهت برآورد واریانس محیطی و ژنتیکی از طریق نرم‌افزار Meta-R انجام شد.

در این پژوهش از روش تجزیه اجزای واریانس برای ارزیابی پارامترهای ژنتیکی استفاده شد. پارامترهای ژنتیکی شامل واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، واریانس محیطی، ضرائب تنوع ژنتیکی، فنوتیپی و محیطی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی در هر دو شرایط مزرعه در دو سال در محیط Excel محاسبه گردید.

واریانس محیطی و ژنتیکی براساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد گردیدند. ضرایب تنوع فنوتیپی، ضرایب تنوع ژنتیکی، ضرایب تنوع محیطی و وراثت‌پذیری عمومی هر صفت از روابط ۱ تا ۴ محاسبه گردید (Halluer and Miranda, 1998; Burton and Devane, 1953):

$$PCV=\frac{\sqrt{Vp}}{\bar{X}}\times 100 \quad (۱)$$

$$GCV=\frac{\sqrt{Vg}}{\bar{X}}\times 100 \quad (۲)$$

$$ECV=\frac{\sqrt{Ve}}{\bar{X}}\times 100 \quad (۳)$$

$$H^2_b=\frac{Vg}{Vp} \quad (۴)$$

در این فرمول‌ها V_e: واریانس محیطی، V_g: واریانس ژنتیکی، V_P: واریانس فنوتیپی، Mse: میانگین مربعات خطای آزمایش، Msg: میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها، PCV، GCV و ECV به‌ترتیب ضریب تغییرات فنوتیپی و ضریب تغییرات ژنوتیپی و b H^2 وراثت‌پذیری عمومی می‌باشد. پیشرفت ژنتیکی و میانگین پیشرفت ژنتیکی نیز با استفاده از فرمول‌های ۵ و ۶ به‌دست آمدند (Singh and Chaudhary, 2004). در آن GA پیشرفت ژنتیکی σ_P جذر واریانس فنوتیپی و ثابت k دیفرانسیل گزینش و برابر (۲/۰۶) در سطح پنج درصد می‌باشد.

$$GA = k\times\sigma_p \times h^2 \quad (۵)$$

$$(GAM\%) = (GA/\overline{X}) \times 100 \quad (۶)$$

نتایج و بحث

پس از بررسی وجود توزیع نرمال در داده‌ها، به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس‌ها در چهار محیط مورد مطالعه، آزمون بارتلت انجام شد و با توجه به‌عدم معنی‌داری آزمون بارتلت برای چهار صفت روز تا گرده افشانی، سرعت پرشدن دانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص کلروفیل برگ، تجزیه مرکب با فرض ثابت بودن اثر محیط و رقم و تصادفی بودن اثر سال، فقط برای این صفات انجام شد (جدول ۲) و سایر صفات به‌صورت مجزا، تجزیه واریانس شدند (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر محیط برای صفت شاخص کلروفیل برگ و سرعت پرشدن دانه، اثر سال برای همه‌ی صفات به‌جز روز تا گرده‌افشانی و اثر رقم برای همه‌ی صفات معنی‌دار بود. اثرمتقابل رقم و سال برای همه صفات به‌جز سرعت پرشدن دانه و اثرمتقابل سه‌گانه برای شاخص کلروفیل برگ و سرعت پرشدن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲).

به‌منظور مقایسه‌ی پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده در چهار محیط مورد ارزیابی، واریانس ژنتیکی و فنوتیپی صفات در هر محیط به کمک تجزیه واریانس ساده برآورد شدند (جدول ۳).

بررسی پارامترهای ژنتیکی

سال اول

پارامترهای ژنتیکی در سال اول در دو شرایط تنش خشکی آخر فصل و آبیاری در جدول ۴ آمده است.

ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV): سال اول و در شرایط آبیاری، دامنه ضریب تغییرات ژنوتیپی از ۰/۶۲ درصد در کربوهیدرات دلنه تا ۵۰/۴۵ درصد در تراکم سنبله متغیر و میانگین آن ۱۳/۵۵ درصد بود. تحت شرایط تنش میانگین ضریب تغییرات ژنوتیپی ۱۳/۸۷ درصد و محتوای کربوهیدرات دلنه و تراکم سنبله به‌ترتیب با ۱/۲۳ و ۵۲/۴۳ درصد مانند شرایط آبیاری دارای کمترین و بیشترین مقدار بودند.

ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV): میانگین ضریب تغییرات فنوتیپی در شرایط آبیاری ۱۴/۲۰ درصد و در شرایط تنش ۱۴/۳۳ درصد بود. در شرایط آبیاری و تنش در کربوهیدرات دانه (به‌ترتیب ۰/۸۷ و ۱/۳۰ درصد) کمترین و تراکم سنبله (به‌ترتیب ۵۰/۵۱ و ۵۲/۴۸ درصد) بیشترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی را داشت.

ضریب تغییرات محیطی (ECV): میانگین ضریب تغییرات محیطی در شرایط آبیاری ۲/۵۷ درصد و در شرایط تنش ۲/ ۵۰ درصد بود. در شرایط آبیاری و تنش، رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب با ۰/۰۳ و ۰/۲۶ درصد کمترین و قطر پدانکل به‌ترتیب با ۸/۷۰ و ۹/۲۴ درصد، بیشترین مقدار ضریب تغییرات محیطی را به‌خود اختصاص داد.

وراثت‌پذیری عمومی ($H^2b\%$): میانگین وراثت‌پذیری عمومی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آبیاری و تنش به‌ترتیب ۸۸/۲۹ و ۹۰/۸۴ درصد بود. عرض دلنه در شرایط آبیاری با ۸/۹۷ درصد و قطر پدانکل با ۳۸/۲۵ درصد در شرایط تنش کمترین وراثت‌پذیری عمومی را نشان دادند. روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با ۹۹/۹۸ درصد در شرایط آبیاری و تعداد سنبله در مترمربع با ۹۹/۸۸ درصد در شرایط تنش از بیشترین درصد وراثت‌پذیری عمومی برخوردار بودند.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی و کمی اندازه‌گیری شده در ده رقم جو در طی سال و دو محیط

Table 2- Combined analysis of variance for measured agronomic and qualitative traits of 10 barley cultivars across two years and two environments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares			
		SPAD	DTA	NGPS	GFR
محیط Environment (Env)	1	96.89 *	410.26 ns	193.50 ns	0.28 *
سال Year (Y)	1	545.85 **	144.50 ns	201.40 *	0.22 **
Y ×Env	1	0.13 ns	76.67 **	4.29 ns	0.00006 ns
تکرار (محیط× سال) Replication (Env × Y)	8	1.60	0.65	1.54	0.0007
رقم Cultivar (C)	9	29.97 **	187.42 **	854.57 **	0.48**
Env × C	9	0.66 ns	1.01 ns	0.26 ns	0.004 ns
Y × C	9	4.62 *	9.73 **	1.96 *	0.004 ns
Y × Env × C	9	1.09 **	0.65 ns	0.39 ns	0.002*
خطا Error	72	0.28	0.37	0.41	0.0008
ضریب تغییرات CV %	-	1.02	0.50	2.44	2.31
کای اسکور آزمون بارتلت Chi square for Bartlet test	5.10 ns	0.86 ns	0.86ns	5.85 ns	0.86 ns

SPAD: شاخص سبزینگی برگ، DTA: روز تا گرده‌افشانی NGPS: تعداد دانه در سنبله؛ GFR: سرعت پرشدن دانه. CV: ضریب تغییرات.

ns'** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

SPAD: chlorophyll index, DTA: days to anthesis, NGPS: number of grain per spike, GFR: grain filling rate, CV: coefficient of variation.

**, ns: Significant at 1% level of probability and non-significance respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس جداگانه برای صفات زراعی و کمی اندازه‌گیری شده در ۱۰ رقم جو زراعی در چهار محیط

Table 3- Individual analysis of variance for measured agronomic and qualitative traits of 10 barley cultivars in four environments

محیط Environment	آماره Statistic	DTA	DTH	DTPH	GFR	FLL	FLW	Phe	PL	PD	AL	SL	GW	GL	SW
1	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	5.53	23.20	13.51	0.04	1.36	0.03	365.33	6.34	0.02	1.98	0.24	0.01	0.26	0.31
1	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.01	0.29	0.00	0.00	0.04	0.00	1.51	0.26	0.09	0.03	0.04	0.08	0.02	0.01
1	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	0.07	0.42	0.03	2.56	2.01	2.24	1.84	2.08	8.70	1.23	2.96	7.86	1.51	4.95
1	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	ns	**	**
2	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	7.12	20.17	12.89	0.04	1.15	0.03	362.93	5.43	0.04	1.90	0.22	0.01	0.11	0.23
2	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.11	0.21	0.17	0.00	0.02	0.00	1.89	0.53	0.07	0.13	0.06	0.00	0.10	0.00
2	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	0.30	0.38	0.26	3.12	1.42	2.74	2.16	3.22	9.24	2.94	4.23	0.89	4.06	4.19
2	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
3	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	1.87	11.89	6.73	0.04	1.52	0.04	319.11	6.61	0.12	1.96	0.12	0.00	0.21	0.31
3	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.22	0.62	0.30	0.00	0.00	0.00	0.25	0.19	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
3	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	0.40	0.64	0.33	1.61	0.19	0.92	0.72	1.72	0.29	0.04	1.13	0.14	0.18	1.36
3	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
4	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	3.96	10.51	9.86	0.04	1.55	0.03	306.84	6.22	0.11	2.04	0.21	0.00	0.24	0.32
4	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.13	0.37	0.26	0.00	0.00	0.00	0.56	0.14	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
4	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	0.32	0.50	0.32	1.84	0.21	2.69	1.10	1.55	0.43	0.10	1.30	0.29	0.07	1.41
4	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

DTH: روز تا سنبله‌دهی؛ DTA: روز تا گرده‌افشانی؛ DTPM: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ GFR: سرعت پر شدن دانه؛ FLL: طول برگ پرچم؛ FLW: عرض برگ پرچم ؛ Phe: ارتفاع بوته؛ PL: طول پدانکل؛ PD: قطر پدانکل؛ AL: طول ریشک؛ SL: طول سنبله؛ GW: عرض دانه؛ GL: طول دانه؛ SW: وزن سنبله، محیط ۱، ۲، ۳، ۴ به‌ترتیب محیط آبی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱، محیط تنش ۱۴۰۲-۱۴۰۱ ، محیط آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ و محیط تنش ۱۴۰۳-۱۴۰۲.

**،ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

DTH:The days to heading, DTA: days to anthesis, DTPH: days to physiological maturity, GFR: grain filling rate, FLL and FLW: flag length and width, Phe: plant height, SL:spike length, PL, PD:peduncle length and diameter, GL, GW:grain length and width, SW: spike weight. Environment 1, 2, 3, 4: Irrigation environment in 2022-23, stress environment in 2022-23, Irrigation environment in 2023-24, stress environment in 2023-24, respectively.

**،ns: Significant at 1% level of probability and non-significance, respectively

پیشرفت ژنتیکی بر میانگین (GAM): متوسط پیشرفت ژنتیکی بر میانگین در شرایط آبیاری ۲۷/۱۴ و در شرایط تنش ۲۷/۸۲ بود. در شرایط آبیاری و تنش، محتوای کربوهیدرات دانه دارای کمترین (به‌ترتیب ۰/۹۳ و ۲/۴۱) و تراکم سنبله دارای بیشترین مقدار (به‌ترتیب ۱۰۳/۸۱ و ۱۰۷/۸۸) پیشرفت ژنتیکی بر میانگین بودند.

به‌طورکلی در سال اول و در هر دو شرایط مورد ارزیابی، محتوای کربوهیدرات دانه دارای کمترین و تراکم سنبله دارای بیشترین درصد ضریب تغییرات ژنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی و

متوسط پیشرفت ژنتیکی بر میانگین بود. قطر پدانکل دارای بیشترین ضریب تغییرات محیطی در شرایط آبیاری و تنش و کمترین وراثت‌پذیری عمومی در شرایط تنش بود. رسیدگی فیزیولوژیک نیز کمترین درصد ضریب تغییرات محیطی در هر دو شرایط و بیشترین درصد وراثت‌پذیری عمومی در شرایط آبیاری را به‌خود اختصاص داد.

ادامه ی جدول ۳

Table 3 continued.

محیط Environment	آماره Statistic	WGPS	NGPS	NSPM	SpD	TGW	GY	SPAD	GZinc	GIron	GFat	GCar	GProtein	GAm	GFiber
1	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	0.14	75.02	9383.10	448.00	16.42	2462.37	2.14	5.68	46.86	0.28	0.18	1.46	0.10	0.90
1	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.00	0.39	12.10	0.99	0.46	3.78	0.30	0.07	13.18	0.08	0.17	0.02	0.00	0.05
1	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	4.76	2.34	0.58	2.38	1.58	0.44	1.08	0.84	7.72	5.41	0.60	0.99	0.29	4.53
1	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
2	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	0.09	73.38	8442.09	416.32	15.43	2888.16	1.21	3.68	51.84	0.11	0.68	1.58	0.10	0.71
2	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.00	0.72	10.50	0.92	0.33	26.08	0.30	0.13	2.51	0.06	0.08	0.04	0.00	0.02
2	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	4.92	3.60	0.56	2.46	1.43	1.25	1.13	1.23	3.49	5.65	0.42	1.44	0.45	2.75
2	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
3	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	0.15	68.01	8606.36	455.28	9.55	2412.70	3.72	5.83	59.13	0.36	0.20	1.28	0.09	0.62
3	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.00	0.32	5.81	0.07	0.08	1.36	0.31	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
3	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	1.56	1.98	0.40	0.60	0.63	0.26	1.02	0.54	0.25	1.02	0.16	0.48	0.07	0.98
3	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
4	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	0.15	68.77	8444.90	452.03	9.66	2355.42	4.66	5.31	57.15	0.33	0.18	1.20	0.08	0.58
4	واریانس محیطی Phenotypic Variance	0.00	0.23	0.60	0.19	0.08	0.58	0.21	0.02	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
4	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	1.58	1.81	0.13	1.06	0.67	0.18	0.86	0.48	0.64	0.89	0.16	0.32	0.06	0.74
4	معنی‌داری اثر رقم Cultivar effect significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

WPGS: وزن دانه در سنبله؛ NGPS: تعداد دانه در سنبله؛ NSPM: تعداد سنبله در متر مربع؛ SpD: تراکم سنبله؛ TGW: وزن هزار دانه؛ GY: عملکرد دانه؛ SPAD : شاخص سبزینگی برگ؛ GIron: محتوای آهن دانه؛ GZinc: محتوای روی دانه؛ Gfat: محتوای روغن دانه؛ GCar: محتوای کربوهیدرات دانه؛ GProtein: محتوای پروتئین دانه و Gfiber: محتوای فیبر خام دانه. محیط ۱، ۲، ۳، ۴ به‌ترتیب: محیط آبی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ ، محیط تنش ۱۴۰۲-۱۴۰۱ ، محیط آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ و محیط تنش ۱۴۰۳-۱۴۰۲.

**،ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

WPGS: weight of grain per spike, NGPS: number of grain per spike, NGPS: number of grain per spike, NSPM: number of spike m^{-2}, SpD: spike density, GY: grain yield, TGW: thousand grain weight, SPAD: chlorophyll index, GAM: grain amino acid, Gfiber: crude grain fiber content, Gfat: grain fat content, GProtein: grain protein content, GIron: grain iron, GZinc: grain zinc, GCar: grain water-soluble carbohydrate content. Environment 1, 2, 3, 4: Irrigation environment in 2022-23, stress environment in 2022-23, Irrigation environment in 2023-24, stress environment in 2023-24, respectively.

**،ns: Significant at 1% level of probability and non-significance, respectively

جدول ۴- پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط آبیاری و تنش در سال اول (۱۴۰۲-۱۴۰۱)

Table 4- Genetic parameters for traits under irrigation and stress conditions in the first year (2022-23)

	آبیاری Irrigation							تنش Stress						
صفت Trait	Mean	GCV%	PCV%	ECV%	H^2b%	GA	GAM	Mean	GCV%	PCV%	ECV%	H^2b%	GA	GAM
DTA	117.19	2.01	2.01	0.07	99.86	4.84	4.13	111.52	2.39	2.41	0.30	98.47	5.45	4.89
DTH	127.01	3.79	3.82	0.42	98.77	9.86	7.76	121.71	3.69	3.71	0.38	98.95	9.20	7.56
DTPH	165.68	2.22	2.22	0.03	99.98	7.57	4.57	159.69	2.25	2.26	0.26	98.68	7.35	4.60
GFR	1.30	16.10	16.31	2.56	97.53	0.43	32.76	1.20	16.54	16.83	3.12	96.57	0.40	33.48
FLL	9.54	12.21	12.38	2.01	97.36	2.37	24.82	9.29	11.54	11.63	1.42	98.51	2.19	23.59
FLW	0.78	23.67	23.78	2.24	99.11	0.38	48.54	0.72	26.14	26.28	2.74	98.92	0.38	53.55
Phe	66.98	28.54	28.60	1.84	99.59	39.29	58.67	63.63	29.94	30.02	2.16	99.48	39.14	61.51
PL	24.70	10.19	10.40	2.08	96.00	5.08	20.58	22.52	10.35	10.84	3.22	91.16	4.58	20.36
PD	3.44	4.21	9.67	8.70	18.99	0.13	3.78	2.81	7.27	11.76	9.24	38.25	0.26	9.27
AL	13.30	10.58	10.65	1.23	98.67	2.88	21.65	12.27	11.23	11.61	2.94	93.58	2.74	22.37
SL	6.72	7.23	7.81	2.96	85.65	0.93	13.79	5.69	8.29	9.31	4.23	79.31	0.86	15.20
GW	3.51	2.47	8.24	7.86	8.97	0.05	1.52	3.32	2.48	2.63	0.89	88.45	0.16	4.80
GL	8.65	5.91	6.10	1.51	93.87	1.02	11.80	7.67	4.41	5.99	4.06	54.09	0.51	6.68
SW	1.73	31.87	32.25	4.95	97.64	1.12	64.87	1.49	32.36	32.63	4.20	98.35	0.98	66.11
WGPS	1.14	33.00	33.34	4.76	97.97	0.77	67.29	0.95	31.81	32.18	4.92	97.67	0.62	64.75
NGPS	26.47	32.72	32.81	2.34	99.49	17.80	67.24	23.55	36.37	36.55	3.60	99.03	17.56	74.56
NSPM	594.71	16.29	16.30	0.58	99.87	199.42	33.53	573.62	16.02	16.03	0.56	99.88	189.16	32.98
SpD	41.95	50.45	50.51	2.38	99.78	43.55	103.81	38.92	52.43	52.48	2.46	99.78	41.99	107.88
TGW	42.97	9.43	9.56	1.58	97.28	8.23	19.16	40.37	9.73	9.83	1.43	97.90	8.01	19.83
GY	437.94	11.33	11.34	0.44	99.85	102.14	23.32	409.44	13.13	13.18	1.25	99.11	110.21	26.92
SPAD	50.51	2.90	3.09	1.08	87.83	2.83	5.60	48.78	2.26	2.52	1.13	80.00	2.03	4.16
GZinc	31.83	7.48	7.53	0.84	98.74	4.88	15.32	29.26	6.56	6.67	1.23	96.61	3.88	13.28
GIron	47.00	14.56	16.49	7.72	78.05	12.46	26.51	45.39	15.86	16.24	3.49	95.39	14.49	31.91
GFat	5.28	9.97	11.34	5.41	77.24	0.95	18.05	4.37	7.56	9.44	5.65	64.11	0.54	12.46
GCar	68.46	0.62	0.87	0.60	52.05	0.64	0.93	66.55	1.23	1.30	0.42	89.73	1.60	2.41
GProtein	14.91	8.11	8.17	0.99	98.52	2.47	16.58	13.77	9.11	9.23	1.44	97.56	2.55	18.54
GAM	11.72	2.74	2.76	0.29	98.93	0.66	5.62	11.53	2.74	2.78	0.45	97.38	0.64	5.58
Gfiber	5.05	18.83	19.36	4.53	94.54	1.90	37.71	5.73	14.71	14.96	2.75	96.63	1.71	29.79

DTH: روز تا سنبله‌دهی؛ DTA: روز تا گرده‌افشانی؛ DTPM: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ GFR: سرعت پرشدن دانه؛ FLL: طول برگ پرچم؛ FLW: عرض برگ پرچم ؛ Phe: ارتفاع بوته؛ PL: طول پدانکل؛ PD: قطر پدانکل؛ AL: طول ریشک؛ SL: طول سنبله؛ GW: عرض دانه؛ GL: طول دانه؛ SW: وزن سنبله، WPGS : وزن دانه در سنبله؛ NGPS: تعداد دانه در سنبله؛ NSPM: تعداد سنبله در مترمربع؛ SpD: تراکم سنبله؛ TGW: وزن هزار دانه؛ GY: عملکرد دانه؛ SPAD : شاخص سبزینگی برگ؛ GIron: محتوای آهن دانه؛ GZinc: محتوای روی دانه؛ Gfat: محتوای روغن دانه؛ GCar: محتوای کربوهیدرات دانه؛ GProtein: محتوای پروتئین دانه و Gfiber: محتوای فیبر خام دانه. GCV%: درصد ضریب تغییرات ژنتیکی؛ PCV%: درصد ضریب تغییرات فنوتیپی؛ ECV%: درصد ضریب تغییرات محیطی؛ H2b%: درصد وراثت‌پذیری عمومی؛ GA: پیشرفت ژنتیکی و GAM%: پیشرفت ژنتیکی بر میانگین.

DTH:The days to heading, DTA: days to anthesis, DTPH: days to physiological maturity, GFR: grain filling rate, NGPS:number of grain per spike, NGPS:number of grain per spike, Phe: plant height, SL:spike length, PL, PD:peduncle length and diameter, GL, GW:grain length and width, GY:grain yield m^{-2}, TGW: thousand grain weight, NSPM:number of spike m^{-2}, FLL and FLW: flag length and width, SpD: spike density, WPGS: weight of grain per spike, SPAD: chlorophyll index, GAM:grain amino acid, Gfiber:crude grain fiber content, Gfat:grain fat content, GProtein:grain protein content, GIron:grain iron, GZinc: grain zinc, GCar:grain water-soluble carbohydrate content. GCV%: percentage of genetic coefficient of variation; PCV%: percentage of phenotypic coefficient of variation; ECV%: percentage of environmental coefficient of variation; H^2b%: percentage of broadsense heritability; GA: genetic advanced and GAM: genetic advance as percentage of mean.

سال دوم

پارامترهای ژنتیکی در سال دوم در دو شرایط تنش خشکی آخر فصل و آبیاری در جدول ۵ آمده است.

ضریب تغییرات ژنوتیپی (GAM): در سال دوم میانگین ضریب تغییرات ژنوتیپی در شرایط آبیاری و تنش به‌ترتیب ۱۲/۸۰ و ۱۳/۳۵ درصد بود. مانند سال اول محتوای کربوهیدرات دانه (به‌ترتیب با ۰/۶۵ و ۰/۶۲ درصد) کمترین و تراکم سنبله (به‌ترتیب با ۴۹/۰۸ و ۵۱/۳۳ درصد)، بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی را در شرایط آبیاری و تنش خشکی آخر فصل داشت.

ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV): در سال دوم میانگین ضریب تغییرات فنوتیپی در شرایط آبیاری، ۱۲/۸۴ درصد و در شرایط تنش، ۱۳/۳۹ درصد بود. در شرایط آبیاری و تنش، محتوای کربوهیدرات دانه (به‌ترتیب ۰/۶۵ و ۰/۶۷ درصد) کمترین و تراکم سنبله (به‌ترتیب ۴۹/۰۸ و ۵۱/۳۴ درصد) بیشترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی را داشت.

ضریب تغییرات محیطی (ECV): سال دوم میانگین ضریب تغییرات محیطی در شرایط آبیاری و تنش به‌ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۷۸ درصد بود. طول ریشک با ۰/۰۴ درصد در شرایط آبیاری و محتوای آمینواسید کل در دانه با ۰/۰۶ درصد در شرایط تنش کمترین مقدار ضریب تغییرات محیطی را داشتند. تعداد دانه در سنبله با ۱/۹۸ درصد در شرایط آبیاری و عرض برگ پرچم با ۲/۶۹ درصد در شرایط تنش بیشترین مقدار این پارامتر را به‌خود اختصاص دادند.

وراثت‌پذیری عمومی (H^2b): میانگین وراثت‌پذیری عمومی در شرایط آبیاری ۹۸/۲۸ درصد و در شرایط تنش ۹۸/۶۵ درصد بود. روز تا روز تا گرده‌افشانی در شرایط آبیاری با ۸۹/۶۵ درصد و محتوای کربوهیدرات دانه با ۹۳/۵۹ درصد در شرایط تنش کمترین وراثت‌پذیری عمومی را داشتند. طول ریشک به‌ترتیب با ۱۰۰/۰۰ و ۹۹/۹۹ درصد در شرایط آبیاری و تنش بیشترین درصد وراثت‌پذیری عمومی را بین صفات مورد بررسی داشت.

پیشرفت ژنتیکی بر میانگین (GAM): سال دوم متوسط پیشرفت ژنتیکی بر میانگین در شرایط آبیاری و تنش به‌ترتیب ۲۶/۲۹ و ۲۷/۴۳ بود. مانند سال اول، محتوای کربوهیدرات دانه در شرایط آبیاری و تنش به‌ترتیب با ۱/۳۱ و ۱/۲۵ کمترین و تراکم سنبله با ۱۰۱/۰۹ و ۱۰۵/۷۱ دارای بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی بر میانگین بود.

محتوای کربوهیدرات دانه در سال دوم دارای کمترین ضریب تغییرات ژنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی و پیشرفت ژنتیکی بر میانگین در شرایط آبیاری و تنش (مانند سال اول) و کمترین درصد وراثت‌پذیری عمومی در شرایط تنش بود. تراکم سنبله در سال دوم بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی و پیشرفت ژنتیکی بر میانگین در شرایط آبیاری و تنش (مانند سال اول) را داشت. طول ریشک کمترین ضریب تغییرات محیطی در شرایط آبیاری و بیشترین وراثت‌پذیری عمومی در شرایط آبیاری و تنش خشکی آخر فصل در سال دوم را به‌خود اختصاص داد.

اگرچه در روند محاسبه پارامترهای ژنتیکی برای صفات اندازه‌گیری شده تحت دو شرایط آبیاری و تنش خشکی در پایان فصل شباهت‌هایی وجود داشت، اما در مورد برخی از صفات، برآوردها گاهی متفاوت بود. گزارش شده است که در شرایط محیطی مختلف، نحوه عملکرد ژن‌ها و در نتیجه برآورد پارامترهای ژنتیکی و همچنین مقادیر ترکیب‌پذیری ارقام و تلاقی‌ها ممکن است متفاوت باشد (Chowdhry *et al.*, 1999; Redhu *et al.*, 1986). در مطالعه‌ی حاضر، میزان، ضریب تنوع ژنوتیپی (GCV) قسمتی از ضریب تنوع فنوتیپی (PCV) به‌هم نزدیک بود، ضریب تنوع ژنوتیپی، قسمتی از ضریب تنوع فنوتیپی بوده و بنابراین مقدار آن همیشه از ضریب تنوع فنوتیپی، کمتر است. اگر این دو برآورد به یکدیگر نزدیک باشند، این امر نشان‌دهنده تأثیر کم محیط در کنترل صفت و اهمیت بالای تفاوت‌های ژنتیکی است. در این حالت، بازدهی انتخاب برای صفت افزایش می‌یابد و می‌توان با اطمینان بیشتری ژنوتیپ‌های مطلوب را انتخاب کرد (Arab Tajandarrehh *et al.*, 2017).

به‌طورکلی ضریب تغییرات ژنتیکی برای اکثر صفات اندازه‌گیری شده در سال اول نسبت به سال دوم اندکی بیشتر بود که بیانگر پایین‌تر بودن اثرات محیطی به ژنتیکی در سال اول بود. بالا بودن ضریب تغییرات ژنتیکی صفات نشان می‌دهد که می‌توان این صفات را با گزینش اصلاح نمود (Rahmati *et al.*, 2018). در مطالعه‌ی پژوهشی، با وجود نقش اثرات تثبیت‌پذیر ژن‌ها در وراثت برخی صفات از جمله قطر ساقه اصلی، طول ریشک و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی (در دو تلاقی مرودشت × شاه‌پسند و مرودشت × رسول در گندم)،

ارتفاع بوته اصـلی و طول پدانکل (در مرودشـت × شـاه‌پسـند)، تقریباً برابر و یا بیشـتر از اجزای غالبیت بود و این بیانگر کارایی گزینش در نسـل های اولیه برای صـفات مذکور بود (Amiri *et al.*, 2023).

جدول ۵- پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط آبیاری و تنش در سال دوم (۱۴۰۳-۱۴۰۲)

Table 5- Genetic parameters for traits under irrigation and stress conditions in the second year (2023-24)

صفت Trait	آبیاری Irrigation							تنش Stress						
	Mean	GCV%	PCV%	ECV%	H^2_b %	GA	GAM	Mean	GCV%	PCV%	ECV%	H^2_b %	GA	GAM
DTA	115.45	1.18	1.25	0.40	89.65	2.67	2.31	113.60	1.75	1.78	0.32	96.71	4.03	3.55
DTH	123.22	2.80	2.87	0.64	95.05	6.93	5.62	121.12	2.68	2.72	0.50	96.61	6.56	5.42
DTPH	163.34	1.59	1.62	0.33	95.77	5.23	3.20	161.40	1.95	1.97	0.32	97.44	6.38	3.96
GFR	1.38	14.78	14.86	1.61	98.83	0.42	30.26	1.29	14.79	14.91	1.84	98.47	0.39	30.24
FLL	9.71	12.69	12.69	0.19	99.98	2.54	26.13	9.41	13.22	13.22	0.21	99.98	2.56	27.22
FLW	0.82	23.04	23.06	0.92	99.84	0.39	47.43	0.79	23.55	23.70	2.69	98.71	0.38	48.19
Phe	69.86	25.57	25.58	0.72	99.92	36.78	52.65	67.76	25.85	25.88	1.10	99.82	36.05	53.21
PL	25.44	10.10	10.25	1.72	97.19	5.22	20.52	24.22	10.30	10.42	1.55	97.80	5.08	20.99
PD	3.53	9.80	9.80	0.29	99.92	0.71	20.18	3.31	9.91	9.92	0.43	99.81	0.68	20.39
AL	13.52	10.36	10.36	0.04	100.00	2.89	21.35	13.15	10.86	10.86	0.10	99.99	2.94	22.37
SL	7.51	4.64	4.78	1.13	94.40	0.70	9.29	6.98	6.50	6.63	1.30	96.16	0.92	13.13
GW	3.43	1.43	1.44	0.14	99.03	0.10	2.94	3.37	1.23	1.26	0.29	94.83	0.08	2.46
GL	8.71	5.28	5.29	0.18	99.89	0.95	10.88	8.43	5.75	5.76	0.07	99.98	1.00	11.85
SW	1.88	29.36	29.39	1.36	99.79	1.14	60.42	1.77	32.01	32.04	1.41	99.81	1.16	65.87
WGPS	1.25	30.49	30.53	1.56	99.74	0.78	62.73	1.16	33.06	33.10	1.58	99.77	0.79	68.02
NGPS	28.68	28.75	28.82	1.98	99.53	16.95	59.09	26.52	31.27	31.32	1.81	99.67	17.05	64.31
NSPM	605.72	15.32	15.32	0.40	99.93	191.04	31.54	596.87	15.40	15.40	0.13	99.99	189.30	31.72
SpD	43.48	49.08	49.08	0.60	99.99	43.95	101.09	41.42	51.33	51.34	1.06	99.96	43.79	105.71
TGW	44.14	7.00	7.03	0.63	99.21	6.34	14.36	43.17	7.20	7.23	0.67	99.14	6.38	14.77
GY	442.91	11.09	11.09	0.26	99.94	101.16	22.84	422.11	11.50	11.50	0.18	99.98	99.96	23.68
SPAD	54.84	3.52	3.66	1.02	92.27	3.82	6.96	52.98	4.08	4.17	0.86	95.71	4.35	8.22
GZinc	32.85	7.35	7.37	0.54	99.47	4.96	15.10	31.83	7.24	7.26	0.48	99.56	4.74	14.89
GIron	49.39	15.57	15.57	0.25	99.97	15.84	32.07	48.37	15.63	15.64	0.64	99.83	15.56	32.17
GFat	5.55	10.76	10.80	1.02	99.11	1.23	22.06	5.12	11.25	11.28	0.89	99.38	1.18	23.10
GCar	69.20	0.65	0.67	0.16	94.39	0.90	1.31	68.59	0.62	0.65	0.16	93.59	0.85	1.25
GProtein	15.26	7.42	7.43	0.48	99.58	2.33	15.25	14.74	7.43	7.44	0.32	99.81	2.25	15.30
GAM	11.81	2.56	2.56	0.07	99.93	0.62	5.27	11.73	2.45	2.45	0.06	99.93	0.59	5.05
Gfiber	4.88	16.17	16.20	0.98	99.63	1.62	33.25	5.06	15.09	15.11	0.74	99.76	1.57	31.05

DTH: روز تا سنبله‌دهی؛ DTA: روز تا گرده‌افشانی؛ DTPM: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ GFR: سرعت پرشدن دانه؛ FLL: طول برگ پرچم؛ FLW: عرض برگ پرچم ؛ Phe: ارتفاع بوته؛ PL: طول پدانکل؛ PD: قطر پدانکل؛ AL: طول ریشک؛ SL: طول سنبله؛ GW: عرض دانه؛ GL: طول دانه؛ SW: وزن سنبله، WPGS : وزن دانه در سنبله؛ NGPS: تعداد دانه در سنبله؛ NSPM: تعداد سنبله در متر مربع؛ SpD: تراکم سنبله؛ TGW: وزن هزار دانه؛ GY: عملکرد دانه؛ SPAD : شاخص سبزینگی برگ؛ GIron: محتوای آهن دانه؛ GZinc: محتوای روی دانه؛ Gfat: محتوای روغن دانه؛ GCar: محتوای کربوهیدرات دانه؛ GProtein: محتوای پروتئین دانه و Gfiber: محتوای فیبر خام دانه. GCV%: درصد ضریب تغییرات ژنتیکی؛ PCV%: درصد ضریب تغییرات فنوتیپی؛ ECV%: درصد ضریب تغییرات محیطی؛ H2b%: درصد وراثت‌پذیری عمومی؛ GA: پیشرفت ژنتیکی و GAM%: پیشرفت ژنتیکی بر میانگین.

DTH:The days to heading, DTA: days to anthesis, DTPH: days to physiological maturity, GFR: grain filling rate, NGPS:number of grain per spike, NGPS:number of grain per spike, Phe: plant height, SL:spike length, PL, PD:peduncle length and diameter, GL, GW:grain length and width, GY:grain yield m^{-2}, TGW: thousand grain weight, NSPM:number of spike m^{-2}, FLL and FLW: flag length and width, SpD: spike density, WPGS: weight of grain per spike, SPAD: chlorophyll index, GAM:grain amino acid, Gfiber:crude grain fiber content, Gfat:grain fat content, GProtein:grain protein content, GIron:grain iron, GZinc: grain zinc, GCar:grain water-soluble carbohydrate content. GCV%: percentage of genetic coefficient of variation; PCV%: percentage of phenotypic coefficient of variation; ECV%: percentage of environmental coefficient of variation; H^2b%: percentage of broadsense heritability; GA: genetic advanced and GAM: genetic advance as percentage of mean.

وراثت‌پذیری به‌همراه پیشرفت ژنتیکی، معیاری دقیق‌تر برای انتخاب روش‌های به‌نژادی به‌شمار می‌رود. بسیاری از پژوهش‌گران به این نتیجه رسیده‌اند که وراثت‌پذیری بالا در کنار پیشرفت ژنتیکی زیاد، نشان‌دهنده این است که صفت مورد نظر تحت کنترل ژن‌های افزایشی قرار دارد. به‌نژادی صفات با وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالا به‌دلیل عملکرد افزایشی ژن‌ها از طریق انتخاب، و صفات با وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی پایین به‌دلیل عملکرد غیرافزایشی ژن‌ها از طریق هتروزیس امکان‌پذیر است. وجود ضریب تغییرات ژنتیکی بالا در کنار وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی زیاد، چشم‌انداز بهتری برای انتخاب ژنوتیپ‌ها فراهم می‌آورد (Selvaraj *et al.*, 2011). برای درصد وراثت‌پذیری (کمتر از ۳۰٪ کم، بین ۳۰ تا ۶۰٪ متوسط و بیشتر از ۶۰٪ زیاد) و درصد پیشرفت ژنتیکی (کمتر از ۱ تا ۱۰٪ کم، بین ۱۰ تا ۲۰٪ متوسط و برابر یا بیشتر از ۲۰٪ زیاد) معیارهایی تعریف شده است (Johnson *et al.*, 1995). بر این اساس، در جدول ۶ وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی صفات در شرایط مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. در دو سال و شرایط آبیاری و تنش، صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عرض دانه (به‌جز سال اول و شرایط آبیاری)، شاخص سبزینگی (SPAD)، محتوای کربوهیدرات دانه (به‌جز سال اول و شرایط آبیاری) و محتوای اسیدآمینه دانه، وراثت‌پذیری زیاد و پیشرفت ژنتیکی کمی داشتند و صفات وزن هزاردانه، محتوای روی دانه، محتوای پروتئین دانه، طول سنبله (به‌جز سال دوم و شرایط آبیاری) و طول دانه (سال اول و شرایط تنش)، با وجود وراثت‌پذیری بالا، مقدار پیشرفت ژنتیکی کم یا متوسط داشتند، لذا احتمال می‌رود تحت تأثیر عملکرد غیرافزایشی ژن‌ها باشند و هتروزیس روش مناسبی برای به‌نژادی آن‌ها می‌باشد. انتخاب فنوتیپی و گزینش در نسل‌های اولیه برای بهبود صفاتی که تحت تأثیر ژن‌های غالب قرار دارند، کارایی چندانی نخواهد داشت و این نوع گزینش نمی‌تواند صفت مورد نظر را در نسل‌های بعدی تثبیت کند. موفقیت به‌نژادگران در به‌نژادی صفات در یک جمعیت به‌میزان تطابق بین ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی وابسته است. همچنین، میزان وراثت‌پذیری یک صفت می‌تواند نشان‌دهنده تطابق واریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی باشد (Dabholkar, 1999).

در مطالعه‌ای، میزان توارث‌پذیری در صفات مختلف زراعی را در لاین‌های حاصل از تلاقی دو ژنوتیپ متحمل و حساس جو در شرایط تنش خشکی در اواخر فصل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده وجود اثرات غالبیت در کنترل صفات شاخص برداشت، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و عملکرد دانه بود (Khalili and Naghavi, 2018). در صفات طول ریشک، طول سنبله و ارتفاع بوته تحت شرایط تنش خشکی در پایان فصل، اثرات غالبیت نسبت به اثرات افزایشی بیشتر بود. در پژوهشی، میزان توارث‌پذیری و تعداد ژن‌های دخیل در صفت عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن را در نسل‌های جو بررسی گردید. نتایج نشان داد که طول ریشک تحت تأثیر اثرات افزایشی و غالبیت قرار دارد و در کنترل صفاتی مانند وزن سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله، تعداد سنبلچه، وزن صد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن کاه سنبله، شاخص برداشت و عملکرد دانه، علاوه‌بر اثرات افزایشی و غالبیت، اثر اپیستازی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند (Baghizadeh *et al.*, 2007). در مطالعه‌ی حاضر، صفات سرعت پرشدن دانه، طول و عرض برگ پرچم، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول ریشک، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تراکم سنبله، عملکرد دانه، محتوای آهن دلنه و محتوای فیبر دلنه در هر دو سال و هر دو شرایط (آبیاری و تنش خشکی آخر فصل)، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی داشتند که دال بر وجود عملکرد افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده آن‌هاست. بنابراین به‌نژادی از طریق گزینش راه‌کار مناسبی برای بهبود این صفات است. انتخاب والدین براساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش باعث انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش می‌شود، زیرا آلل‌های مطلوب تحت شرایط بدون تنش گزینش می‌شود و پاسخ به انتخاب در محیط بدون تنش، به‌دلیل وراثت پذیری بالاتر عملکرد، حداکثر است (Richards *et al.*, 2000). در یک پژوهش، مقادیر پارامترهای ژنتیکی مرتبط با صفات جوانه‌زنی جو را در گیاهان هاپلوئید مضاعف جو تحت شرایط تنش شوری محاسبه شد. نتایج نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بالا در تمامی صفات مورد بررسی در لاین‌ها بود. بیشترین مقادیر تنوع فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی، و همچنین میزان پیشرفت ژنتیکی در صفت درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (Ebrahimi *et al.*, 2016).

جدول ۶- دسته‌بندی صفات از لحاظ وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بر میانگین در دو سال تحت شرایط آبیاری و تنش

Table 6- Classification of traits in terms of heritability and genetic advance as percentage of mean in two years and under irrigation and stress conditions

صفت Trait	۱۴۰۲-۱۴۰۱ 2022-23				۱۴۰۳-۱۴۰۲ 2023-24			
	آبیاری Irrigation		تنش Stress		آبیاری Irrigation		تنش Stress	
	H^2b	GAM	H^2b	GAM	H^2b	GAM	H^2b	GAM
DTA	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
DTH	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
DTPH	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
GFR	High	High	High	High	High	High	High	High
FLL	High	High	High	High	High	High	High	High
FLW	High	High	High	High	High	High	High	High
Phe	High	High	High	High	High	High	High	High
PL	High	High	High	High	High	High	High	High
PD	Low	Low	Average	Low	High	High	High	High
AL	High	High	High	High	High	High	High	High
SL	High	Average	High	Average	High	Low	High	Average
GW	Low	Low	High	Low	High	Low	High	Low
GL	High	Average	Average	Low	High	Average	High	Average
SW	High	High	High	High	High	High	High	High
WGPS	High	High	High	High	High	High	High	High
NGPS	High	High	High	High	High	High	High	High
NSPM	High	High	High	High	High	High	High	High
SpD	High	High	High	High	High	High	High	High
TGW	High	Average	High	Average	High	Average	High	Average
GY	High	High	High	High	High	High	High	High
SPAD	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
GZinc	High	Average	High	Average	High	Average	High	Average
GIron	High	High	High	High	High	High	High	High
GFat	High	Average	High	Average	High	High	High	High
GCar	Average	Low	High	Low	High	Low	High	Low
GProtein	High	Average	High	Average	High	Average	High	Average
GAM	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
Gfiber	High	High	High	High	High	High	High	High

DTH: روز تا سنبله‌دهی؛ DTA: روز تا گرده‌افشانی؛ DTPM: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ GFR: سرعت پر شدن دانه؛ FLL: طول برگ پرچم؛ FLW: عرض برگ پرچم ؛ Phe: ارتفاع بوته؛ PL: طول پدانکل؛ PD: قطر پدانکل؛ AL: طول ریشک؛ SL: طول سنبله؛ GW: عرض دانه؛ GL: طول دانه؛ SW: وزن سنبله،WPGS : وزن دانه در سنبله؛ NGPS: تعداد دانه در سنبله؛ NSPM: تعداد سنبله در متر مربع؛ SpD: تراکم سنبله؛ TGW: وزن هزار دانه؛ GY: عملکرد دانه؛SPAD : شاخص سبزینگی برگ؛ GIron: محتوای آهن دانه؛ GZinc: محتوای روی دانه؛ Gfat: محتوای روغن دانه؛ GCar: محتوای کربوهیدرات دانه؛ GProtein: محتوای پروتئین دانه و Gfiber: محتوای فیبر خام دانه. GCV%: درصد ضریب تغییرات ژنتیکی؛ PCV%: درصد ضریب تغییرات فنوتیپی؛ ECV%: درصد ضریب تغییرات محیطی؛ H2b%: درصد وراثت‌پذیری عمومی؛ GA: پیشرفت ژنتیکی و GAM%: پیشرفت ژنتیکی بر میانگین.

DTH:The days to heading, DTA: days to anthesis, DTPH: days to physiological maturity, GFR: grain filling rate, NGPS:number of grain per spike, NGPS:number of grain per spike, Phe: plant height, SL:spike length, PL, PD:peduncle length and diameter, GL, GW:grain length and width, GY:grain yield m^{-2}, TGW: thousand grain weight, NSPM:number of spike m^{-2}, FLL and FLW: flag length and width, SpD: spike density, WPGS: weight of grain per spike, SPAD: chlorophyll index, GAM:grain amino acid, Gfiber:crude grain fiber content, Gfat:grain fat content, GProtein:grain protein content, GIron:grain iron, GZinc: grain zinc, GCar:grain water-soluble carbohydrate content. GCV%: percentage of genetic coefficient of variation; PCV%: percentage of phenotypic coefficient of variation; ECV%: percentage of environmental coefficient of variation; H^2b%: percentage of broadsense heritability; GA: genetic advanced and GAM: genetic advance as percentage of mean.

تعداد سنبله در مترمربع در هر دو سال در شرایط تنش و آبیاری دارای درصد وراثت‌پذیری عمومی و میانگین پیشرفت

ژنتیکی بالا بودند. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان ارقام مختلف جو آبی و دیم را از نظر صفت تعداد سنبله در مترمربع اصلاح نمود و عملکرد گیاه را با توجه به صفت فوق‌الذکر ارتقا داد. در مطالعه‌ای، با بررسی ۴۵ زیر جمعیت از رگه‌های درون‌زاد نوترکیب وراثت‌پذیری بالاتر از ۸۴ درصد برای صفات ابعاد وزن و ابعاد دانه در چهار محیط مورد بررسی گزارش گردید (Shrestha *et al.*, 2022). در بررسی دیگری، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بر میانگین بالایی برای وزن هزاردانه و طول سنبله جو برآورد شد و گزینش را راه‌کار مناسبی برای بهبود این صفات اعلام گردید (Dyulgerova, Dyulgerov and 2020).

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس مرکب حاکی از معنی‌دار بودن اثر رقم برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده بود که نشان‌دهنده‌ی وجود تنوع در بین ارقام مورد مطالعه می‌باشد. اثر رقم × محیط برای تمام صفات به‌جز عرض برگ پرچم، عرض دانه و محتوای آهن دانه و اثر محیط برای تمامی صفات به‌جز عرض دانه معنی‌دار بود و بیانگر واکنش متفاوت ارقام به محیط‌های مختلف بود. نتایج محاسبه‌ی پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده در چهار محیط مورد ارزیابی، نشان داد، میزان ضریب تنوع ژنوتیپی و ضریب تنوع فنوتیپی به‌هم نزدیک بود که نشان‌دهنده‌ی تأثیر اندک محیط در کنترل صفت و نقش مهم اثرات ژنتیکی می‌باشد. در سال اول، رسیدگی فیزیولوژیک کمترین درصد ضریب تغییرات محیطی در هر دو شرایط و بیشترین درصد وراثت‌پذیری عمومی در شرایط آبیاری و در سال دوم، طول ریشک کمترین ضریب تغییرات محیطی در شرایط آبیاری و بیشترین وراثت‌پذیری عمومی در شرایط آبیاری و تنش خشکی آخر فصل را نشان داد. تراکم سنبله در هر دو سال، بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی و پیشرفت ژنتیکی بر میانگین در شرایط آبیاری و تنش را داشت. صفات سرعت پرشدن دانه، طول و عرض برگ پرچم، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول ریشک، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تراکم سنبله، عملکرد دانه، محتوای آهن دلنه و محتوای فیبر دلنه در هر دو سال و هر دو شرایط (آبیاری و تنش خشکی آخر فصل)، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی داشتند که نشان‌دهنده‌ی اثرات افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده این صفات است. بنابراین، پاسخ به گزینش و بازده ناشی از آن در این صفات بیشتر و گزینش فنوتیپی در نسل‌های اولیه برنامه به‌نژادی مؤثر است. صفات وزن هزاردانه، محتوای روی دلنه، محتوای پروتئین دلنه، طول سنبله (به‌جز سال دوم و شرایط آبیاری) و طول دانه (سال اول و شرایط تنش)، وراثت‌پذیری بالا و پیشرفت ژنتیکی کم یا متوسط و احتمالا تحت تأثیر عمل غیرافزایشی ژن‌ها بوده و برای به‌نژادی این صفات بایستی از پدیده هتروزیس استفاده نمود.

References

Abdel-Aal, E.M. and Choo, T.M., 2014. Differences in compositional properties of a hulless barley cultivar grown in 23 environments in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, *94*, pp.807-815. https://doi.org/10.4141/cjps2013-301

Ahak paz, F., Asadi, A.A., Neyestani, E., Abdulahi, A., Mohammadi, H., Khaledian, M.S., Seifamiri, S. and Khalilzadeh, G., 2024. Investigating the Yield Stability and Adaptability of Promising Rainfed Genotypes in the Cold Climate of the Country. *Applied Field Crops Research*, *36*(2), pp.102-74. https://doi.org/10.22092/aj.2024.363914.1663

Amiri, R., Bahraminejad, S. and Cheghamirza, K., 2020. Estimation of Genetic Components and Inheritance of Bread Wheat Agronomic Traits Using Regression Method through Generation Mean Analysis. *Journal of Crop Breeding*. *12*(36), pp.101-116. https://doi.org/10.52547/jcb.12.36.101

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist, 16th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

Arab Tajandarreh, E., Ismaili, A., Rezaei Nejad, A. and Karami, F., 2017. Assessment of Genetic Diversity and Heritability of Physiological and Phenological Characteristics of some Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) Genotypes under Climatic Conditions of Kurdistan, Iran. *Plant Genetic Researches*, *3* (2), pp.43-58. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/pgr.3.2.43

Baghizadeh, A., Taleei, A.R. and Naghavi, M.R., 2007. QTL analysis for some agronomic traits in barley (*Hordeum vulgare* L.*). International Journal of Agriculture & Biology*, *9*, pp, 372-374.

Baligar, V.C., Fageria, N.K. and He, Z.L., 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *32*, pp.921-950. https://doi.org/10.1081/css-100104098

Bruckner, P.L. and Morey, D.D., 1988. Nitrogen effects on soft red winter wheat yield, agronomic characteristics, and quality. *Crop Science*, *28*, 152–157. https://doi.org/10.2135/cropsci1988.0011183x002800010033x

Burton, G. and Devane, E. H., 1953. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, *45*, pp.478-481. https://doi.org/10.2134/agronj1953.00021962004500100005x

Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil*, *302*, pp.1-17. https://doi.org/10.1007/s11104-007-9466-3

Chowdhry, M.A., Rasool, I., Khaliq, I., Mahmood, T. and Gilani, M.M. 1999. Genetics of some metric traits in spring wheat under normal and drought environment. *Rachis Newsletter*, *18*, pp.34-39.

Dabholkar, A.R., 1999. Elements of Bio Metrical Genetics (revised and Enlarged Edition). Concept publishing company. Pvt. Ltd., Delhi, India

Dyulgerov, N. and Dyulgerova, B., 2020. Heritability and genetic advance of yield and yield related traits in winter feed barley varieties. *Trakia Journal of Sciences*, *18*(1), pp.40-46. https://doi.org/10.15547/tjs.2020.s.01.008

Ebrahimi, M.A., Mohammadian, R. and Khalili, M., 2016. Estimation of Genetic Correlation, Heritability and Grouping of Barley Doubled Haploid Lines Based on Indicators Related to Germination Under Salt Stress. *Plant Genetic Researches*, *3*(1) , pp.29-44. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/pgr.3.1.29

Emilia-ancuța, B., Muntean, L., Russu, F., Daniela ona, A., Porumb, I. and Filip, E., 2019. Barley (*Hordeum Vulgare* L.): medicinal and therapeutic uses – review. *Hop and Medicinal Plants*, *1-2*, pp.87- 95. https://doi.org/10.15835/hpm.v27i1-2.13588

FAO., 2020. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceeding of a sympo. Taiwan, 13-16 Aug.1992.By c.G.1993.AVRDC.

Ferrari, E.D., Ferreira, V.A., Grassi, E.M., Picca, A.M.T. and Paccapelo, H. A., 2018. Genetic parameters estimation in quantitative traits of a cross of triticale (x *Triticosecale* W.). *Open Agriculture*, *3*, pp.25–31. https://doi.org/10.1515/opag-2018-0003

Forster, B.P., Ellis, R.P., Moir, J., Talame, V. and Sanguineti M.C., 2004. Genotype and phenotype associations with drought tolerance in barley tested in North Africa. *Annals of Applied Biology*, *144*(2), pp.157-168. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00329.x

Halluer, A.R. and Miranda, J.B., 1998. Quantitative genetic in maize breeding. Iowa State University, Press, Ames Iowa. Publisher: Springer New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0766-0

Harrison, M.T., Tardieu, F., Dong, Z., Messina, C.D. and Hammer, G.L., 2014. Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Global Change Biology*, *20*(7), pp.867-878. https://doi.org/10.1111/gcb.12381

Jajić, I., Krstović, S., Glamočić, D., Jakšić, S. and Abramović, B., 2013. Validation of an HPLC method for the determination of amino acids in feed. *Journal of the Serbian Chemical Society*, *78*(6), pp.839-850. https://doi.org/10.2298/jsc120712144J

Johnson, H.W., Robinson, H.F. and Comstock, R.E., 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal*, *47*(7), pp.314–318. https://doi.org/10.2134/agronj1955.00021962004700070009x

Khalili, M. and Naghavi, M.R.N., 2018. Evaluation of Genetic Diversity of Spring Wheat Cultivars for Physiological and Agronomic Traits under Drought Stress. *Journal of Crop Breed*ing, *10*(25), pp.138-151. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/jcb.10.25.138

Mamo, B.E., Barber, B. and Steffenson, B.J., 2014. Genome–wide association mapping of zinc and iron concentration in barley landraces from Ethiopia and Eritrea. J. *Journal of Cereal Science*, *60*(3), pp.497-506. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.08.007

Mascher, M., Gundlach, H, Himmelbach, A., Beier, S., Twardziok, SO., Wicker, T. and Radchuk, V., 2017. A chromosome conformation capture ordered sequence of the barley genome. *Nature*, *544*(7651), pp.427-433. https://doi.org/10.1038/nature22043

Mohamed, A., Hojilla-Evangelista, M.P., Peterson, S.C. and Biresaw, G., 2007. Barley protein isolate: thermal, functional, rheological, and surface properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *84*(3), pp.281-288. https://doi.org/10.1007/s11746-006-1027-z

Mostafavi, K.H., Golbashi, M., Izadi Darbandi, A. and Zarabi, M., 2012. Effect of salinity stress and genetical parameterers estimation of some burley (*Hordeum Vulgare* L.) Cultivars lines in seed germination and seedling primary growth stage. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *1*(2), pp.117-127. [In Persian].

Panizo-Casado. M., Déniz-Expósito, P., Rodríguez-Galdón, B., Afonso-Morales, D., Ríos-Mesa, D., Díaz-Romero, C. and Rodríguez-Rodríguez, EM., 2020. The chemical composition of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) landraces from the Canary Islands. *Journal of Food Science*, *85*(6), pp.1725-1734. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15144

Rahmati, M.R., Ahmadi, A. and Hosseinpour, H., 2018. Study of Genetic Variability, Heritability and Relationship between Grain Yield and Yield-Related Traits on Bread Wheat Genotypes under Dry Land Conditions. *Journal of Crop Breeding*, *10*(25), pp.167-175. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/jcb.10.25.167

Redhu, A.S., Singh, R.K. and Luthara, O.P., 1986. Genetic analysis of grain yield and its components in some leaf rust resistance genotypes of wheat. *Haryana Agricultural University Journal of Research*, *16*(3), pp.228-232.

Richards, R. A., 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of experimental botany*, *51*(1), pp.447-458. https://doi.org/10.1093/jexbot/51.suppl_1.447

Sadeghzadeh, B., 2013. A review of zinc nutrition and plant breeding. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *13*, pp.905-927. https://doi.org/10.4067/s0718-95162013005000072

Samarah, N., Mullen, R. and Cianzio, S., 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, *27*, pp.815-835. https://doi.org/10.1081/pln-120030673

Selvaraj, I.C, Pothiraj, N., Thiyagarajan, K., Bharathi, M. and Rabindran, R., 2011. Genetic parameters of variability, correlation and path coefficient studies for grain yield and other yield Attributes among rice blast disease resistant genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*, *10* (17), pp.322 - 334. https://doi.org/10.5897/ajb10.2575

Shrestha, A., Cosenza, F., van Inghelandt, D., Wu, P.Y., Li, J., A Casale, F., Weisweiler, M. and Stich, B., 2022.The double round-robin population unravels the genetic architecture of grain size in barley. *Journal of Experimental Botany*, *73*(22), pp.7344–7361. https://doi.org/10.1093/jxb/erac369

Singh, R.K. and Chaudhary, B.D., 2004. *Biometrical Method in Quantitative Genetics Analysis*. Ludhiana: Kalyani Publisers.

Solhi Andarab, S., Rashidi, V., Shahbazi, H., Farahvash, F. and Ahmadzadeh, A., 2021. Determination of heritability and genetic parameters of Yield and Yield components related to salinity tension in barley cultivars through crossing Diallel. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *14*(2), pp.461-473. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.2872.1742

Tahmasebi, S., Khodambashi, M. and Rezai, A., 2007. Estimation of Genetic Parameters for Grain Yield and Related Traits in Wheat Using Diallel Analysis Under Optimum and Moisture Stress Conditions. *Journal of Water and Soil Science*,*11*(1), pp.229-241. [In Persian]. https://doi.org/20.1001.1.24763594.1386.11.1.18.0

Tawfiq, J. and Al-Attar S., 2014. Hand book of Nutrition Science. University of Baghdad, Academic press.

Tricase., C, Lamonaca, E., Ingrao, C., Bacenetti, J. and Lo Giudice, A., 2018. A comparative Life Cycle Assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways. *Journal of Cleaner Production, 172*, pp.3747-3759. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.008

United Nations. World Population Prospects 2019: Highlights. Department of Economic and Social Affairs. Population Division (2019). Available online at: https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html (accessed May 18, 2020). https://doi.org/10.18356/b564c742-en

Upadhyaya, H., Bajaj, D., Das, S., Kumar, V., Gowda, C., Sharma, Sh., Tyagi, A. and Parida, S., 2016. Genetic dissection of seed-iron and zinc concentrations in chickpea. *Scientific Reports*, *6*, pp.24050. https://doi.org/10.1038/srep24050