ISSN: 2676-7309

Plant Genetic Researches

Volume 11, Issue 1 (2024)

Lorestan University

Research Article

http://dx.doi.org/10.22034/PGR.11.1.9

Estimation of Genetic Parameters Related to Grain Quality Characteristics in Inbred Lines Derived from Two Bread Wheat Cultivars

Behnaz Seifolahpour[1], Sohbat Bahraminejad[2,*], Kianoosh Cheghamirza[3] and Shahryar Sasani[4]

1- Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
4- Associate Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

*Corresponding author ✉: *bahraminejad@razi.ac.ir*

Citation: Seifolahpour, B., Bahraminejad, S., Cheghamirza, K. and Sasani, S. (2024). Estimation of genetic parameters related to grain quality characteristics in inbred lines derived from two bread wheat cultivars. *Plant Genetic Researches*, **11(1):** 137-150. http://dx.doi.org/10.22034/PGR.11.1.9

(Received: July 2, 2024; Final Revised: August 26, 2024; Accepted: September 3, 2024; Published online: September 21, 2024)

Extended abstract

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is among the most significant cereals and serves a a staple food worldwide. In 2022, the global area dedicated to wheat cultivation reached 219 million hectares, yielding a total production of 808 million tons. Wheat is primarily valued for its protein content, followed by starch, lipids, and a few minerals. Over 35% of the world's population relies on wheat as a staple food crop. To ensure food security and cope with the rising demand from an increasing global population, wheat production must grow by approximately 70% by 2050. Bread is the main product made from wheat, and its quality is crucial for taste, shelf life, and minimizing waste. The versatile characteristics of wheat grain establish it as a crucial crop with diverse applications in food production worldwide. Enhancing wheat quality has become a key objective for breeders to meet the growing market demand. Numerous studies have focused on understanding the genetic basis of wheat's end-use quality.

Materials and methods

This study assessed the genetic parameters associated with the grain quality characteristics of 131 F6 lines, derived from a cross between Marvdasht and Nurstar cultivars, along with their parent lines. The research was conducted during the 2019–2020 cropping season at the Research Farm of Razi University. During this period, the total rainfall was 521 mm. The experiment was conducted using an alpha lattice design with two replicates. Seeds were manually sown in plots comprising three rows, each one meter in length, with a row spacing of 0.22 meters and a planting density of 400 seeds per square meter. No chemical fertilizers, herbicides, or pesticides were used. At full physiological maturity, ten plants from each plot were harvested by hand to assess the studied traits. The traits

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

measured included grain protein content, moisture, starch content, and neutral detergent fibers, all determined on a whole grain dry weight basis using a Near Infrared Reflectance (NIR) spectrometer (Perten Instruments DA-720000). Additionally, the falling number was measured using the Falling Number set (1500-Perten Instruments, Huddinge, Sweden). Total gluten, strong gluten, weak gluten, and dry gluten content were also assessed with the Glutomatic Gluten Washer (Perten—GM 2200, Sweden).

Results and discussion

The results of the present study indicated that there were highly significant differences among the lines in terms of grain protein content and Falling Number. Some lines exhibited higher values for important traits, such as grain protein content, compared to their parent varieties. Cluster analysis performed on both the parents and the lines confirmed the diversity among the studied lines. Group five, which included 31 lines, demonstrated the highest average for grain protein content. Furthermore, grain protein content showed a significantly positive correlation with gluten-related traits. Wheat varieties with high grain protein content are generally preferred for bread-making, as they produce bread with improved volume, texture, and crumb structure. The coefficients of phenotypic, genotypic, and environmental variation varied, with the lowest and highest values observed for starch percentage and Falling Number, respectively. The Falling Number is an indicator of amylase activity and reflects the fermentation process occurring in the wheat flour dough. Alpha-amylase, the specific enzyme measured in this test, determines the enzyme's ability to liquefy starch. Excessive amylase content leads to increased fermentation of sugars in the dough, whereas insufficient amylase content results in inadequate gassing power. The significant differences between the coefficients of genotypic and phenotypic variation for traits such as grain starch and gluten suggest that environmental factors have a considerable impact on these traits. Notably, grain protein content and Falling Numbers exhibited high heritability and potential for genetic advancement.

Conclusions

Maintaining consistently high protein and gluten contents in grain is a valuable breeding target. Based on the results obtained, grain protein content and falling number can be used to select superior lines (28, 35, 81, and 100) within this population due to their high diversity and minimal environmental influence. The positive association between grain protein content, falling number, and baking quality is crucial for producing high-quality flour and baked products. Therefore, further genetic diversity studies are needed to shed light on our understanding of how to improve protein content. Grain protein content is also an important breeding objective because grain is categorized according to its technological uses based on protein content, which influences both global and local grain trade. Additionally, selecting varieties with higher grain protein content has been recognized as a key priority among breeders.

Keywords: Protein, Falling number, Gluten, Segregation generations, Starch

پژوهش‌های ژنتیک گیاهی
جلد ۱۱، شماره ۱، ۱۴۰۳
شاپا الکترونیکی: ۷۳۰۹-۲۶۷۶
دانشگاه لرستان
مقاله پژوهشی
http://dx.doi.org/10.22034/PGR.10.1.9

برآورد پارامترهای ژنتیکی مرتبط با خصوصیات کیفی دانه در اینبرد لاین‌های حاصل از تلاقی دو رقم گندم نان

بهناز سیف‌اله پور[۱]، صحبت بهرامی نژاد[۲*]، کیانوش چقامیرزا[۳] و شهریار ساسانی[٤]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
٤- دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، کرمانشاه

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰٤/۱۲ ؛ تاریخ آخرین ویرایش: ۱٤۰۳/۰٦/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰٦/۱۳؛ تاریخ انتشار برخط: ۱٤۰۳/۰٦/۳۱)

چکیده

گندم یکی از مهمترین غلات و اساسی‌ترین محصول غذایی در سراسر جهان محسوب می‌شود. عمده مصرف گندم به صورت نان است که کیفیت مطلوب آن از نظر طعم، مزه، طول مدت نگهداری و کاهش ضایعات اهمیت بسزائی دارد. در مطالعه حاضر، پارامترهای ژنتیکی برخی ویژگی‌های کیفی دانه در ۱۳۱ لاین F_6 گندم حاصل از تلاقی ارقام مرودشت × نورستار (به‌همراه والدین)، شامل محتوای پروتئین دانه، رطوبت، نشاسته، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، عدد فالینگ، گلوتن کل، گلوتن قوی، گلوتن ضعیف و گلوتن خشک مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج داده‌های این مطالعه نشان داد که لاین‌های مورد بررسی فقط برای صفات محتوای پروتئین دانه و عدد فالینگ تفاوت بسیار معنی‌داری با هم داشتند. برخی از لاین‌ها برای صفات مهمی همچون درصد پروتئین دانه مقادیر بالاتری نسبت به والدین نشان دادند. نتایج تجزیه خوشه‌ای تنوع بین لاین‌ها را تأیید کرد. گروه پنج با ۳۱ لاین بیشترین میانگین برای محتوای پروتئین دانه را نشان داد. محتوای پروتئین با صفات مرتبط با گلوتن، همبستگی فنوتیپی مثبت و بسیار معنی‌داری نشان داد. کمترین و بیشترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی، ژنتیکی و محیطی به ترتیب برای درصد نشاسته و عدد فالینگ به‌دست آمد. تفاوت قابل‌ملاحظه بین ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی در صفاتی همچون نشاسته دانه و گلوتن نشان‌دهنده تأثیر بیشتر محیط بر این صفات است. پروتئین و عدد فالینگ، از وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی برخوردار بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، محتوای پروتئین دانه و عدد فالینگ به دلیل تنوع بالا و اثر کمتر انحراف محیطی می‌توانند برای انتخاب لاین‌های برتر (۲۸، ۳۵، ۸۱ و ۱۰۰) در این جمعیت مورد توجه قرار بگیرند.

واژگان کلیدی: پروتئین، عدد فالینگ، گلوتن، نسل‌های در حال تفکیک، نشاسته

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **bahraminejad@razi.ac.ir**

مقدمه

بر اساس پیش‌بینی سازمان خواروبار جهانی (FAO) در سال زراعی ۲۰۲۴–۲۰۲۳ تولید جهانی گندم به ۸۰۸/٤٤ میلیون تن خواهد رسید (FAO, 2024) و این در حالی است که این گیاه با بیش از ۲۱۹ میلیون هکتار سطح زیرکشت، ضمن تأمین ۳۳ درصد از غذای مردم جهان، مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین غله جهان محسوب می‌شود (FAO, 2022). در ایران گندم با حدود ۱۰ میلیون تن و سطح زیرکشت شش میلیون هکتار یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی می‌باشد (FAO, 2022). سهم گندم نان از غلات مصرفی روزانه حدود ۸۳ درصد است؛ به‌طوری‌که میانگین مصرف گندم برای هر نفر در جهان حدود ۳۱۸ گرم در روز برآورد می‌شود (Iqbal *et al*., 2022). بنابراین، بهبود مقدار کمی و کیفی دانه گندم تأثیر مهمی بر امنیت غذایی، وضعیت تغذیه و سلامت انسان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه دارد (Amiri *et al*., 2015). اهمیت اقتصادی آن ایجاب می‌کند هر روشی برای بهتر کردن فرآیند تولید این محصول مهم مورد بررسی قرار گیرد (Amiri *et al*., 2021).

بهبود کیفیت نهایی دانه طی چند دهه گذشته، از اهداف تولیدکنندگان گندم بوده و در حال حاضر، موضوع مهمی در علوم زراعی و به‌نژادی به‌شمار می‌آید (Kong *et al*., 2013). محتوا و ترکیب پروتئین دانه به‌دلیل نقش مهمی که در ویژگی‌های فنولوژیک (Phenological)، رئولوژیک (Rheological) آرد (مدت زمان توسعه خمیر و خواص فیزیکی در شکل گیری خمیر)، خواص ویسکو الاستیک (Viscoelastic) و کشسانی خمیر و داشتن یک فرآیند پخت خوب دارند، برای پیش‌بینی پارامترهای فرآوری خمیر و کیفیت محصول نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zhao *et al*., 2010; Simsek *et al*., 2014; Lacko-Bartosova *et al*., 2021). دانه گندم ۳۲ درصد از پروتئین مصرف شده در جهان را پوشش می‌دهد (Shchukina *et al*., 2022).

محتوای پروتئین دانه گندم بسته به نوع ژنوتیپ و عوامل محیطی از ۱۰ تا ۱۸ درصد متغیر است (Khalid *et al*., 2023). در گزارش دیگری مقدار پروتئین دانه گندم ۱۰ تا ۱۲ درصد در مقایسه با گندم دروم (۱۲ تا ۱٤ درصد گاها ۲۲ درصد) و برنج (۷ درصد) ذکر شده است (Mohammadi and Haghparast, 2022). ساختار گلوتن روی کیفیت دانه و آرد گندم به شدت تاثیر دارد (Akbari *et al*., 2024). گلوتن شامل گلوتنین‌ها و گلیادین‌ها است، که به‌عنوان پروتئین‌های ذخیره‌ای اصلی گندم در نظر گرفته می‌شوند (Khalid *et al*., 2023). گلیادین‌ها بر ماهیت چسبناکی، در حالی که گلوتنین‌ها در کشش و استحکام خمیر نقش دارند (Akbari *et al*., 2024)، حدود ۸۵–۷۵ درصد از محتوای پروتئین‌های آندوسپرم را تشکیل می‌دهد (Pena *et al*., 2002; Flagella *et al*., 2010). گلوتن به‌دلیل خواص ویسکوالاستیسیته، پروتئین اصلی در تعیین کیفیت خمیر و نان است و معمولاً به‌عنوان قدرت خمیر شناخته می‌شود (Matos and Rosell, 2015). ویژگی‌های رئولوژیک گلوتن نه تنها برای تولید نان، بلکه برای طیف وسیعی از فرآورده‌های غذایی که فقط با استفاده از گندم تهیه می‌شوند، مانند کلوچه‌ها، شیرینی‌ها، نان پیتا، پاستا، نودل و غیره مورد نیاز است. نشاسته به‌عنوان منبع ذخیره‌سازی کربوهیدارت جزء اصلی آندوسپرم گندم می‌باشد و ۸۰–٦۸ درصد وزن خشک دانه را تشکیل می‌دهد. فرض بر این است که عملکرد دانه ناشی از افزایش تجمع نشاسته و افزایش بازگشت مجدد ماده خشک می‌باشد (Yang *et al*., 2014; Fradgley *et al*., 2023).

الیاف نامحلول شوینده خنثی (Neutral Detergent Fiber)، رایج‌ترین معیار تعیین الیاف در تجزیه و تحلیل خوراک است. الیاف نامحلول شوینده خنثی بیشتر اجزای ساختاری سلول‌های گیاهی (مانند لیگنین، همی سلولز و سلولز) را اندازه‌گیری می‌کند. الیاف گندم از مهمترین مواد خوراکی و پری‌بیوتیک‌ها است که شناخت ویژگی‌های آن می‌تواند نقش مهمی در ترکیبات مواد غذایی ایفا کند (Biel *et al*., 2020).

فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نقش مهمی در تعیین هیدرولیز شدن نشانسته آرد دارد. فعالیت‌های بالا و پایین این آنزیم اثر منفی بر خواص و کیفیت پخت خمیر دارد (Pena *et al*., 2002). عدد فالینگ (شاخص هاگبرگ، Hogberg Index) نشان دهنده میزان هیدرولیز شدن نشاسته در دانه است و یک پارامتر مهم برای اندازه‌گیری غیر مستقیم فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز (خسارت جوانه‌زنی روی سنبله) است (Iorga *et al*., 2022). عدد فالینگ معیار مناسبی برای فعالیت آنزیم در پردازش خمیر نان است، به‌طوری‌که مقادیر بالای عدد فالینگ معرف حضور و فعالیت کم آنزیم آلفاآمیلاز و کیفیت و خواص ویسکوزیته مناسب آرد است (Ashraf, 2014; Amiri *et al*., 2018).

تاکنون پژوهش‌های مختلفی روی ویژگی‌های کیفی دانه و کیفیت نانوایی گندم نان انجام شده است. امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2018) تنوع ژنتیکی ۷۸ رقم گندم نان را از نظر صفات کیفیت نانوایی و محتوای پروتئین دانه گندم نان را در شریط نرمال و تنش رطوبتی بررسی کردند. آن‌ها بیان داشتند که ژنوتیپ‌های جدیدتر عملکرد بیشتر و ژنوتیپ‌های قدیمی‌تر به‌طور معنی‌داری محتوای پروتئین و شاخص گلوتن بالاتری را نشان دادند. این امر نشان می‌دهد طی دهه‌های گذشته ارقامی با عملکرد بالا و تا حدودی سطح کیفی پایین‌تر اصلاح شده‌اند؛ بنابراین توجه به‌خصوصیات کیفی دانه در کنار عملکرد بسیار حائز اهمیت می‌باشد. ساکر و همکاران (Sakr *et al.*, 2021)، روی خواص رئولوژیک و بیوشیمیایی دانه چهار ژنوتیپ گندم نان که توسط دو مرکز تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک و کم بارش (ICARDA و ACSAD)، انتخاب و طبق بررسی انجام شده بیان کردند که شرایط محیطی در طول دوره پر شدن دانه بر محتوای گلیادین و انباشت نشاسته تأثیر گذاشته است. آردهای مورد مطالعه دارای محتوای گلوتن‌تر و خشک بالا، مقادیر حجم رسوب زلنی بالا و شاخص گلوتن پایین بودند. علاوه‌بر این، این آردها با وجود ترکیب زیر واحد گلوتنین مطلوب، پتانسیل رئولوژیک مطلوب خود را نشان ندادند. در بررسی روی ۱۸۰ لاین گندم نان تحت شرایط شوری و نرمال صفاتی همچون عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه، رطوبت دانه، سختی دانه، حجم رسوب زلنی، درصد پروتئین، حجم نان، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن اندازه‌گیری شدند (Omrani *et al.*, 2022)؛ نتایج پژوهش مذکور نشان داد که بین لاین‌های مورد بررسی برای صفات کیفی تفاوت بسیار معنی‌داری وجود دارد و شناسایی لاین‌های با صفات کیفی مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی در راستای بهبود کیفیت نانوایی در دو شرایط عادی و تنش شوری امکان‌پذیر است. ارباس‌کوسه و همکاران (Erbas Kose *et al.*, 2023) در پژوهشی که طی دو سال زراعی متوالی روی ۳۶ رقم گندم داشتند، تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر ترکیب شیمیایی دانه کامل و سبوس گندم مشاهده کردند؛ درصد پروتئین دانه کامل از ۱۲/۷ تا ۱۴/۷ و درصد پروتئین سبوس از ۱۵/۹ تا ۱۸/۸ متغیر بود. ایشان بیان کردند که داده‌های به‌دست آمده از کیفیت محصول مورد ارزیابی می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی مورد توجه قرارگیرد.

ژنوتیپ به‌عنوان یکی از مهمترین اجزاء شناخته شده شاخص‌های کیفیت گندم است (Hristov *et al.*, 2010)، از این‌رو، شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد وکیفیت بالا می‌تواند یک روش مؤثر برای بهبود کیفیت نان باشد. پیشرفت‌های اخیر در ابزارهای ژنومیک و ژنتیک کمی فرصت منحصر به فردی برای به‌نژادگران در اصلاح تعادل بین کمیت و کیفیت و در واقع انتخاب گندم با بالاترین کیفیت دانه همراه با عملکرد بالا را به وجود آورده است (Dilmurodovich *et al.*, 2021; Fradgley *et al.*, 2023)؛ تنوع ژنتیکی اساس تولید ارقام اصلاح شده در تحقیقات به‌نژادی گیاهی است، استفاده بهتر از ژرم پلاسم غنی، پایدارترین رویکرد مطالعاتی است (Amiri *et al.*, 2021). بنابراین بهبود پارامترهای کیفیت دانه از طریق انتخاب والدین و غربالگری ژرم‌پلاسم‌ها یکی از اهداف اصلی به‌نژادگران می‌باشد (Zhang *et al.*, 2004). با توجه به مطالب ذکر شده هدف از مطالعه حاضر، برآورد پارامترهای ژنتیکی مربوط به خصوصیات کیفی دانه در ۱۳۱ لاین F_6 حاصل تلاقی دو رقم گندم نان (مرودشت × نورستار) و شناسایی لاین‌های برتر بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: به‌منظور ارزیابی پارامترهای ژنتیکی و بررسی تنوع صفات کیفی دانه، ۱۳۱ لاین F_6 حاصل از تلاقی دو رقم گندم نان مرودشت × نورستار (Amiri *et al*, 2022)، (جدول ۱)، به‌همراه والدین در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، بر اساس طرح آلفا لاتیس با دو تکرار در شرایط آبی (روش بارانی) کشت شدند. خصوصیات خاک مزرعه در جدول ۲ ذکر گردیده است. هر کرت شامل سه خط یک متری با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع بود که با فواصل خطوط ۲۲ سانتی‌متری به شکل دستی کشت شد. کنترل علف‌های هرز به شکل مکانیکی و دستی انجام شد. کوددهی برای مزرعه انجام نگرفت. دانه‌ها پس از تکمیل مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و حصول رسیدگی، به شکل تک‌بوته (۱۰ بوته به شکل تصادفی انتخاب گردید) برداشت شدند و سپس برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر آماده شدند.

صفات اندازه‌گیری شده: برای ارزیابی صفات کیفی دانه، محتوای پروتئین دانه، میزان رطوبت، میزان نشاسته و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Neutral detergent fibers: NDF) با استفاده از دستگاه اتو آنالیزور NIR مدل DA7250 ساخت شرکت Perten سوئد انجام شد (Osborne *et al.*, 2007). تعیین

میزان فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز (عدد فالینگ) بر اساس شیوه‌نامه شماره 65-81B2000 که توسط انجمن بین‌المللی شیمیدان غلات آمریکا (AACC, 2000a) پیشنهاد شده با استفاده از دستگاه فالینگ نامبر 1500 (Perten)، انجام گرفت. گلوتن کل، گلوتن قوی و ضعیف، گلوتن مرطوب (۱۰ × گلوتن کل) و شاخص گلوتن (۱۰۰× (گلوتن کل /گلوتن قوی) با استفاده از دستگاه گلوتن شوی (Perten-GM 2200, Sweden) و سانتریفوژ کردن گلوتن در ۶۰۰۰ دور در دقیقه و بر مبنای عبور گلوتن از مِش، بر اساس شیوه‌نامه شماره 38-12A2000 پیشنهادیتوسط انجمن بین‌المللی شیمیدان غلات آمریکا (AACC, 2000b) انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری: آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶)، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱/۱)، تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار JMP (نسخه ۱۳) به روش Ward و ضریب مربع فاصله اقلیدسی برآورد شد، برآورد همبستگی فنوتیپی پیرسون با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) و محاسبه پارامترهای ژنتیکی (جدول ۳) در محیط Excel انجام شد.

جدول ۱- نام، تیپ رشدی، سال معرفی، مبدأ و شجره ارقام گندم مورد مطالعه

Table 1. Name, growth type, year of introduction, origin and pedigrees of the studied wheat cultivars

نوع والد Parent type	رقم Cultivar	تیپ رشدی Growth type	سال معرفی Year of introduction	مبدأ Origin	شجره Pedigree
والد مادری Maternal parent	مرودشت Marvdasht	بهاره Spring	1999	ایران Iran	HD2172/Bloudan//Azadi
والد پدری Paternal parent	نورستار Nurstar	زمستانه Winter	1977	کانادا Canada	رقم وارداتی Imported Cultivar

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی در عمق ۳۰-۰ سانتی متر

Table 2. Physicochemical characteristics of the field soil at a depth of 0-30 cm in the research station

بافت خاک Soil texture	ذرات خاک (٪) Soil particles			کربن آلی (٪) Organic Carbon	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی EC Electrical Conductivity ($ds.m^{-1}$)	عناصر پرمصرف (mg/kg) Macronutrient elements	
	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay				پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus
رسی سیلتی Silty clay	15.4	44.6	40	1.01	7.68	0.61	478	12.8

جدول ۳- روش محاسبه پارامترهای ژنتیکی

Table 3. The Formula to calculate Genetic Parameters

شماره Number	پارامتر Parameter	رابطه محاسبه Calculation formula
1	واریانس محیطی (σ_e^2) Environmental variance	$\sigma_e^2 = MSE$
2	واریانس ژنتیکی (σ_g^2) Genetic variance	$\sigma_g^2 = MSG - MSE/r$
3	واریانس فنوتیپی (σ_p^2) Phenotypic variance	$\sigma_p^2 = \sigma_e^2 + \sigma_g^2$
4	ضریب تغییرات محیطی(Burton, 1952) (ECV) Environmental Coefficient of Variation	$ECV = \sqrt{\sigma_e^2}/\bar{x} \times 100$
5	ضریب تغییرات ژنتیکی(Burton, 1952) (GCV) Genetic Coefficient of Variation	$GCV = \sqrt{\sigma_g^2}/\bar{x} \times 100$
6	ضریب تغییرات فنوتیپی(Burton, 1952) (PCV) Phenotypic Coefficient of Variation	$PCV = \sqrt{\sigma_p^2}/\bar{x} \times 100$
7	وراثت پذیری عمومی(Falconer, 1989) (h_b^2) Broad-sense heritability	$h_b^2\ (\%) = \sigma_g^2/\sigma_p^2 \times 100$
8	پیشرفت ژنتیکی(Singh and Chaudhary, 2004) (GA) Genetic advance	$GA = k \times \sigma_p \times h_b^2$
9	پیشرفت ژنتیکی بر میانگین (GAM) Genetic advance over mean	$GAM\ (\%) = GA/\bar{x} \times 100$

(MSE) Means of square error: میانگین مربعات خطا، (MSG) Means of square genetic: میانگین مربعات ژنتیکی، (r) Replication: تعداد تکرار، ($\bar{x}$) Means: میانگین صفت ، (k) Differential selection: دیفرانسیل گزینش (2.06)، The probability levels of five percent : سطح احتمال پنج درصد.

نتایج و بحث

بررسی تنوع در لاین‌ها بر اساس صفات مورد بررسی:
براساس نتایج به‌دست آمده، لاین‌ها از نظر میزان پروتئین و عدد فالینگ تفاوت بسیار معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ٤). اما از نظر سایر صفات تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. این موضوع می‌تواند حاکی از آن باشد که والدین برای سایر صفات اندازه‌گیری شده، از نظر مقدار، نزدیک به هم بوده پس بنابراین تفرق معنی‌داری برای این صفات در بین لاین‌ها مشاهده نشد و انتخاب لاین‌ها بر اساس این صفات سودمند نخواهد بود.
مقایسه میانگین به روش LSD نشان داد که لاین‌های شماره ۲۸، ۳۵، ۸۱ و ۱۰۰ (۱۸/۲۹ درصد) بیشترین و لاین شماره ۱۲۵ (۱۲/۸۲ درصد)، کمترین مقدار برای درصد پروتئین را در بین لاین‌های مورد بررسی داشتند (جدول ۵). لاین‌های شماره ۲۸، ۳۵، ۸۱ و ۱۰۰ در هر دو تکرار مقدار پروتئین بالاتری نسبت به متوسط گزارش شده (۱۰ تا ۱۸ درصد، Khalid *et al*., 2023) نشان دادند. پارامترهای کیفی گندم مانند محتوای پروتئین دانه، خواص رئولوژیک و خواص نانوایی به‌شدت تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط است. تنش خشکی در طول گلدهی پروتئین دانه را تغییر می‌دهد (Rekowski *et al*., 2021). با توجه به افزایش دما و کاهش رطوبت در سال اجرای آزمایش، افزایش میزان پروتئین در لاین‌های مورد مطالعه می‌تواند تا حدودی به این دلیل باشد.
لاین‌های شماره ۱۲۹ و ۱۲۵ (۷/٤۰ درصد) بیشترین و لاین شماره ٦۸ (۵/۲٤ درصد)کمترین مقدار را برای رطوبت دانه دارا بودند. لاین‌های شماره ۱۵۳ و ۲٤ به‌ترتیب (۳/۳٦ و ۲/٦٤ درصد)، دارای بیشترین و کمترین میزان درصد نشاسته بودند.
کمترین و بیشترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی به‌ترتیب برای لاین شماره ۱۰۰ (۱۱/۰۱ درصد) و لاین ۹۵ (۱۷/۰۳ درصد) به‌دست آمد. الیاف نامحلول در شوینده خنثی ارتباط قوی با قابلیت هضم مواد آلی و برآورد انرژی دارد. هر چه مقدار الیاف شوینده خنثی افزایش یابد، قابلیت هضم کاهش می‌یابد (Biel *et al*, 2022).
کمترین مقدار عدد فالینگ در لاین شماره ۲۳ (۲۵٦/۵۰ ثانیه) و بیشترین مقدار در لاین‌های شماره ۸٤، ۷۵ و ۹۵ (٤۰۰ ثانیه) مشاهده شد. هر چه مقدار عدد فالینگ کمتر باشد فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بیشتر شده و نشاسته به راحتی شکسته شده و خمیر آبکی و چسبنده‌تر خواهد بود و هر چه میزان عدد فالینگ بیشتر باشد فعالیت این آنزیم کمتر می‌باشد و خمیر حاصل به‌شدت سفت شده و نان حاصل خشک می‌شود (Iorga *et al*., 2022). این صفت به‌دلیل ارتباط با جوانه‌زنی بعد از برداشت نیز بسیار حائز اهمیت است (Deng *et al*., 2014). عدد فالینگ برای گندم به شکل نرمال حدود ۲۵۰ ثانیه در نظر گرفته شده است (Iorga *et al*., 2022).
لاین‌های شماره ۳۵ و ۸۳ به ترتیب با ۹/۰۵ و ۹/۲۷ (گرم) دارای بیشترین مقدار گلوتن کل بودند. در حالی که لاین شماره ۱۲۵ کمترین مقدار گلوتن کل (٦/۵۵ گرم) را بین والدین و لاین‌های مورد بررسی داشت. لاین شماره ۵۷ بیشترین (٤/٤۳ گرم) و لاین شماره ۱۲۲ کمترین مقدار گلوتن قوی (۲/۲۸ گرم)، لاین شماره ٦۹ بیشترین (۳/۷۰ گرم) و لاین شماره ۱۲۵ کمترین مقدار گلوتن ضعیف (۱/۸۲ گرم)، لاین‌های شماره ۱۰۵ و ۱۳۹ بیشترین (۲/۳۳ گرم) و لاین‌های شماره ۳٤ و ۱۲۵ (۱/٦۱ و ۱/٦۷ گرم) کمترین مقادیر برای گلوتن خشک را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. اکبرآبادی و همکاران (Akbarabadi *et al*., 2023)در ارزیابی عملکرد و خصوصیات کیفی لاین‌های گندم دروم در استان خوزستان نشان دادند که لاین D-95-10 با ۱۲ درصد پروتئین و ۵۳ درصد گلوتن مرطوب دارای خصوصیات کیفی و نانوایی مطلوب‌تری می‌باشد. پروتئین‌های گلوتن اساساً توانایی خاصیت نانوایی آرد گندم را مشخص می‌کنند. ویژگی‌های ویسکوالاستیک خمیر که برای تولید نان بسیار مهم هستند، عمدتاً توسط پروتئین‌های گلوتن گندم تنظیم می‌شوند (Shewry, 2022; Khalid Anam *et al*., 2022). پروتئین گلوتن اجازه می‌دهد هنگامی که آرد با آب مخلوط می‌شود، خمیر ویسکوالاستیک منسجمی تشکیل داده و گاز تولید شده در فرآیند تخمیر یا پخت را در خود نگه دارد و پس از پخت، شکل ظاهری نان حفظ شود. تعادل ویسکوالاستیسیته برای تهیه نان با کیفیت عالی ضروری است. گلوتن ناکافی منجر به کاهش اندازه نان می‌شود و الاستیسیته بهبود یافته نشان دهنده افزایش حجم نان است. با این حال، گلوتن بیش از حد، از انبساط سلول‌های گازی جلوگیری و باعث کاهش اندازه نان می‌شود (Andersson *et al*., 2013).

جدول ٤- تجزیه واریانس برای صفات کیفی در لاین‌های F_6 گندم نان به‌همراه والدین (مرودشت × نورستار)

Table 4. Analysis of variance for qualitative traits in the beard wheat F_6 lines whit parental (Marvdasht × Nurstar)

منابع تغییر Source of Variations	درجه آزادی Df.	میانگین مربعات Mean squares											
		محتوای پروتئین Protein content	رطوبت Moisture	نشاسته Starch	الیاف نا محلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	عدد فالینگ Falling number	گلوتن کل Total gluten	گلوتن قوی Strong gluten	گلوتن ضعیف Weak gluten	گلوتن خشک Dry gluten	شاخص گلوتن Gluten index	درصد گلوتن مرطوب Wet Gluten Percent	درصد گلوتن خشک Dry Gluten Percent
تکرار Replication	1	62.56**	1.61	0.11	87.92**	4419.64**	3.33*	0.90*	0.74	0.44**	3.46	333.36*	44.61**
بلوک (تکرار) B/R	8	3.16	1.61	0.03	3.99	587.35	0.51	0.04	0.11	0.03	22.25	51.82	3.44
ژنوتیپ Genotype	132	2.90**	0.42	0.04	3.52	1919.42**	0.54	0.24	0.25	0.04	62.04	54.18	4.02
خطا Error	124	1.37	0.46	0.03	2.79	393.60	0.60	0.20	0.20	0.03	53.34	60.79	3.41
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (٪)	-	7.60	10.64	6.20	11.88	5.36	9.87	13.45	15.14	9.27	17.14	9.87	9.27

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ٥- میانگین، حداکثر، حداقل و حداقل تفاوت معنی‌دار برای صفات کیفی دانه در لاین‌های F_6 گندم نان (مرودشت × نورستار)

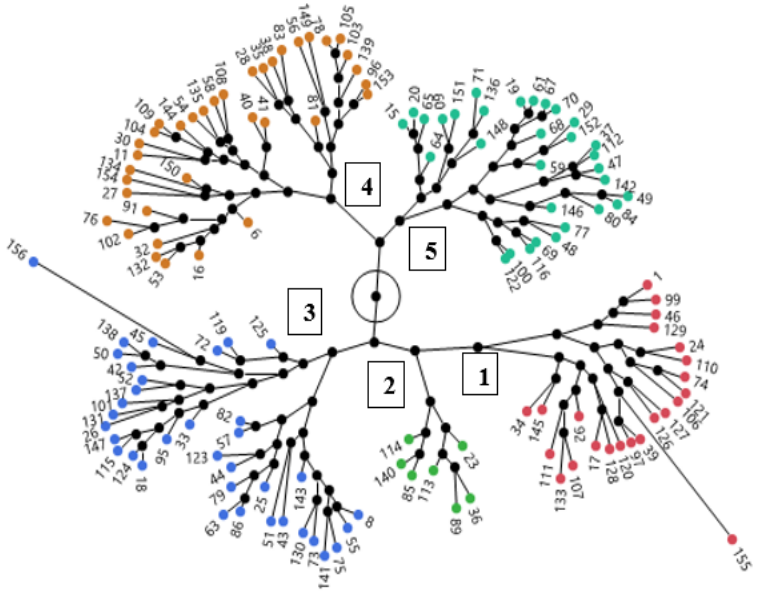
Table 5. The mean, maximum, minimum and least significant difference test for qualitative traits in the beard wheat F_6 lines (Marvdasht × Nurstar)

پارامتر Parameter	محتوای پروتئین Protein (%)	رطوبت Moisture (%)	نشاسته Starch (%)	الیاف نا محلول در شوینده خنثی Neutral Detergent (%) Fiber	عدد فالینگ Falling number (s)	گلوتن کل Total gluten (g)	گلوتن قوی Strong gluten (g)	گلوتن ضعیف Weak Gluten (g)	گلوتن خشک Dry gluten (g)	شاخص گلوتن Gluten index (%)	درصد گلوتن مرطوب Wet Gluten Percent (%)	درصد گلوتن خشک Dry Gluten Percent (%)
میانگین والدین Mean parents	15.06	6.55	3.00	14.32	371.12	7.42	3.48	2.86	2.02	47.12	74.27	20.27
میانگین لاین‌ها mean lines	15.43	6.37	2.98	14.07	369.55	7.90	3.33	2.95	1.99	42.54	79.08	19.92
حداکثر Maximum	18.29	7.40	3.36	17.03	400	9.27	4.43	3.70	2.33	63.88	92.70	23.30
حداقلMinimum	12.82	5.24	2.64	11.01	256.50	6.55	2.28	1.82	1.61	28.63	65.50	16.14
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD 5%	2.32	1.34	0.36	3.31	39.22	1.54	0.88	0.87	0.36	14.45	15.36	3.65

تجزیه خوشه‌ای: این تجزیه با استفاده از میانگین‌های صفات ساده (صفاتی غیرفرمولی) انجام شد (جدول ٦). با توجه به F کاذب برآورد شده ۱۳۱ لاین و دو والد مرودشت و نورستار در پنج گروه قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول با رنگ قرمز شامل ۲۳ لاین، دارای بیشترین مقدار میانگین برای عدد فالینگ بودند. والد مادری مرودشت (کد ۱۵۵) در این گروه قرار گرفت. گروه دوم با بیشترین درصد رطوبت و کمترین میزان عدد فالینگ شامل هفت لاین بود. گروه سوم، تعداد ۳٦ لاین با بیشترین درصد نشاسته و الیاف نامحلول در شوینده خنثی را شامل شد که والد پدری نورستار (کد ۱٥٦) در این گروه قرار داشت. گروه چهارم دارای ۳٦ لاین از نظر گلوتن کل، قوی و خشک بیشترین مقدار را داشتند و گروه پنجم با ۳۱ لاین دارای بیشترین میزان پروتئین بود. با توجه به مشترک بودن والدین، لاین‌های که در گروه‌های متفاوتی از والدین قرار گرفتند تنوع بالاتری برای صفات ذکر شده نشان دادند. از این تنوع می‌توان در انتخاب لاین مطلوب برای کیفیت دانه استفاده کرد (Dilmurodovich *et al*., 2021; Kasahun and Alemu, 2022; Fradgley *et al*., 2023).

همبستگی فنوتیپی: نتایج حاصل از همبستگی ساده به روش پیرسون بین صفات در جدول ۷ نشان داده شده است. درصد پروتئین با صفات گلوتن کل، گلوتن ضعیف و گلوتن خشک همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار را نشان داد؛ کاساهون و آلومو (Kasahun and Alemu, 2022) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری برای این صفات مشاهده کردند که نشان دهنده ارتباط این صفات باهم است. توانایی تولید نان گندم به‌طور مستقیم با محتوای پروتئین آرد و در نتیجه با محتوای گلوتن مرتبط است. گرچه کیفیت پروتئین نیز در کیفیت کلی گندم مهم است اما همبستگی مستقیم بین عملکرد نان و محتوای پروتئین به ژنوتیپ گندم متکی است (Shewry, 2019). همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین گلوتن کل با گلوتن ضعیف و خشک مشاهده شد و گلوتن ضعیف و گلوتن خشک نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با هم نشان دادند. تعادل بین گلوتن قوی و ضعیف در کیفیت گلوتن نقش دارد، که تعیین کننده هدف استفاده از آن برای غذا، خوراک دام یا تجارت غلات است. دانه‌ای با محتوای پروتئین بالا کیفیت گلوتن مطلوب ارزش بازار پسندی بالاتری دارد؛ بنابراین، این صفت و پایداری آن توسط ژنوتیپ یکی از مهمترین صفات در اصلاح گندم می‌باشد (Shchukina *et al*, 2022).

پارامترهای ژنتیکی: مقدار واریانس ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی به‌ترتیب برای میزان گلوتن خشک و نشاسته کمترین و عدد فالینگ بیشترین محاسبه شد (جدول ۸). کمترین و بیشترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی، فنوتیپی و محیطی به‌ترتیب برای درصد نشاسته و عدد فالینگ به‌دست آمد.



شکل ۱- نمودار تجزیه خوشه‌ای لاین‌های F_6 گندم نان (مرودشت × نورستار) براساس صفات مورد بررسی با استفاده از روش Ward

Figure 1. Cluster dendrogram of the beard wheat F_6 lines (Marvdasht × Nurstar) based on the recorded traits using Ward method

جدول ٦- میانگین ارزش صفات در پنج خوشه

Table 6. Mean value of the traits in the 5 clusters

خوشه Cluster	تعداد Number	محتوای پروتئین Protein (%)	رطوبت Moisture (%)	نشاسته Starch (%)	الیاف نا محلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber (%)	عدد فالینگ Falling number (s)	گلوتن کل Total gluten (g)	گلوتن قوی Strong gluten (g)	گلوتن ضعیف Weak Gluten (g)	گلوتن خشک Dry gluten (g)
1	23	14.57	6.29	2.82	13.73	382.76	7.58	3.01	2.89	1.87
2	7	14.57	6.65	2.88	14.04	292.34	8.02	3.04	2.92	1.90
3	36	14.71	6.48	3.08	14.80	369.32	7.50	3.55	2.57	1.90
4	36	16.00	6.52	3.07	14.62	373.13	8.29	3.43	3.15	2.09
5	31	16.40	6.08	2.93	12.86	373.39	8.01	3.26	3.21	2.07

جدول ٧- همبستگی فنوتیپی پیرسون برای صفات کیفی دانه در لاین‌های F_6 گندم نان (مرودشت × نورستار)(n=133)

Table 7. Pearson's phenotypic correlation for qualitative characteristics of grain in the beard wheat F_6 lines (Marvdasht × Nurstar)

صفات Traits	محتوای پروتئین Protein	رطوبت Moisture	نشاسته Starch	الیاف نا محلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	عدد فالینگ Falling number	گلوتن کل Total gluten	گلوتن قوی Strong gluten	گلوتن ضعیف Weak gluten	گلوتن خشک Dry gluten
محتوای پروتئین Protein	1								
رطوبت Moisture	-0.14	1							
نشاسته Starch	0.00	0.12	1						
الیاف نا محلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber	-0.29**	0.22**	0.33**	1					
عدد فالینگ Falling Number	0.05	-0.07	-0.00	-0.04	1				
گلوتن کل Total Gluten	0.50**	-0.12	0.16	0.00	-0.08	1			
گلوتن قوی Strong Gluten	0.12	-0.08	0.35**	0.11	0.17*	-0.01	1		
گلوتن ضعیف Weak Gluten	0.52**	-0.09	-0.01	-0.17*	0.07	0.71**	-0.39**	1	
گلوتن خشک Dry Gluten	0.59**	-0.12	0.19*	-0.11	0.17*	0.66**	0.32**	0.63**	1

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

*, ** and ns: Significant at the probability levels of five and one percent and non-significant, respectively.

جدول ۸- پارامترهای ژنتیکی برآورد شده برای صفات کیفی در لاین‌های F_6 گندم نان (مرودشت × نورستار)

Table 8. Estimated genetic parameters for qualitative characteristics in the beard wheat F_6 lines (Marvdasht × Nurstar)

صفات Traits	میانگین Means	واریانس ژنتیکی Genetic (σ_g^2) variance	واریانس محیطی Environmental (σ_e^2) variance	واریانس فنوتیپی Phenotypic (σ_p^2) variance	ضریب تغییرات ژنتیکی Genetic coefficient of variation (GCV)	ضریب تغییرات محیطی Environmental coefficient of (ECV) Variation	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of (PCV) Variation	وراثت پذیری عمومی Broad-sense (h_b^2) heritability	پیشرفت ژنتیکی Genetic advance (GA)	پیشرفت ژنتیکی بر میانگین Genetic advance over mean (GAM)
محتوای پروتئین Protein	15.42	2.22	1.37	3.59	37.90	29.81	48.22	61.79	2.41	15.63
رطوبت Moisture	6.37	0.19	0.46	0.65	17.27	26.87	31.94	29.23	0.49	7.62
نشاسته Starch	2.98	0.03	0.03	0.06	9.16	10.03	13.59	45.45	0.22	7.37
الیاف نا محلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	14.07	2.13	2.79	4.92	38.86	44.53	59.10	43.23	1.98	14.03
عدد فالینگ Falling number	369.57	1721.54	392.80	2114.34	215.83	103.09	239.19	81.42	77.13	20.87
گلوتن کل Total gluten	7.90	0.25	0.60	0.84	17.43	27.56	32.61	28.57	0.54	6.83
گلوتن قوی Strong gluten	3.33	0.14	0.20	0.34	20.50	24.51	31.95	41.18	0.49	14.85
گلوتن ضعیف Weak gluten	2.95	0.15	0.20	0.35	22.55	26.04	34.14	42.86	0.52	17.71
گلوتن خشک Dry gluten	1.99	0.03	0.03	0.06	11.21	12.28	16.62	45.45	0.21	11.04

ضریب تغییرات فنوتیپی همه صفات بیشتر از ضریب تغییرات ژنتیکی بود. تفاوت قابل‌ملاحظه بین ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی در برخی صفات می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر محیط بر این صفات باشد. تفاوت اندک بین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای درصد نشاسته و گلوتن خشک نیز نشان‌دهنده تأثیر بیشتر عوامل ژنتیکی برکنترل این صفات است. پروتئین و عدد فالینگ ضریب تغییرات ژنتیکی بالاتری نسبت به ضریب تغییرات محیطی داشتند که می‌توان آن را به تأثیر کمتر محیط بر این صفات مرتبط دانست. دامنه وراثت‌پذیری عمومی که انتقال نسبی صفات از والدین به نتاج را نشان می‌دهد از ۲۸/۵۷ درصد برای گلوتن کل تا ۸۱/۴۲ درصد برای عدد فالینگ متفاوت بود. بر اساس دسته‌بندی جانسون و همکاران (Johnson *et al*., 1955) برای وراثت‌پذیری (۳۰ درصد > کم، متوسط ۶۰-۳۰ و >۶۰ درصد بالا)، نشاسته، الیاف نا محلول در شوینده خنثی، گلوتن قوی، ضعیف و خشک دارای وراثت‌پذیری متوسط و پروتئین و عدد فالینگ دارای وراثت‌پذیری بالا بودند؛ بنابراین کمتر تحت تأثیر محیط قرار داشتند و انتخاب به کمک فنوتیپ می‌تواند در مورد این صفات قابل اطمینان باشد. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که بالاترین میزان وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی برای صفات محتوای پروتئین و عدد فالینگ بود. انتخاب برای صفاتی که همزمان وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی دارند می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. موثلت و همکاران (Mosleth *et al*., 2020)، بیان کردند که تنوع و وراثت‌پذیری پروتئین دانه تا حدود زیادی قابل تکرار است؛ بنابراین این صفت می‌تواند در انتخاب لاین‌های برتر مورد توجه به‌نژادگران قرار گیرد.

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کیفیت آرد که برگرفته از خصوصیات دانه مورد استفاده برای آسیاب دانه گندم می‌باشد، به ژنوتیپ و شرایط زراعی در حین کشت بستگی دارد. بنابراین انتخاب والدین مناسب برای دورگ‌گیری موفق نقش اساسی دارد، تا احتمال تولید نتاج برتر نسبت به والدین بیشتر شود. در این بررسی لاین‌های با ویژگی‌های نظیر پروتئین بالا، عدد فالینگ مطلوب، گلوتن بالا (لاین‌های شماره ۲۸، ۳۵، ۸۱ و ۱۰۰) نسبت به والدین مشخص شدند. لاین‌های منتخب برای ارزیابی‌های آتی در ارتباط با صفاتی که وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی داشتند، می‌توانند در نظر گرفته شوند.

References

Akbarabadi, A., Najafi Mirak, T. and Anderzian, S.B. (2023). Evaluation of performance and nutritional value of promising durum wheat lines on farmer's fields in the warm climate in Khuzestan Province. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, **2:** 468-480 (In Persian).

Akbari, N., Alavi Kia, S.S. and Valizadeh, M. (2024). Investigating variation of subunits of gliadin protein in recombinant inbred lines derived from cross between Zagros and Norstar cultivars and some commercial wheats. *Plant Genetic Researches*, **10:** 91-102 (In Persian).

AACC. (2000a). *American Associated of Cereal Chemists Adapted from method 65-81B*. 10th ed. St Paul Publishing ltd London, UK.

AACC. (2000b). *American Associated of Cereal Chemists Adapted from method 38-12A*. 10th ed. St Paul Publishing ltd London, UK.

Amiri, R., Bahraminejad, S., Sasani, Sh., Jalali-Honarmand, S. and 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.

Amiri, R., Sasani, Sh., Jalali-Honarmand, S., Rasaei, A., Seifolahpour, B. and Bahraminejad, S. (2018). Genetic diversity of bread wheat genotypes in Iran for some nutritional value and baking quality traits. *Physiology* and *Molecular Biology* of *Plants*, **24:** 147–157.

Amiri, R., Bahraminejad, S. and Cheghamirza, K. (2021) Estimation of genetic control model for agronomic traits in the progeny of marvdasht and MV-17 wheat cross under normal and terminal drought stress conditions. *Plant Genetic Researches*, **8(1):** 61-80 (In Persian).

Amiri, R., Bahraminejad, S. and Cheghamirza, K. (2022). Generation mean analysis for some agronomic traits at two bread wheat crosses under two different moisture conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, **16:** 887-904 (In Persian).

Andersson, A.A., Andersson, R., Piironen, V., Lampi, A.M., Nystrom, L. and Boros, D. (2013). Contents of dietary fiber components and their relation to associate bioactive components in whole grain wheat samples from the health grain diversity screen. *Food Chemistry*, **136:** 1243–8.

Ashraf, M. (2014). Stress-induced changes in wheat grain composition and quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **54:** 1576-1583.

Biel, W., Kazimierska, K. and Bashutska, U. (2020). Nutritional value of wheat, triticale, barley and oat grains. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, **19:** 19-28.

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

Deng, Z., Chen, F., Hu, S., Han, Q., Chen, J., Sun, C., Zhang, Y., Wang, S., Song, X. and Tian, J. (2014). Inheritance and QTL analysis of flour falling number using recombinant inbred lines derived from strong gluten wheat 'Gaocheng 8901' and waxy wheat 'Nuomai 1'. *Australian Journal of Crop Science*, **8:** 468-474.

Dilmurodovich, D.S., Bekmurodovich, B.N., Shakirjonovich, K.N., Shomiljonovich, S.H. and Raxmatullaevich, A.J. (2021). Productivity, quality and technological characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) variety and lines for the southern regions of the republic of Uzbekistan. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, **22:** 63-74.

Erbas Kose, O.D., Mut, Z., Kardes, Y.M. and Akay, H. (2023). Grain - bran quality parameters and agronomic traits of bread wheat cultivars. *Turkish Journal of Field Crop*, **28:** 269-278.

Falconer, D.S. (1989). *Introduction to Quantitative Genetics*. Logman Scientific and Technical, Logman House, Burnt Mill, Harlow, Essex, UK.

FAO. (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/en/. Accessed 29 Apr 2023.

FAO. (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/en/. Accessed 10 September 2024.

Flagella, Z., Giuliani, M. M., Giuzio, L., Volpi, C. and Masci, S. (2010). Influence of water deficit on durum wheat storage protein composition and technological quality. *European Journal of Agronomy*, **33:** 197-207.

Fradgley, N.S., Gardner, K.A., Kerton, M., Warbeck, S.M. and Bentley, A.R. (2023). Balancing quality with quantity: a case study of up bread wheat. *Plants People Planet*, **13:** 1-14.

Hristov, N., Mladenov, N., Djuric, V., Kondic-Spika, A., Simic, D. and Marjanovic-Jeromela, A. (2010). Genotype by environment interactions in wheat quality breeding programs in southeast Europe. *Euphytica*, **174:** 315-324.

Iqbal, M.J., Shams, N. and Fatima, K. (2022). Nutritional Quality of Wheat. In: Ansari, M.U.R. Ed., *Wheat*, IntechOpen, Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.104659

Iorga, E., Belc, N., Stancov, A. and Campeanu, G. (2022). Improvement of falling number on Romanian wheat flours. *Solovyov Studies Ispu*,**70:** 1-12.

Johnson, H.W., Robinson, H.F. and Comstock, R.E. (1955). Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal*, **47:** 314-318.

Kasahun, C. and Alemu, G. (2022). Evaluation of physical and chemical quality characteristics of elite bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, **11:** 102-109.

Khalid, A., Hameed, A. and Farrukh T.M. (2023). Wheat quality: a review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Nutrition and Food Science Technology*, **10:** 1-14.

Khalid Anam, A.H., Shamim, S. and Ahmad, J. (2022). Divergence in single kernel characteristics and grain nutritional profiles of wheat genetic resource and association among traits. *Front Nutrition*, **8:** 46-54.

Kong, L., Si, J., Zhang, B., Feng, B., Li, S. and Wang, F. (2013). Environmental modification of wheat grain protein accumulation and associated processing quality: a case study of china. *Australian Journal of Crop Science*, **7:** 173-181.

Lacko-Bartosova, M., Lacko-Bartosova, L., Konvalina, P., Matejkova, E. and Bielikova, D. (2021). Rheological dough properties of organic spelt and emmer wheat for assessment of bread making quality. *Zemdirbyste-Agriculture*, **108:** 279-286.

Matos, M.E. and Rosell, C.M. (2015). Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **95:** 653-661.

Mohammadi, R. and Haghparast, R. (2022). Review; Durum wheat: production, nutritional value and economic importance. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, **1:** 414-445 (In Persian).

Mosleth, E., Lillehammer, M., Pellny, T.K., Wood, A.J., Riche, A.B., Hussain, A., Griffiths, S., Hawkesford, M.J. and Shewry, P.R. (2020). Genetic variation and heritability of rain protein deviation in European wheat genotypes. *Field Crops Research*, **255:** 107896.

Omrani, S., Arzani, A., Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Najafi Mirak, T. and Mahlooji, M. (2022). Effect of salinity stress on grain yield and grain quality in wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Journal of Crop Production and Processing*, **12:** 35-47 (In Persian).

Osborne, B., Henry, R. and Southan, M.D. (2007). Assessment of commercial milling performance of hard wheat by measurement of the rheological properties of whole grain. *Journal Cereal Science*, **45:** 122-127.

Pena, R.J., Trethowan, R., Pfeiffer, W.H. and Van Ginkel, M. (2002). Quality (End-Use) improvement in wheat. *Journal of Crop Production*, **5:** 1-37.

Rekowski, A., Wimmer, M.A., Tahmasebi, S., Dier, M., Kalmbach, S., Hitzmann, B. and Zorb, Ch. (2021). Drought stress during a thesis alters grain protein composition and improves bread quality in field-grown Iranian and German wheat genotypes. *Applied Sciences*, **11:** 82-97.

Sakr, N., Rhazi, L. and Aussenac, T. (2021). Bread wheat quality under limiting environmental conditions: ii –rheological properties of Lebanese wheat genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **20:** 235-242.

Shewry, P. (2019). What is gluten—why is it special?. *Front Nutria*, **6:** 101.

Shewry, P. (2022). Wheat grain proteins: past, present, and future. *Cereal Chemistry*, **100:** 9-22.

Simsek, S., Ohm, J.B., Lu, H., Rugg, M., Berzonsky, W., Alamri, M.S. and Mergoum, M. (2014). Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **94:** 205-212.

Singh, R.K. and Chaudhary, B.D. (2004). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers, New Delhi, IND.

Shchukina, L.V., Simonov, A.V., Demenkova, M.A., Klykov, A.G., Shamanin, V.P., Pozherukova, V.E., Lepekhov, S.B., Chebatareva, M.V., Petin, V.A. and Borner, A. (2022). Increase in grain protein and gluten contents of bread wheat by the introgression of a *T. timopheevii* segment into chromosome 2A. *Euphytica*, **218:** 1-13.

Yang, D., Luo, Y., Ni, Y., Yin, Y., Yang, W., Peng, D., Cui, Z. and Wang, Z. (2014). Effects of exogenous aba application on post and thesis dry matter redistribution and grain starch accumulation of winter wheat with different stay green characteristics. *Crop Journal*, **2:** 144-153.

Zhang, Y., He, Z.H., Ye, G.Y., Zhang, A.M. and Ginkel, M.V. (2004). Effect of environment and genotype on bread-making quality of springs own spring wheat cultivars in china. *Euphytica*, **139:** 75-83.

Zhao, L., Zhang, K.P., Liu, B., Deng, Z.Y., Qu, H.L. and Tian, J.C. (2010). A comparison of grain protein content QTLs and flour protein content QTLs across environments in cultivated wheat. *Euphytica*, **174:** 325-335.