Razi University

Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

The evaluation of genetic parameters of some grain physicochemical characteristics in wild and cultivated barley genotypes

Elahe Saroei[1], Abdollah Najaphy [2]✉, Kianoosh Cheghamirza [3] & Leila Zarei [4]

[1] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: e.saroei@yahoo.com

[2]✉ Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: anajaphy@razi.ac.ir

[3] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: cheghamirza@yandex.ru

[4] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: lzarei1360@yahoo.com

ABSTRACT

Introduction: Barley is one of the most important crops that is cultivated in many areas and is mainly used in livestock and poultry feed and malt production industry. Some physical and biochemical properties of grain are very effective on the quantity and quality of the grain, malt production, and its nutritional properties.

Materials and methods: In this study, seven Iranian and European barley cultivars (*Hordeum vulgare* subsp. *Vulgare*) and two wild barley genotypes (*Hordeum vulgare* subsp. *Spontaneum* (K. Koch)) were studied for some physicochemical characteristics of the grain.

Results: Based on the results, genotypes were significantly different for all studied traits except moisture content and percentage of soluble sugar, and wild genotypes showed a higher mean for most traits. Cluster analysis divided the genotypes into three groups. The lowest and highest values of genetic variation coefficient were obtained for moisture content and iron content, and the lowest and highest values of phenotypic and environmental variation coefficients were recorded for grain thickness and grain iron content, respectively. Broad-sense heritability was estimated to be high for ash percentage, grain length, width and thickness, and thousand kernel weight. Ash percentage and thousand kernel weight had a higher percentage of mean genetic advance. The coefficient of phenotypic variation of all traits was higher than the coefficient of genetic variation. The small difference between the coefficient of phenotypic and genotypic variations for length, width, thickness, and weight of thousand kernel weight indicates the greater influence of genetic factors on the control of these traits. On the other hand, the genetic and phenotypic correlation coefficients of some traits were significant, which indicates the possibility of simultaneous breeding of the two traits.

Conclusion: According to the results and the significant differences in physicochemical characteristics, the selection of a wild genotype and a cultivated variety with a suitable genetic distance based on ash percentage, iron and zinc content, grain protein and high thousand kernel weight was found to be suitable for creating a segregating population.

Keywords: Grain protein, heritability, *Hordeum vulgare*, wild barley.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 13/04/2022, **Revised:** 18/05/2022, **Accepted:** 28/05/2022, **Published online:** 26/06/2022

Cite this article: Saroei, E., Najaphy, A., Cheghamirza, K. & Zarei, L. (2022). The evaluation of genetic parameters of some grain physicochemical characteristics in wild and cultivated barley genotypes. Cereal Biotechnology and Biochemistry. 1 (2). 210-230. DOI: 10.22126/cbb.2022.8041.1014

© The Author(s).

Publisher: Razi University

10.22126/cbb.2022.8041.1014

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

ارزیابی پارامترهای ژنتیکی برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه در ژنوتیپ‌های جو وحشی و زراعی

الهه سارویی[۱]، عبداله نجفی[۲]✉، کیانوش چقامیرزا[۳] و لیلا زارعی[۴]

[۱] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده عاوم ومهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: e.saroei@yahoo.com
[۲] ✉گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده عاوم ومهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: anajaphy@razi.ac.ir
[۳] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده عاوم ومهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: cheghamirza@yandex.ru
[۴] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده عاوم ومهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: lzarei1360@yahoo.com

چکیده

مقدمه: جو یکی از مهم‌ترین غلات زراعی است که در بسیاری از مناطق جغرافیایی کشت و به‌طور عمده در تغذیه دام و طیور و صنعت تولید مالت استفاده می‌شود. برخی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی دانه بر کمیت و کیفیت دانه، مالت تولیدی و خواص تغذیه‌ای آن بسیار مؤثر هستند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تعداد هفت رقم جو زراعی ایرانی و اروپایی (*Hordeum vulgare* subsp. *vulgare*) و دو ژنوتیپ جو وحشی (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum* (K. Koch)) از نظر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه شامل درصد رطوبت، خاکستر، چربی و فیبر خام، محتوای آهن، روی، پروتئین و قند محلول دانه، طول، عرض و ضخامت و وزن هزار دانه بررسی شدند.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده، ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از درصد رطوبت و درصد قند محلول با هم تفاوت معنی‌دار داشته و ژنوتیپ‌های وحشی برای بیشتر صفات میانگین بالاتری را نشان دادند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به سه گروه تفکیک نمود. کمترین و بیشترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی برای درصد رطوبت و محتوای آهن و کمترین و بیشترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی و محیطی برای ضخامت دانه و محتوای آهن دانه بدست آمد. میزان وراثت‌پذیری عمومی برای درصد خاکستر، طول، عرض، ضخامت و وزن هزار دانه بالا برآورد شد و درصد خاکستر و وزن هزار دانه از درصد پیشرفت ژنتیکی بر میانگین بالاتری هم برخوردار بودند. ضریب تغییرات فنوتیپی همه صفات بیشتر از ضریب تغییرات ژنتیکی بود. تفاوت اندک بین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای طول، عرض، ضخامت و وزن هزاردانه نشان‌دهنده تأثیر بیشتر عوامل ژنتیکی بر کنترل این صفات است. از طرف دیگر ضریب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی برخی صفات معنی‌دار بود که حاکی از امکان به‌نژادی همزمان دو صفت دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده و تفاوت قابل ملاحظه از نظر صفات فیزیکوشیمیایی انتخاب یک ژنوتیپ وحشی و یک رقم زراعی با فاصله ژنتیکی مناسب براساس درصد خاکستر، محتوای آهن و روی، پروتئین دانه و وزن هزار دانه بالا برای ایجاد جمعیت در حال تفرق، مناسب تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، جو وحشی، وراثت پذیری، *Hordeum vulgare*.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱ **اصلاح:** ۱۴۰۱/۰۲/۱۹ **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۳/۱۳، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۱/۰۴/۰۷

استناد: سارویی، ا.، نجفی، ع.، چقامیرزا، ک. و زارعی. ل. (۱۴۰۱). ارزیابی پارامترهای ژنتیکی برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه در ژنوتیپ‌های جو وحشی و زراعی. بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات. ۱ (۲). ۲۱۰-۲۳۰. DOI: 10.22126/cbb.2022.8041.1014

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

جو زراعی (*Hordeum vulgare* L. ssp.*vulgare*) یکی از قدیمی‌ترین غلات مورد استفاده بشر است و حدود ۱۰۰۰۰ سال قبل در منطقه هلال حاصلخیز اهلی شده است (Zohary *et al*., 2012). جنس *Hordeum* از قبیله تری‌تیسه[1] و خانواده پوآسه[2] مشتمل بر ۳۲ گونه با عدد پایه کروموزومی x=7 است. این جنس شامل گونه‌های یک‌ساله و چندساله، دیپلوئید (2n=2x=14)، تتراپلوئید (2n=2x=28) و هگزاپلوئید (2n=2x=42) است. جو زراعی و جد وحشی آن (*Hordeum vulgare* L. ssp. *spontaneum* (C. Koch)) از گونه‌های دیپلوئید این جنس هستند. سازگاری بالا به شرایط نامساعد محیطی مانند سرما، گرما، خشکی و سطوح پایین رطوبت خاک، شور و قلیایی بودن خاک و کیفیت پایین آب آبیاری سبب شده این غله مهم در گستره وسیعی از عرض‌های جغرافیایی از قطب شمال تا مناطق گرمسیری و در بالاترین ارتفاعات کشت شود (Hadado *et al*., 2010; EL Sabagh *et al*., 2019). بر اساس آخرین گزارش سازمان خوار و بار جهانی (فائو) جو زراعی در ۵۱/۶۰ میلیون هکتار از زمین‌های زراعی جهان کشت که حدود ۱۵۷/۰۳ میلیون تن محصول از آن با متوسط عملکرد ۳/۰۴ تن در هکتار برداشت شده است (FAOSTAT, 2020) و چهارمین غله مهم دنیا محسوب می‌شود (Usubaliev *et al*., 2020). ایران با سطح زیر کشت ۲/۰۶ میلیون هکتار و متوسط عملکرد ۱/۷۴ تن در هکتار حدود ۳/۶۰ میلیون تن جو تولیده کرده است (FAOSTAT, 2020). حدود ۶۵ درصد تولید جهانی جو در تغذیه دام، ۳۳ درصد در صنایع نوشیدنی و تولید مالت و ۲ درصد در طیف وسیعی از غذاها استفاده می‌شود (Sullivan *et al*., 2013). جو منبع خوبی از انرژی، مواد مغذی و اجزای عملکردی مانند نشاسته، پروتئین، بتاگلوکان، فیبر و آنتی اکسیدان‌های فنلی است (Abdel-Aal *et al*., 2014). نشاسته ۶۵-۶۰ درصد، پروتئین ۱۷-۱۰ 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 دانه را تشکیل می‌دهند (Emilia-Ancuța *et al*., 2019). ژن‌های متعددی که تحت تأثیر عوامل محیطی هم قرار می‌گیرند محتوای بیوشیمیایی دانه را کنترل می‌کنند و این امر به‌نژادی این صفات را پیچیده‌تر می‌کند (Fan *et al*., 2017). برنامه‌های به‌نژادی جو که با هدف تولید ارقامی با عملکرد مطلوب و کیفیت مناسب دانه دنبال می‌شود نیاز به والدین مناسب برای ایجاد واریانت‌های ژنتیکی جدید و انتخاب نوترکیب‌های برتر با ویژگی‌های مطلوب دارد (Asfaw *et al*., 2021).

به‌نژادی گیاهی با انتخاب و ترکیب صفات مطلوب زراعی و تولید ژنوتیپ یا جمعیت‌های برتر از نظر عملکرد، سازگاری و مقاومت به آفات و بیماری‌ها، فراوانی آلل‌های انتخابی را

[1] Triticeae

[2] Poaceae

افزایش و تنوع درون گونه‌ای را کاهش داده است (Shahmoradi *et al*., 2013; Alijošius *et al*., 2016; Bhandari *et al*., 2017). تنوع ژنتیکی با تغییر در ترکیب ژنتیکی برای ایجاد مکانیسم‌های سازگاری با تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش مهمی نیز در بقای گونه‌ها ایفا می‌کند (Begna, 2021). از طرف دیگر، والدینی با تفاوت‌های ژنتیکی بیشتر نتاجی با هتروزیس بیشتر ایجاد می‌کنند و احتمال اینکه هیبریدهای تفرق یافته برتر تولید شود نیز افزایش می‌یابد (Moradi & Soltani Howyzeh, 2018). گونه‌های وحشی، گونه‌های خویشاوند و لاین‌های جهش‌یافته منبع آلل‌های مطلوبی برای به‌نژادگران گیاهی هستند. لذا قبل از هر کاری شناسایی تنوع ژنتیکی و ژنوتیپ‌های متنوع و در صورت نیاز ایجاد تنوع ضروری است. ضریب تغییرات ژنوتیپی، فنوتیپی و محیطی به یافتن درکی درست از تنوع موجود در مواد ژنتیکی مورد بررسی کمک می‌کند (Alipour Kondari & Arzani, 2021). هر چقدر تنوع ژنوتیپی بالاتر باشد بازده انتخاب بیشتر است و انتخاب فنوتیپی نیز بر اساس صفات مطلوب در صورتی مؤثر است که وراثت‌پذیری همراه با پیشرفت ژنتیکی بالا باشد (Gebregergs & Mekbib, 2020). پیشرفت ژنتیکی با در نظر گرفتن تنوع ژنتیکی موجود و وراثت پذیری صفت، نشانه‌ای از پاسخ انتخابی مورد انتظار و گزینش بهترین افراد را ارائه می‌دهد (Kaur *et al*., 2022). تاکنون بررسی‌های مختلفی روی تنوع ژنتیکی و پارامترهای ژنتیکی ارقام جو زراعی انجام شده است. یعقوب‌فر و همکاران (Yaghobfar *et al*., 2013) ترکیبات بیوشیمیایی۱۰ رقم امید بخش جو بدون پوشینه را در دو سال زراعی بررسی کردند. نتایج نشان داد ارقام جو در دو سال زراعی از نظر پروتئین خام، الیاف خام، خاکستر، عصاره اتری، قند محلول و نشاسته دارای اختلاف معنی‌داری بودند. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش آن‌ها ارقام امید بخش یزد، بیرجند، اصفهان، داراب و کرج دارای بتاگلوکان کمتری نسبت به سایر ارقام بودند و به‌عنوان رقم‌های امید بخش مناسب برای تولید ارقام جو بدون پوشینه با توجه به شرایط آب و هوای مختلف در کشور معرفی شدند. در بررسی شیفرو و همکاران (Shiferaw *et al*., 2020) عملکرد دانه، عملکرد بیوماس و دانه در سنبله دارای ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی بودند. وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی برای روز تا سنبله‌دهی و رسیدگی و وزن هزار دانه نیز بالا برآورد شد. آن‌ها ضریب تغییرات ژنوتیپی را از ۶/۱۵ درصد برای وزن هکتولیتر تا ۳۸/۸۶ درصد برای عملکرد دانه و ضریب تغییرات فنوتیپی را از ۷/۳۵ درصد برای وزن هکتولیتر تا ۴۰/۹۸ درصد برای عملکرد دانه گزارش کردند. نگاش و همکاران (Negash *et al*., 2021) ۱۰۰ توده بومی جو را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد دامنه وراثت‌پذیری از ۱۲/۱۴ درصد برای شاخص برداشت تا ۸۱/۷۰ درصد برای تعداد سنبلچه در سنبله متغیر است. بیشترین پیشرفت ژنتیکی بر میانگین مربوط به تعداد سنبلچه در سنبله

(۶۰/۰۳ درصد) و کمترین مقدار برای شاخص برداشت (۴/۳۸ درصد) بود. آن‌ها با توجه به نتایج بدست آمده نتیجه گرفتند میزان تنوع ژنتیکی توده‌های مورد بررسی بالاست و با اطمینان کافی می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شوند. آلیجوسیوس و همکاران (Alijošius *et al*., 2016) محتوای پروتئین خام، چربی خام، خاکستر خام، فیبر خام و بتاگلوکان واریته‌های مختلف جو بهاره و زمستانه را بررسی کردند. براساس نتایج آن‌ها محتوای پروتئین خام در ارقام جو بهاره بیشتر از ارقام زمستانه بوده و بین ۱۰/۳۵تا ۱۲/۳۸ درصد وزن خشک متغیر بود. محتوای چربی خام نیز در ارقام جو بهاره و زمستانه به ترتیب بین ۱/۰۹ تا ۲/۰۰ درصد و خاکستر خام بین ۱/۹۴ تا ۲/۴۰ درصد وزن خشک گزارش شد. در پژوهش دیگری که با هدف بررسی رابطه اندازه دانه و محتوای پروتئین در محیط‌های متفاوت انجام شد، عملکرد دانه، اندازه و محتوای پروتئین ارقام مختلف جو زراعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پروتئین دانه از ۶/۸ تا ۱۳/۴ درصد متغیر بود. این محققین بیشتر تغییرات مشاهده شده در محتوای پروتئین با نسبت نیتروژن قابل دسترس مرتبط دانستند (Magliano *et al*., 2014). اشرفی بهبهانی‌زاده و همکاران (Afshari-Behbahanizadeh *et al*., 2016) تأثیر تنش خشکی بر خواص فیزیکی و بیوشیمیایی دانه جو را بررسی کردند. نتایج نشان داد که اندازه، وزن و کیفیت دانه‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. محتوای نشاسته دانه در تمام ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی کاهش و محتوای پروتئین افزایش یافت. تنش خشکی با کاهش سطح و طول محور فرعی دانه‌ها بر اندازه دانه و در نهایت وزن هزار دانه تأثیر گذاشت. همبستگی بین وزن هزار دانه و طول محور فرعی، سطح دانه و میزان نشاسته معنی‌دار بود. آن‌ها ویژگی‌های وابسته به اندازه دانه را به عنوان صفاتی مفید برای تخمین وزن هزار دانه و خواص بیوشیمیایی جو دانستند.

هدف از این پژوهش با توجه به اهمیت ویژگی های کیفی دانه جو توأم با عملکرد مناسب، بررسی برخی صفات فیزیکی و بیو شیمیایی دانه و محاسبه پارامتر های ژنتیکی در نه ژنوتیپ جو زراعی و وحشی به‌منظور کمک به انتخاب والدین مناسب برای تولید جمعیت در حال تفرق جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و ایجاد نقشه ژنتیکی جو بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

هفت رقم جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) ایرانی و اروپایی دریافت شده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه و مرکز تحقیقات ژنومیکس و پست ژنومیکس ایتالیا (CRA-GPG) و دو ژنوتیپ جو وحشی (*Hordeum Spontaneum* (K. Koch)) تهیه شده از بانک ژن مؤسسه تحقیقات نهال و بذر کرج، در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، بر اساس طرح بلوک‌های کامل

تصادفی با سه تکرار در شرایط دیم کشت شدند (جدول ۱). قابل ذکر است که این ارقام زراعی پس از بررسی ۴۴ رقم جو زراعی ایرانی و اروپایی در آزمایش‌های مزرعه‌ای، مولکولی و کشت بافت طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۲ انتخاب شدند (Izadi *et al.*, 2017; Saroei *et al.*, 2017; Naseri Myankali *et al.*, 2017 (a); Naseri Myankali *et al.*, 2017(b)). بذور پس از رسیدگی فیزیولوژیک جهت آنالیز مواد بیوشیمیایی و اندازه‌گیری ابعاد و وزن هزار دانه مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۱- نام و ویژگی‌های ارقام و ژنوتیپ‌های جو مورد استفاده

Table 1- The names and characteristics of the barley cultivars and genotypes

شماره No.	نام رقم/ ژنوتیپ Name of / genotyp	منشاء Origin	شجره pedigree	تیپ ردیف Row type	تیپ دانه Grain type
1	Fajr 30	ایران	Lignee131/ Gerbet//Alger- Ceres/ jonoob	شش ردیفه	پوشینه‌دار
2	Mahoor	ایران	Wi2291/Wi2269//Er/Amp	دو ردیفه	پوشینه‌دار
3	Reyhan	ایران	Rihane-03/4Alanda/lLignee527/Arar/3/Centinela/2*	شش ردیفه	پوشینه‌دار
4	Astartis	اروپا	(IABO x Arda3) x Amillis	دو ردیفه	بدون پوشینه
5	Panaka	اروپا	Amillis x Diadem	دو ردیفه	پوشینه‌دار
6	Pariglia	اروپا	Airone x Arco	دو ردیفه	پوشینه‌دار
7	Aiace	اروپا	FO 1078 x FO 1638	دو ردیفه	پوشینه‌دار
8	TN-407	ایران	وحشی	دو ردیفه	پوشینه‌دار
9	TN-1717	ایران	وحشی	دو ردیفه	پوشینه‌دار

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

درصد رطوبت و خاکستر: اندازه‌گیری میزان رطوبت به روش AOAC (2005) انجام شد. ابتدا ۱۰ گرم از نمونه بذر پودر شده توزین (m_0) و داخل کروزه ریخته و مجدد وزن شد (m_1). کروزه و نمونه به مدت سه و نیم ساعت داخل آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از رسیدن آن به دمای محیط وزن شد (m_2). درصد رطوبت از طریق رابطه شماره ۱ برآورد شد:

رابطه شماره (۱): $\text{درصد رطوبت} = \frac{(m_1-m_2)}{m_0} \times 100$

خاکستر بر حسب ماده خشک اندازه‌گیری شد (AACC(2010)) روش 01-08). مقدار دو گرم از نمونه خشک که رطوبت آن اندازه‌گیری شده جدا (m_0) و به داخل کروزه منتقل و وزن نمونه و کروزه یادداشت شد (m_1). کروزه‌های حاوی نمونه به‌مدت شش ساعت داخل کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از هم‌دما شدن با محیط توزین شد (m_2).

رابطه شماره (۲): $\text{درصد خاکستر} = \frac{(m_1-m_2)}{m_0} \times 100$

درصد چربی خام: درصد چربی خام برحسب ماده خشک و به روش سوکسله اندازه گیری شد. ابتدا ۲ گرم از نمونه آسیاب شده و خشک شده در آون توزین (m_0) و داخل کاغذ صافی به ابعاد ۱۰ ×۱۰ سانتی‌متر ریخته شد. کاغذ صافی را تا زده و به شکل پاکت درآورده و سر وته پاکت‌ها

منگنه و وزن شد (m_1). پاکت‌ها را داخل لوله‌های دستگاه سوکسله چیده و ۲۵۰ میلی‌لیتر پترولیوم اتر روی آن‌ها ریخته شد به حدی که روی نمونه‌ها پوشانده شد. دستگاه روشن و به‌مدت شش ساعت جوشانده شد. پس از این زمان نمونه‌ها را خارج کرده و ۲۴ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شد (m_2). درصد چربی خام براساس ماده خشک برآورد شد (رابطه شماره ۳):

رابطه شماره (۳): $\frac{(m_1-m_2)}{m_0} \times 100$ = درصد چربی خام

درصد فیبر خام[۳]: نمونه‌های بدون چربی حاصل از استخراج اتری[۴] توزین (m_0) و در بشر ۶۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۱/۲۵ درصد اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شد. محتویات بشر روی کاغذ صافی ریخته و با آب مقطر در حال جوش شستشو داده شد. باقیمانده به داخل بشر بازگردانده و با ۲۰۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۱/۲۵ درصد ۳۰ دقیقه جوشانده شد. سپس محتویات داخل بشر روی کاغذ صافی با استفاده از اسید کلریدریک یک درصد و آب مقطر در حال جوش شست و شو شد. باقیمانده به داخل کروزه چینی منتقل و در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت خشک و سپس توزین شد (m_1). کروزه حاوی نمونه خشک شده داخل کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت شش ساعت قرار داده شد. کروزه حاوی خاکستر نمونه پس از سرد شدن توزین و درصد فیبر خام بر اساس ماده خشک با رابطه زیر محاسبه شد (m_2).

رابطه شماره (۴):

درصد فیبر خام = $\frac{(m_1-m_2)}{m_0} \times$ (100/ ماده خشک اولیه)

محتوای آهن و روی: برای اندازه‌گیری میزان آهن و روی از روش سوزاندن خشک و ترکیب اسید هیدروکلریک استفاده شد. مقدار دو گرم بذر توزین و در کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت سوزانده شد. خاکستر حاصل با ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک هضم و محتویات آن داخل بالون ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر صاف شد. سپس محلول حاصل با آب مقطر به حجم رسانده شد. مقدار عناصر آهن و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian 220) قرائت شد. اعداد حاصل در رابطه زیر جاگذاری و مقدار آهن و روی به واحد گرم در کیلوگرم به دست آمد.

محتوای آهن وروی بذر (g/kg)= (a-b)×(v/w)×(100/D.M.%)

رابطه شماره (۵):

a= غلظت نمونه (ppm)، b= غلظت شاهد (برابر با صفر)، v= حجم نمونه، w= وزن نمونه، D.M.= ماده خشک گیاه.

درصد پروتئین: برای تعیین مقدار پروتئین دانه از روش هضم، تقطیر و تیتراسیون استفاده شد (Bradstreet,1954). مقدار ۰/۵ گرم آرد نمونه خشک توزین و داخل بالون ژوژه منتقل شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد و ۴ گرم کاتالیزور (۰/۵ گرم

---

[۳] Crude Fiber

[۴] Extract Ether

سولفات مس: ۳/۵ گرم سولفات آهن) به آن اضافه و به مدت ۵ ساعت روی اجاق هضم با حرارت بالا هضم شد (مرحله هضم). پس از هضم کامل محلول (شفاف یا سبز کمرنگ) و سرد شدن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه و ۲۰ میلی‌لیتر برای مرحله تقطیر به داخل ارلن مایر منتقل شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۴۰٪ به ارلن حاوی نمونه اضافه و به مدت یک ساعت جوشانده شد. گاز آمونیاک حاصل در نتیجه میعان به ارلن حاوی ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۴ درصد حاوی نشانگر متیل رد هدایت شد. محلول حاصل با اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال تا بوجود آمدن اولین رنگ صورتی تیتر شد. پس از تیتراسیون مقدار پروتئین خام با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

رابطه شماره (۶): A/۱۰۰× ۶/۲۵ ×X/۱۰۰×a/b× ۰/۱۴ ×۰/۱ ×C =درصد پروتئین خام (بر حسب گرم ماده خشک)

X= گرم وزن نمونه، a= حجم کل استخراج شده، b= حجم محلول رقیق برداشته شده برای مرحله تقطیر، C= حجم اسید مصرفی برای تیتراسیون، A= ماده خشک نمونه (گرم).

درصد قند محلول: برای اندازه‌گیری درصد قندهای محلول از روش فنل- اسید سولفوریک استفاده شد (AOAC, 1995). ابتدا ۰/۰۵ گرم از بذر آسیاب شده و خشک شده در آون را وزن و در تیوب دو میکرولیتری ریخته شد. ۱/۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد به آن افزوده و پس از ورتکس کردن تیوب‌ها در ترموبلاک با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس تیوب‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از انتقال فاز رویی به تیوب جدید در دمای محیط قرار داده شد تا محلول به طور کامل تبخیر شود و به رسوب باقیمانده یک میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. پس از حل شدن کامل ۱۰ میکرولیتر از نمونه به تیوب جدید منتقل و ۲۵۰ میکرولیتر فنل ۵ درصد و ۱۲۵۰ میکرولیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به آن اضافه و پس از یک ساعت ۲۵۰ میکرولیتر از آن با دستگاه الایزا و در طول موج ۴۸۸ نانومتر قرائت شد. پس از تشکیل منحنی استاندارد گلوکز و به دست آوردن معادله خطی مقدار قند محلول بر حسب درصد وزن خشک برآورد شد.

اندازه‌گیری ابعاد و وزن دانه: طول، عرض و ضخامت دانه با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر و وزن هزار دانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها با نرم‌افزار SPSS ver.16 تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS ver.9.1 و محیط Excel، تجزیه کلاستر با استفاده از نرم افزارSPSS ver.16 برآورد همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار META-R ver.6.0 و محاسبه پارامترهای ژنتیکی (جدول ۲) در محیط Excel انجام شد.

جدول ۲- پارامترهای ژنتیکی و رابطه محاسبه آن‌ها

Table 2 - Genetic parameters and their calculation formula

شماره No.	پارامتر ژنتیکی Genetic parameter	رابطه محاسبه calculation formula
1	واریانس محیطی (σ_e^2)	$\sigma_e^2 = MSE$
2	واریانس ژنتیکی (σ_g^2)	$\sigma_g^2 = MSG - MSE/r$
3	واریانس فنوتیپی (σ_p^2)	$\sigma_p^2 = \sigma_e^2 + \sigma_g^2$
4	ضریب تغییرات محیطی (ECV) (Burton, 1952)	$ECV = \sqrt{\sigma_e^2}/\bar{x} \times 100$
5	ضریب تغییرات ژنتیکی (GCV) (Burton, 1952)	$GCV = \sqrt{\sigma_g^2}/\bar{x} \times 100$
6	ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV) (Burton, 1952)	$PCV = \sqrt{\sigma_p^2}/\bar{x} \times 100$
7	وراثت پذیری عمومی (h_b^2) (Falconer, D.S. 1989)	$h_b^2\ (\%) = \sigma_g^2 / \sigma_p^2 \times 100$
8	پیشرفت ژنتیکی (GA) (Singh and Chaudhary, 2004)	$GA = k \times \sigma_p \times h_b^2$
9	پیشرفت ژنتیکی بر میانگین (GAM)	$GAM\ (\%) = GA/\bar{x} \times 100$

MSE: میانگین مربعات خطا، MSG: میانگین مربعات ژنتیکی، r: تعداد تکرار، $\bar{x}$: میانگین صفت ، k: دیفرانسیل گزینش و برابر با ۲/۰۶ در سطح پنج درصد.

MSE: mean error squares, *MSG*: mean genetic squares, *r*: number of replicates,: *k*: mean trait, $\bar{x}$ selection differential and equal to 2.06 at the 5% level.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین: براساس نتایج به‌دست آمده ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات بجز درصد رطوبت و مقدار قند محلول تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۳).

مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار نشان داد رقم Astartis کمترین (۴/۰۰ درصد) و ژنوتیپ TN-1717 بیشترین درصد خاکستر (۷/۶۷ درصد) را در بین ژنوتیپ-های مورد بررسی داشتند (شکل ۱ و جدول ۴). رقم Fajr 30 کمترین (۵/۱۷ درصد) و رقم Panaka و ژنوتیپ TN-1717 به‌ترتیب با ۷/۶۷ درصد و ۷/۶۵ درصد بیشترین درصد چربی خام را دارا بودند. رقم Reyhan دارای کمترین مقدار (۲/۵۳ درصد) و ژنوتیپ TN-1717 دارای بیشترین مقدار فیبر خام بودند. کمترین و بیشترین مقدار آهن به‌ترتیب برای رقم Astartis (۱۰۷/۴۸ mg/kg) و ژنوتیپ TN-407 (۳۵۴/۲۷ mg/kg) به دست آمد. کمترین مقدار عنصر روی در رقم Astartis (۲۱/۳۰ mg/kg) و بیشترین مقدار در ژنوتیپ TN-1717 (۳۶/۳۶ mg/kg) مشاهده شد. ژنوتیپ TN-407 با ۱۸/۷۰ درصد دارای بیشترین مقدار پروتئین بود در حالی که ژنوتیپ TN-1717 کمترین مقدار پروتئین (۱۱/۵۲ درصد) را در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشت. ژنوتیپ وحشی TN-1717 بیشترین (۱۲/۰۴mm) و رقم Astartis کمترین طول دانه (۸/۳۳mm)، رقم Aiace بیشترین (۳/۵۸mm) و رقم Reyhan کمترین عرض دانه (۲/۷۰mm)، رقم Mahoor

بیشترین (۲/۴۸mm) و ژنوتیپ TN-1717 کمترین ضخامت دانه (۱/۹۳mm) را بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. رقم Mahoor و رقم Fajr30 به ترتیب با ۴۱/۶۶ و ۳۰/۸۸ بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را داشتند. ژنوتیپ وحشی TN-1717 بیشترین مقدار خاکستر، فیبر، چربی خام و طول دانه و ژنوتیپ وحشی TN-407 بیشترین مقدار آهن، روی، قند و پروتئین را داشتند.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فیزیکوشیمیایی در ژنوتیپ‌های جو وحشی و زراعی

Table 3- Analysis of variance of physicochemical traits in the wild and cultivated barley Genotypes

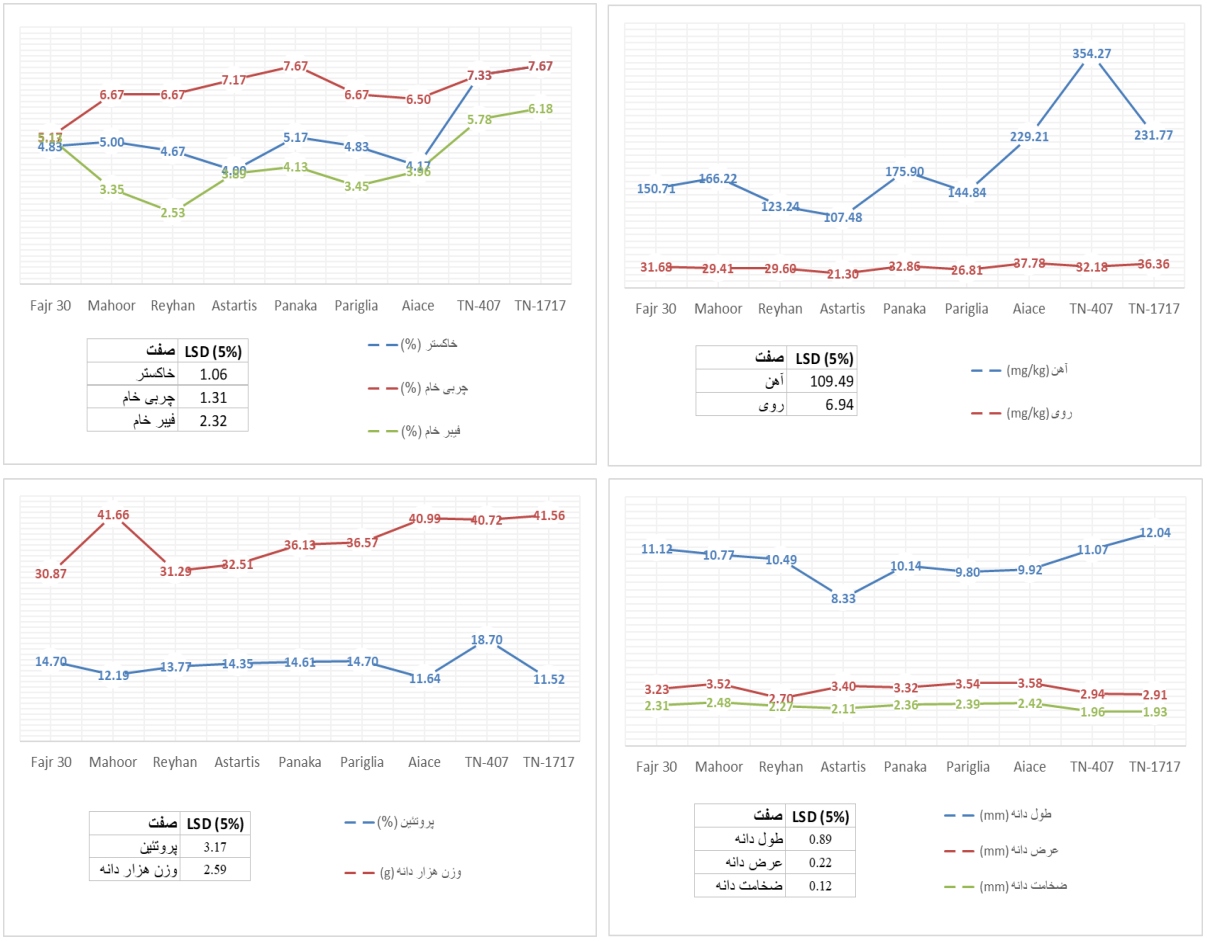
منبع تغییر SV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		رطوبت (٪) Moisture	خاکستر (٪) Ash	چربی خام (٪) Crude fat	فیبر خام(٪) Crude fiber	محتوای آهن (mg/kg) Fe	محتوای روی (mg/kg) Zn
تکرار Replication	2	1.35 ns	2.06*	1.08 ns	1.63 ns	7631.64 ns	154.73**
ژنوتیپ Genotype	8	1.47 ns	5.12**	1.77*	4.30**	17176.16**	73.48**
خطا Error	16	0.65	0.38	0.57	1.80	4001.31	16.08
CV (٪)	-	9.56	11.60	11.07	31.46	33.81	12.98

منبع تغییر SV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		پروتئین (٪) Pr	قند محلول (٪) Soluble sugar	طول دانه(mm) GL	عرض دانه (mm) GW	ضخامت دانه (mm) GT	وزن هزار دانه(g) TKW
تکرار Replication	2	5.54 ns	0.29 ns	0.09 ns	0.03 ns	0.00 ns	0.31 ns
ژنوتیپ Genotype	8	14.45**	0.56 ns	3.29**	0.30**	0.12**	61.34**
خطا Error	16	3.35	0.50	0.26	0.02	0.00	2.23
CV (٪)	-	13.05	33.97	4.93	3.90	2.98	4.05

Moisture: رطوبت، Ash: خاکستر، Crude fat: چربی خام، Crude fiber: فیبرخام، Iron (Fe): محتوای آهن دانه، Zinc (Zn): محتوای روی دانه، Protein (Pr): محتوای پروتئین دانه، Soluble sugar: قند محلول، Grain length (GL): طول دانه، Grain width (GW): عرض دانه، Grain thickness (GT): ضخامت دانه و Thousands of kernel Weight (TKW): وزن هزار دانه.

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns are significant at the probability level of five and one percent and non-significant, respectively.



شکل ۱- میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های جو وحشی و زراعی

Figure 1. The mean of studied traits in the wild and cultivated barley genotypes

Moisture: رطوبت، Ash: خاکستر، Crude fat: چربی خام، Crude fiber: فیبرخام، Iron (Fe): محتوای آهن دانه، Zinc (Zn): محتوای روی دانه، Protein (Pr): محتوای پروتئین دانه، Soluble sugar: قند محلول، Grain length (GL): طول دانه، Grain width (GW): عرض دانه، Grain thickness (GT): ضخامت دانه و Thousands of kernel Weight (TKW): وزن هزار دانه.

جدول ۴- مقدار میانگین، حداکثر، حداقل و حداقل تفاوت معنی‌دار صفات فیزیکوشیمیایی در ژنوتیپ‌های جو وحشی و زراعی

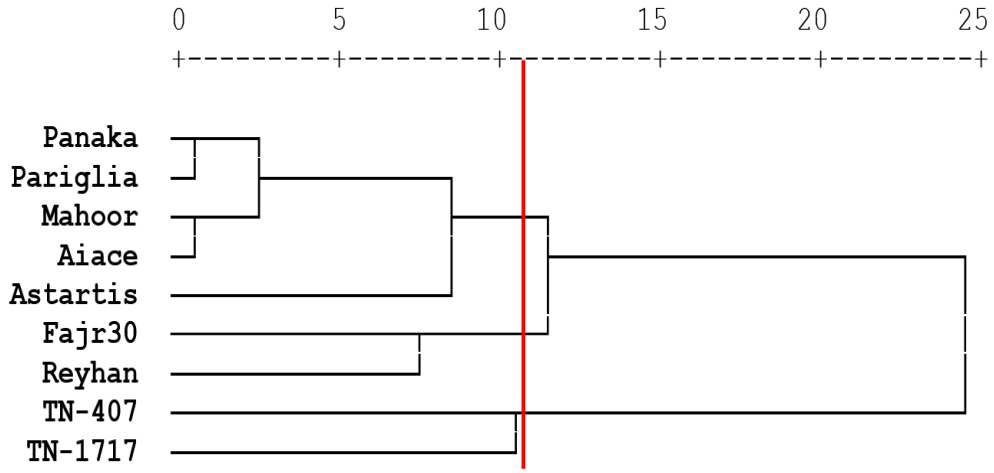
Table 4- The mean, maximum, minimum and least significant difference test of physicochemical traits in the wild and cultivated barley genotypes

	رطوبت Moisture (%)	خاکستر Ash (%)	چربی خام Crude fat (%)	فیبر خام Crude fiber (%)	محتوای آهن Fe (mg/kg)	محتوای روی Zn (mg/kg)
میانگین mean	8.46	5.30	6.83	4.27	187.07	30.89
حداکثر Maximum	9.20	7.67	7.67	6.18	354.27	37.78
حداقل Minimum	7.33	4.00	5.17	2.53	107.48	21.30
	پروتئین Pr (%)	قند محلول Soluble sugar (%)	طول دانه GL (mm)	عرض دانه GW (mm)	ضخامت دانه GT (mm)	وزن هزار دانه TKW (g)
میانگین mean	14.02	2.10	10.41	3.24	2.25	36.92
حداکثر Maximum	18.70	2.71	12.04	3.58	2.48	41.66
حداقل Minimum	11.52	1.61	8.33	2.70	1.93	30.87

Moisture: رطوبت، Ash: خاکستر، Crude fat: چربی خام، Crude fiber: فیبرخام، Iron (Fe): محتوای آهن دانه، Zinc (Zn): محتوای روی دانه، Protein (Pr): محتوای پروتئین دانه، Soluble sugar: قند محلول، Grain length (GL): طول دانه، Grain width (GW): عرض دانه، Grain thickness (GT): ضخامت دانه و Thousands of kernel Weight (TKW): وزن هزار دانه.

تجزیه خوشه‌ای: ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس تجزیه خوشه‌ای به روش Average Linkage در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۲). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های جو وحشی TN-1717 و TN-407، دارای بیشترین مقدار میانگین درصد خاکستر، درصد چربی خام، درصد فیبر خام، محتوای پروتئین، درصد قند، محتوای آهن، طول دانه و وزن هزار دانه بود. گروه دوم را ژنوتیپ‌های شش ردیفه جو زراعی (Fajr 30 و Reyhan) با بیشترین محتوای روی دانه و گروه سوم را ژنوتیپ‌های دوردیفه جو زراعی با بیشترین درصد رطوبت، عرض و ضخامت دانه تشکیل دادند. در بررسی دربو (Derbew, 2020) ۲۰ ژنوتیپ جو در پنج گروه قرار گرفتند. وی ژنوتیپ‌های گروه سوم را که زودرس، پا بلند و دارای طول سنبله بلند و بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد بالا بودند به‌عنوان والدین مناسب برنامه‌های دورگ‌گیری برای توسعه ارقام جو پر محصول پیشنهاد کرد. در پژوهش دیگری که روی ۱۶ توده بومی جو انجام شد ژنوتیپ‌ها در چهار خوشه قرار گرفتند، در حالی‌که خوشه دو طول دانه

بالاتر و خوشه سه دارای بیشترین وزن هزار دانه بود (Al .(Lawati *et al*., 2021



شکل ۲- نمودار تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های جو براساس صفات مورد بررسی با استفاده از روش Average Linkage

Figure 2- Cluster dendrogram of the barley genotypes based on the recorded characters using Average Linkage method

همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی: بیشترین مقدار ضریب همبستگی ژنوتیپی مثبت (۰/۹۹**) بین رطوبت با عرض و ضخامت دانه، خاکستر و فیبر خام، آهن و فیبر خام و نیز قند محلول با خاکستر، روی و طول دانه و بیشترین مقدار منفی آن (۰/۹۹**-) برای خاکستر با رطوبت و قند محلول با پروتئین و عرض دانه برآورد شد (جدول ۵). همبستگی بسیار قوی بین این صفات نشان می‌دهد هر تغییری در یک صفت منجر به تغییر در صفت همبسته شده و می‌توان از آن برای به‌نژادی هم‌زمان صفات یا بهبود صفاتی که وراثت‌پذیری پایینی دارند یا اندازه‌گیری آن دشوار است استفاده کرد (Heidarinejad *et al*., 2018; Iannucci *et al*., 2021). ضریب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی درصد رطوبت با همه صفات بجز عرض و ضخامت دانه منفی بود، زیرا با افزایش درصد رطوبت وزن خشک و به‌دنبال آن محتوای شیمیایی دانه کاهش یافته و از طرف دیگر وزن دانه افزایش می‌یابد. در بیشتر موارد ضرائب همبستگی ژنوتیپی از فنوتیپی بزرگ‌تر بود که به‌دلیل حذف اثرات محیطی است (Beikzadeh *et al*., 2013). به‌طور کلی همبستگی فنوتیپی از دو جزء همبستگی ژنوتیپی و همبستگی محیطی تشکیل شده است. همبستگی ژنتیکی بین صفات به پلیوتروپی[۵] و عدم تعادل لینکاژی[۶] نسبت داده می‌شود. در پدیده پلیوتروپی محصول یک ژن بیش از یک صفت را تحت تأثیر قرار می دهد و در عدم تعادل لینکاژی نیز مجموعه‌ای از آلل‌ها با هم از نسلی به نسل دیگر منتقل شوند لذا سبب همبستگی ژنتیکی بین صفات حاصل می‌شود (Chebib & Guillaume, 2021). همبستگی محیطی نیز ناشی از تأثیر

---

۵ Pleiotropy

۶ Linkage Disequilibrium (LD)

مشابه یا متفاوت عوامل اقلیمی بر دو یا چند صفت می‌باشد. زمانیکه دو صفت وراثت‌پذیری بالایی داشته باشند همبستگی فنوتیپی عمدتاً ناشی از همبستگی ژنتیکی است و در صورتی که وراثت‌پذیری پایینی باشد سهم همبستگی محیطی بیشتر خواهد بود (Abdollahzadeh *et al*., 2017). محتوای آهن با درصد خاکستر و محتوای روی همبستگی ژنتیکی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت. آهن عمده‌ترین ماده معدنی خاکستر دانه جو است که اغلب در لایه آلئورون دانه تجمع یافته است (Teixeira *et al*., 2016). بنابراین قابل انتظار است که با افزایش مقدار خاکستر دانه محتوای آهن نیز افزایش یابد. محتوای آهن دانه با محتوای روی دانه و وزن هزار دانه همبستگی ژنوتیپی معنی‌داری نشان داد. لیو و همکاران (Liu *et al*., 2013) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های گندم نشان دادند غلظت آهن دانه همبستگی مثبت و معنی داری با غلظت روی برای هر دو گندم بهاره و زمستانه داشته اما غلظت آهن و روی با عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار و منفی دارد. در تحقیق محمودی و همکاران (Mahmoodi *et al*., 2016) روی ژنوتیپ‌های یولاف ضریب همبستگی بین غلظت آهن و روی با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار و همبستگی بین آهن و روی دانه در شرایط آبیاری کامل مثبت و معنی‌دار بود. آن‌ها نتیجه گرفتند می‌توان با ترکیب این دو صفت از طریق به‌نژادی همزمان عملکرد بالاتر دانه را نیز انتظار داشت. امیری و همکاران (Amiri *et al*., 2017) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای آهن و روی دانه ژنوتیپ‌های گندم نان گزارش کردند و آن را ناشی از وجود احتمالی پدیده پلیوتروپیک بین ژن‌های کنترل کننده این صفات دانستند. محققان دریافته‌اند ژن Gpc-B1 در گندم با کدگذاری دسته‌ای از فاکتورهای رونویسی NAC (NAM-B1) با انتقال مجدد ریزمغذی‌ها از اندام‌های رویشی به دانه‌ها غلظت پروتئین، آهن و روی را به طور هم‌زمان افزایش می‌دهد (Uauy *et al*., 2006; Waters *et al*., 2009; Avni *et al*., 2014). ژن‌های HvNAM1 و HvNAM2 در جو که همولوگ فاکتورهای رونویسی NAC هستند با انتقال مجدد محتوای پروتئین و عناصر ریزمغذی دانه در ارتباط هستند (Cai *et al*., 2013; Hagenblad *et al*., 2022).

رطوبت و خاکستر (**۰/۸۷-)، فیبر خام و خاکستر (**۰/۸۵)، آهن و خاکستر (*۰/۷۴)، فیبر خام و چربی خام (*۰/۶۹)، فیبر خام و محتوای آهن دانه، (**۰/۸۴) همبستگی فنوتیپی معنی‌داری با یکدیگر داشتند. ضریب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین درصد رطوبت با درصد خاکستر، طول، عرض و ضخامت دانه و محتوای آهن، درصد فیبر خام با محتوای آهن و ضخامت دانه، خاکستر با طول و ضخامت دانه و طول دانه با محتوای روی و وزن هزار دانه با آهن معنی‌دار بود و در همه این موارد علامت ضریب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی یکسان و در برخی موارد نیز مقدار عددی ضرائب نزدیک به هم بود. این امر دلالت بر

تأثیر اندک محیط بر این صفات دارد و نشان‌دهنده کاهش پوشی است (Astaraki *et al*., 2020).

واریانس و کوواریانس محیطی تا یک سطح قابل چشم-

جدول ۵- ضرائب همبستگی ژنتیکی (بالای قطر) و فنوتیپی (پایین قطر) بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه در ژنوتیپ‌های جو وحشی و زراعی

Table 5 - Genetic correlation coefficients (above diameter) and phenotypic (below diameter) between physicochemical characteristics of grain in the wild and cultivated barley genotypes

	رطوبت Moisture	خاکستر Ash	چربی خام Crude fat	فیبر خام Crude fiber	محتوای آهن Fe	محتوای روی Zn	پروتئین Pr	قند محلول Soluble sugar	طول دانه GL	عرض دانه GW	ضخامت دانه GT	وزن هزار دانه TKW
رطوبت Moisture	-	**-0.99****	**-0.73***	**-0.95****	**-0.96****	-0.42	-0.41	**-0.99****	**-0.94****	**0.99****	**0.99****	-0.39
خاکستر Ash	**-0.87****	-	0.55	**0.99****	**0.87****	0.57	0.29	**0.99****	**0.85****	-0.62	**-0.79****	0.56
چربی خام Crude Fat	-0.47	0.64	-	0.20	0.28	0.27	0.14	0.03	0.03	-0.24	-0.59	0.57
فیبر خام Crude Fiber	-0.60	**0.85****	**0.69***	-	**0.99****	**0.78***	0.55	0.59	**0.77***	-0.41	**-0.99****	0.39
محتوای آهن Fe	-0.53	**0.74***	0.32	**0.84****	-	**0.75***	0.66	0.25	0.59	-0.32	-0.57	**0.83****
محتوای روی Zn	-0.28	0.45	0.15	0.41	0.61	-	-0.40	**0.99****	**0.70***	-0.19	-0.02	0.64
پروتئین Pr	-0.32	0.28	0.26	0.36	0.44	-0.30	-	**-0.99****	-0.11	-0.26	-0.40	-0.31
قند محلول Soluble sugar	-0.62	0.37	0.07	0.04	0.03	0.39	-0.40	-	**0.99****	**-0.99****	**-0.88****	-0.58
طول دانه GL	**-0.75***	**0.83****	0.31	0.50	0.58	**0.69***	-0.10	0.61	-	-0.54	-0.31	0.41
عرض دانه GW	**0.86****	-0.57	-0.38	-0.28	-0.26	-0.18	-0.26	-0.76*	-0.54	-	**0.68***	0.21
ضخامت دانه GT	**0.78***	**-0.73***	-0.66	**-0.77***	-0.49	-0.04	-0.38	-0.37	-0.34	0.66	-	-0.11
وزن هزار دانه TKW	-0.17	0.54	0.09	0.59	**0.70***	0.66	-0.18	-0.01	0.62	0.22	-0.06	-

Moisture: رطوبت، Ash: خاکستر، Crude fat: چربی خام، Crude fiber: فیبرخام، Iron (Fe): محتوای آهن دانه، Zinc (Zn): محتوای روی دانه، Protein (Pr): محتوای پروتئین دانه، Soluble sugar: قند محلول، Grain length (GL): طول دانه، Grain width (GW): عرض دانه، Grain thickness (GT): ضخامت دانه و Thousands of kernel Weight (TKW): وزن هزار دانه.

* ، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ^{ns} are significant at the probability level of five and one percent and non-significant, respectively.

پارامترهای ژنتیکی: بر اساس نتایج بدست آمده کمترین و بیشترین مقدار واریانس ژنتیکی به‌ترتیب برای درصد قند و محتوای آهن و کمترین و بیشترین مقدار واریانس محیطی و فنوتیپی به‌ترتیب برای ضخامت دانه و محتوای آهن برآورد شد (جدول ۶). کمترین و بیشترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی برای درصد رطوبت و محتوای آهن و کمترین و بیشترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی و محیطی به‌تریتب برای ضخامت دانه و محتوای آهن دانه به دست آمد. ضریب تغییرات فنوتیپی همه صفات بیشتر از ضریب تغییرات ژنتیکی بود. تفاوت قابل ملاحظه بین ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی برخی صفات نشان‌دهنده تأثیر محیط بر این صفات است. تفاوت اندک بین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای طول، عرض، ضخامت و وزن هزار دانه نیز نشان‌دهنده تأثیر بیشتر عوامل ژنتیکی بر کنترل این صفات است. انتخاب والدین برای برنامه‌های به‌نژادی بر اساس چنین صفاتی می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد (Pezeshkpour & Afkar, 2018). درصد خاکستر، محتوای آهن، روی و پروتئین دانه، طول، عرض، ضخامت و وزن هزاردانه ضریب تغییرات ژنتیکی بالاتری نسبت به ضریب تغییرات محیطی داشتند که می‌توان آن را نشانه تأثیر کمتر محیط بر این صفات دانست. دامنه وراثت پذیری عمومی که معرف انتقال نسبی صفات از والدین به نتاج است از ۳/۸۵ برای قند محلول تا ۸۹/۸۳ درصد برای وزن هزاردانه متفاوت بود. طبق دسته‌بندی جانسون و همکاران (Johnson *et al.*,1955) برای وراثت‌پذیری (۳۰٪> کم، متوسط ۶۰-۳۰ و ۶۰٪ < بالا)، محتوای آهن، روی و پروتئین دانه به ترتیب با ۵۲/۳۳، ۵۴/۳۴ و ۵۲/۴۸ درصد، وراثت‌پذیری عمومی متوسط و درصد خاکستر، طول، عرض، ضخامت و وزن هزار-دانه نیز به‌ترتیب با ۸۰/۶۱، ۷۹/۲۵، ۸۵/۶۲، ۸۹/۶۱ و ۸۹/۸۳ درصد وراثت‌پذیری عمومی بالایی داشتند. گزینش بر اساس صفاتی که وراثت‌پذیری متوسط تا پایین دارند به دلیل تأثیرات و نقش واریانس محیطی باید در نسل‌های پیشرفته انجام شود (Astaraki *et al.*, 2020). در بررسی جالاتا و همکاران (Jalata *et al.*, 2011) و یانوچی و همکاران (Iannucci *et al.*, 2021) نیز وراثت پذیری عمومی برای وزن هزار دانه جو به‌ترتیب ۸۲/۱ و ۸۵/۶ درصد برآورد شد. همانطور که ملاحظه شد این صفات واریانس ژنتیکی بالاتری هم نسبت به واریانس محیطی داشتند. انتخاب والدین بر مبنای صفاتی با تنوع ژنتیکی بیشتر و وراثت پذیری بـالاتر می‌تواند در موفقیت برنامه‌های به-نـژادی مـؤثر باشد. وراثت‌پذیری عمومی بالا نشان‌دهنده سهم کمتر اثرات محیطی در تنوع فنوتیپی کل است و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر براساس آن صفت می‌تواند مفید باشد (Ismaili *et al.*, 2013). وراثت‌پذیری همراه با پیشرفت ژنتیکی معیار گزینش بهتری برای انتخاب والدین مناسب است. براساس دسته‌بندی جانسون و همکاران (Johnson *et al.*,1955) (درصد میانگین پیشرفت ژنتیکی ۱۰-۱> کم، متوسط ۲۰-۱۰ و ≥ ۲۰ بالا) محتوای آهن،

روی، درصد پروتئین، فیبر خام و درصد خاکستر بترتیب درصد پیشرفت ژنتیکی بر میانگین بالایی داشتند. وراثت پذیری نسبتا بالا همراه درصد پیشرفت ژنتیکی بالا برای صفاتی مانند محتوای آهن، روی، پروتئین و وزن هزاردانه نشان می دهد به احتمال زیاد وراثت پذیری ناشی از اثرات افزایشی ژن‌هاست و انتخاب ممکن است در نسل‌های اولیه برای این صفات موثر باشد (Shrimali *et al*., 2017). وراثت‌پذیری نسبتاً متوسط با پیشرفت ژنتیکی کم و متوسط می‌تواند نشان‌دهنده عملکرد غیر افزایشی ژن در کنترل صفت باشد (Tessema *et al*., 2022).

جدول ۶- پارامترهای ژنتیکی برآورد شده برای خصوصیات شیمیایی دانه در ژنوتیپ‌های جو وحشی و زراعی

Table 6- Estimated genetic parameters for physicochemical characteristics of grain in the wild and cultivated barley genotypes

GAM	GA	h_b^2	PCV	ECV	GCV	σ_p^2	σ_e^2	σ_g^2	میانگین	صفت
122.38	10.35	29.60	11.36	9.53	6.18	0.92	0.65	0.27	8.46	رطوبت Moisture
684.47	36.25	80.61	26.43	11.64	23.73	1.96	0.38	1.58	5.30	خاکستر Ash
187.78	12.83	41.24	14.41	11.05	9.26	0.97	0.57	0.40	6.83	چربی خام Fat Crude
715.17	30.52	31.65	38.03	31.44	21.39	2.63	1.80	0.83	4.27	فیبر خام Fiber Crude
66854.31	125065.10	52.33	48.97	33.81	35.42	8392.93	4001.31	4391.62	187.07	محتوای آهن Fe
1731.17	534.71	54.34	19.21	12.98	14.16	35.21	16.08	19.13	30.89	محتوای روی Zn
750.47	105.21	52.48	18.94	13.06	13.72	7.05	3.35	3.70	14.02	پروتئین Pr
100.23	2.10	3.85	34.41	33.74	6.75	0.52	0.50	0.02	2.10	قند محلول Soluble sugar
223.89	23.30	79.25	10.83	4.93	9.64	1.27	0.26	1.01	10.41	طول دانه GL
65.46	2.12	85.62	10.30	3.91	9.53	0.11	0.02	0.10	3.24	عرض دانه GW
37.63	0.85	89.61	9.27	2.99	8.77	0.04	0.00	0.04	2.25	ضخامت دانه GT
1160.04	428.32	89.83	12.69	4.05	12.02	21.94	2.23	19.71	36.92	وزن هزار دانه TKW

σ_e^2: واریانس محیطی، σ_g^2: واریانس ژنتیکی، σ_p^2: واریانس فنوتیپی، ECV: ضریب تغییرات محیطی، GCV: ضریب تغییرات ژنتیکی، PCV: ضریب تغییرات فنوتیپی، h_b^2: وراثت پذیری عمومی، GA: پیشرفت ژنتیکی، GAM: پیشرفت ژنتیکی بر میانگین.

σ_e^2: environmental variance , σ_g^2: genetic variance, σ_p^2: phenotypic variance, *ECV*: coefficient of environmental variation, *GCV*: coefficient of genetic variation, *PCV*: coefficient of phenotypic variation, h_b^2: broad-sense heritability, GA: Genetic advance, GAM: Mean Genetic advance.

نتیجه‌گیری: هدف برنامه‌های به‌نژادی جو ایجاد واریته‌هایی با عملکرد بالا، ویژگی‌های مطلوب جهت مالت سازی و کیفیت خوب تغذیه‌ای است. بنابراین انتخاب والدین مناسب نقش اساسی در موفقیت دورگ‌گیری دارد و والدین تلاقی بایستی از لحاظ خصوصیات ژنتیکی از همدیگر تفاوت بیشتری داشته باشند تا احتمال تولید نتاج برتر نسبت به والدین بیشتر شود. نتایج حاصل از بررسی تنوع ژنتیکی نشان داد ارقام و ژنوتیپ‌ها تنوع بالایی از نظر بیشتر خصوصیات شیمیایی دانه داشتند. ژنوتیپ‌های جو وحشی نسبت به ارقام زراعی از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه برتری معنی‌داری داشتند. با توجه به نتایج بدست آمده انتخاب جو وحشی (TN-1717) و رقم زراعی (Panaka) (با فاصله ژنتیکی مناسب) که درصد خاکستر، محتوای آهن و روی، پروتئین و وزن هزار دانه بالایی دارند به‌عنوان والدین مناسب به دلیل وراثت‌پذیری، پیشرفت ژنتیکی و ارزش تغذیه‌ای بالا جهت ایجاد جمعیت در حال تفرق تشخیص داده شدند. از آنجاکه هوردئوم اسپونتانئوم تنها جو وحشی است که سازگاری تلاقی و قابلیت باروری کامل با جوهای زراعی را دارد، بنابراین احتمال دستیابی به نتاج برتر با انجام تلاقی فوق‌الذکر وجود خواهد داشت.

References

AACC. 2010. AACC method 08-01.01, Ash—basic method. In: AACC approved methods of analysis, 11th edn. Cereals & Grains Association, Minnesota. http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMet hod-08-01.01

Abdel-Aal, E. M., & 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, 807815. https://doi.org/10.4141/cjps2013-301

Abdollahzadeh, N., Fotovat, R., Shekari, F., & Alavi Siney, M. 2017. Genetic evaluation of root traits for doubled haploid lines of barely in normal and salt stress conditions. Journal of Crop Breeding, 9(21), 115-121. http://dx.doi.org/10.29252/jcb.9.21.115. [in persian]

Alijošius, S., Švirmickas, G.J., Kliševičiūtė, V., Gružauskas, R., Šašytė, V., Racevičiūtė-Stupelienė A., Daukšienė, A., & Dailidavičienė, J. 2016. The chemical composition of different barley varieties grown in lithuania. Veterinarija ir zootechnika (Vet Med Zoot), 73 (95). https://www.researchgate.net/publication/311434685

Alipour Kondari, H., & Arzani, A. 2021. Evaluation of heterosis and heritability of yield and yield components in bread wheat, durum wheat and triticale. Crop Production, 13(3), 107-118. https://dx.doi.org/10.22069/ejcp.2021.17900.2317. [in persian]

Al Lawati, A. H., Nadaf, S.K., AlSaady, N.A., Al Hinai, S.A., Almamari, A.R., & Al Maawali, A.A. 2021. Genetic diversity of Omani barley (Hordeum vulgare L.) germplasm. Open Agriculture, 6, 628–639. https://doi.org/10.1515/opag-2021-0038

Afshari-Behbahanizadeh, S., Akbari, Gh. A., Shahbazi, M., Alahdadi1, I., Farahani, L., Tabatabaee, S. A., & Ganji, M. 2016. Qualitative and physical properties of barley grains under terminal drought stress conditions. Journal of Agricultural Science and Technology, 18, 1303-1317. http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2016.18.5.14.0

Amiri, R., Bahraminejada, S., Sasani, S., Jalali-Honarmanda, S., & Fakhri, R. 2015. Bread wheat genetic variation for grain's protein, iron and zinc concentrations as uptake by their genetic ability. European Journal of Agronomy, 67, 20-26. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.03.004

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

AOAC.2005. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 18th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Asfaw, A., Aderonmu, D.S., Darkwa, K., De Koeyer, D., Agre, P., Abe, A., Olasanmi, B., Adebola, P., & Asiedu, R. 2021. Genetic parameters, prediction, and selection in a white Guinea yam early generation breeding population using pedigree information. Crop Science, 61, 1038–1051. https://doi.org/10.1002/csc2.20382

Astaraki, H., Sharifi, P., & Sheikh, F. 2020. Estimation of genotypic correlation and heritability of some of traits in faba bean genotypes using restricted maximum likelihood (REML). Plant Genetic Researches, 6(2), 111-128. [in persian]. http://dx.doi.org/10.29252/pgr.6.2.111

Avni, R., Zhao, R., Pearce, S., Jun, Y., Uauy, C., Tabbita, F., Fahima, T., Slade, A., Dubcovsky, J., & Distelfeld, A. 2014. Functional characterization of GPC-1 genes in hexaploid wheat. Planta, 239, 313–324. https://doi.org/10.1007/s00425-013-1977-y

Beikzadeh, H., Alavi Siney, S. M., Bayat, M., & Ezady, A. A. 2013. Estimation of genetic parameters of effective agronomical traits on yield in some of iranian rice cultivar. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104, 73-78. https://dx.doi.org/10.22092/aj.2015.105678. [in persian]

Begna, T. 2021. Role and economic importance of crop genetic diversity in food security. Journal of Agricultural Science and Food Technology, 7(1), 164-169. https://doi.org/10.17352/2455-815x.000104

Bhandari, H. R., Nishant Bhanu, A., Srivastava, K., Singh, M. N., Shreya, & Hemantaranjan, A. 2017. Assessment of genetic diversity in crop plants – an overview. Advances in Plants & Agriculture Research, 7(3), 279–286. http://dx.doi.org/10.15406/apar.2017.07.00255

Bradstreet, R.B. 1954. Kjeldahl method for organic nitrogen. Analytical Chemistry, 26, 185-187.

Burton, G. W. 1952. Quantitative inheritance in grasses. Proceeding of 6th International Grassland Congress. Pennsylvania State College, State College. 1, 277-283.

Cai, S., Yu, G., Chen, X., Huang, Y., Jiang, X., Zhang, G., & Jin, X. 2013. Grain protein content variation and its association analysis in barley. BMC Plant Biology, 13:35 http://www.biomedcentral.com/1471-2229/13/35

Chebib, J., & Guillaume, F. 2021. Pleiotropy or linkage? Their relative contributions to the genetic correlation of quantitative traits and detection by multitrait GWA studies. Genetics, 219 (4), iyab159. https://doi.org/10.1093/genetics/iyab159

Derbew, S. 2020. Multivariate analysis of hulled barley (Hordeum vulgare L.) landraces of Southern Ethiopia. Cogent Food & Agriculture, 6(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1841357

El-Sabagh, A., Hossain, A., Islam, Md.S., Barutcular, C., Hussain, S., Hasanuzzaman, M., Akram, T., Mubeen, M., Nasim, W., Fahad, S., Kumar, N., Meena, R.S., Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Ratnasekera, D., & Saneoka, H. 2019. Drought and salinity stresses in barley: Consequences and mitigation strategies. Australian Journal of Crop Science, 13(06), 810-820. https://www.researchgate.net/publication/334225477

Emilia-ancuța, B., Muntean, L., Russu, F., Daniela ona, A., Porumb, I., & Filip, E. 2019. Barley (Hordeum Vulgare L.): medicinal and therapeutic uses – review. Hop and Medicinal Plants, 1-2, 87-95. https://www.researchgate.net/publication/353495756

Falconer, D. S. 1989. Introduction to quantitative genetics. 3rd edition. Logman Scientific and Technical, Logman House, Burnt Mill, Harlow, Essex, England. 464 pp.

Fan, Y., Shabala, S., Ma, Y., Xu, R., & Zhou, M. 2015. Using QTL mapping to investigate the relationships between abiotic stress tolerance (drought and salinity) and agronomic and physiological traits. BMC Genomics, 16:43. http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. https://www.fao.org/faostat/en/#home

Gebregergs, G., & Mekbib, F. 2020. Estimation of genetic variability, heritability, and genetic advance in advanced lines for grain yield and yield components of sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) at Humera, Western Tigray, Ethiopia. Cogent Food & Agriculture, 6, 1764181. http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2020.1764181

Hadado, T. T., Rau1, D., Bitocch, E., & Papa, R. 2010. Adaptation and diversity along an altitudinal gradient in Ethiopian barley (Hordeum vulgare L.) landraces revealed by molecular analysis. BMC Plant Biology, 10:121. http://www.biomedcentral.com/1471-2229/10/121

Hagenblad, J., Vanhala1, T., Madhavan, Sh., & Leino, M. W. 2022. Protein content and HvNAM alleles in Nordic barley (Hordeum vulgare) during a century of breeding. Hereditas, 159:12. https://doi.org/10.1186/s41065-022-00227-y

Heidarinejad, H., Ismaili, A., Hosseinpour, T., & Eisvand, H. R. 2018. Factor analysis genetic correlation and path analysis of different traits in durum wheat genotypes. Journal of Plant Ecophysiology, 10(33), 117-126. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=474629 [in persian]

Iannucci, A., Suriano, S., & Codianni, P. 2021. Genetic diversity for agronomic traits and phytochemical compounds in coloured naked barley lines. Plants, 10, 1575. https://doi.org/10.3390/plants10081575

Ismaili, A., Nourozi Asl, A., Zebarjadi, A., Drikvand, R. & Azizi, Kh. 2013. Study on heritability and path analysis of different traits, seed yield and oil yield of canola in climatically condition of KhoramAbad, Iran. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 28(106), 162-170. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=527908 [in persian]

Izadi, S., Cheghamirza, K., & Kahrizi, D. 2017. Anther culture response and genetic relationships between Iranian and European barley (Hordeum vulgare L.) cultivars. Journal of Biotechnology, Computational Biology and Bionanotechnology, 98(4), 295-304. https://doi.org/10.5114/bta.2017.72290

Jalata, Z., Ayana, A., & Zeleke, H. 2011. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian barley (Hordeum vulgare L.) landraces and crosses. International Journal of Plant Breeding and Genetics, 5(1), 44-52. https://dx.doi.org/10.3923/ijpbg.2011.44.52

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

Kaur, V., Aravind, J., Manju., Jacob, S. R., Kumari, J., Panwar,. B. S., Pal, N., Rana, J. C., Pandey, A., & Kumar, A. 2022. Phenotypic characterization, genetic diversity assessment in 6,778 accessions of barley (Hordeum vulgare L. ssp. vulgare) germplasm conserved in national genebank of India and development of a core set. Frontiers in Plant Science., 13:771920. 17pp. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.771920

Liu, H., Wang, Z., Li, F., Li, K., Yang, N, Yang, Y., Huang, D., Liang, D., Zhao, H., Mao, H., Liu, J., & Qiu, W. 2014. Grain iron and zinc concentrations of wheat and their relationships to yield in major wheat production areas in China. Field Crops Research, 156, 151–160. https://www.researchgate.net/publication/259515455

Magliano, P. N., Prystupa, P., & Gutiérrez-Boem, F. H. 2014. Protein content of grains of different size fractions in malting barley. Institute of Brewing & Distilling, 120, 347–352. https://doi.org/10.1002/jib.161

Moradi, M. & Soltani Howyzeh, M. 2018. Evaluation of genetic diversity and heritability of the grain yield and yield components in spring rapeseed cultivars. Journal of Crop Breeding, 10(26), 207-214. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=738383 [in persian]

Naseri Myankali, R., Cheghamirza, K., Zarei, L., & Saroei, E. 2017(a). Evaluation of relationship between the associated traits with callus induction of mature embryo and agronomic traits in different barley genotypes (Hordeum vulgare L.). Cereal Research, 7(3), 421-435. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22520163.1396.7.3.9.8 [in persian]

Naseri Myankali, R., Cheghamirza, K., Zarei, L., & Saroei, E. 2017(b). Induced dedifferentiation of barley (Hordeum vulgare L.) embryonic cells and its relationship with agronomic traits. Cellular and Molecular Biology, 63(10), 11-19. https://doi.org/10.14715/cmb/2017.63.10.3

Negash, G., Lule, D., & Jalata, Z. 2021. Estimation of genetic variability, heritability and genetic advance among Ethiopian food barley (Hordeum vulgare L) landraces for yield and yield related traits. International Journal of Agriculture and Agricultural Sciences, 6(3), 185-192. https://advancedscholarsjournals.org

Mahmoodi, B., Bahraminejad, S., & Fakhri, R. 2016. Genetic diversity of oat genotypes for iron and zinc content under complete irrigation and terminal moisture stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 14(3), 415-426. https://jcesc.um.ac.ir/article_37665.html?lang=en [in persian]

Pezeshkpour, P., & Afkar, S. 2018. The study of genetic diversity, heritability and genetic advance of morphological traits, yield and yield components in different chickpea (Cicer arietinum) genotypes. Journal of Crop Breeding, 9(24), 61-68. [in persian] https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=739586

Saroei, E., Cheghamirza, K., & Zarei, L. 2017. Genetic diversity of characteristics in barley cultivars. Genetika, 49(2), 495-510. https://doi.org/10.2298/GENSR1702495S

Shahmoradi, S., Chaeichi M. R., Mozafar, J., Mazaheri, D., & Sharifzadeh, F. 2013. Evaluation of genetic and geographic diversity of wild barley (Hordeum spontaneum L.) ecotypes from different

habitats in iran. Iranian Journal of Field Crop Science, 44(2), 209-225. https://www.researchgate.net/publication/328278542 [in persian]

Shiferaw, T., Abate, B., & Lakew, B. 2020. Genetic variability and association of traits in Ethiopian barley (Hordeum vulgare L.) genotypes at Holetta, Central Ethiopia. Journal of Agricultural and Crop Research, 8(1), 11-19. https://doi.org/10.33495/jacr_v8i1.19.171

Shrimali, J., Shekhawat, A.S., & Kumari S. 2017. Genetic variation and heritability studies for yield and yield components in barley genotypes under normal and limited moisture conditions. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(4), 233-235. http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n3p193

Singh, R. K., & Chaudhary, B.D. 2004. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani Publishers, New Delhi, India.

Sullivan, P., Arendt, E., & Gallagher, E. 2013. The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. Trends in Food Science & Technology, 29,124-134. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.10.005

Teixeira, C., Nyman, M., Anderssonc, R., & Almingera, M. 2016. Effects of variety and steeping conditions on some barley components associated with colonic health. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96, 4821–4827. https://doi.org/10.1002%2Fjsfa.7923

Tessema, G. L., Mohammed, A. W., & Abebe, D. T. 2022. Genetic variability studies for tuber yield and yield attributes in Ethiopian released potato (Solanum tuberosum L.) varieties. Peer Journals, 10: e12860. https://doi.org/10.7717/peerj.12860

Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T., Blechl, A., & Dubcovsky, J.A. 2006. NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc and irons content in wheat. Science, 24; 314(5803): 1298–1301. https://doi.org/10.1126/science.1133649

Usubaliev, B., Kolodinska brantestam, A., Kurmanbekova, G., Chekirov, K., Totubaeva, N., & von bothmer, R. 2020. Agronomic performance of spring barley cultivars under different eco-environmental conditions. Polish Journal of Environmental Studies, 29(6), 4331-4344. https://doi.org/10.15244/pjoes/117654

Waters, B.M., Uauy, C., Dubcovsky, J., & Grusak, M.A., 2009. Wheat (Triticum aestivum)

NAM proteins regulate the translocation of iron, zinc, and nitrogen compounds

from vegetative tissues to grain. Journal of Experimental Botany, 60 (15), 4263–4274. https://doi.org/10.1093/jxb/erp257

Yaghobfar, A., Ghaffari, S.A., & Yousefi, A. 2013. Determination nutritive value of hull-less barley cultivars used in poultry nutrition. Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 97, 15-23. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=311191. [in persian]

Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. 2012. Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. Oxford University Press on Demand. DOI: 10.1093/acprof:os obl/9780199549061.001.0001