



Selection of Superior Bread Wheat Genotypes Based on Agronomic Traits under Rain-fed Conditions

Sahar Pouratefi¹ , Abdollah Najaphy^{1,2} & Leila Zarei^{1,2}

¹ Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

² Cereal Research Center, Razi University, Kermanshah, Iran.

Corresponding author. E-mail: anajaphy@razi.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: Bread wheat is one of the most important and strategic food crops worldwide, with significant economic and political implications. Among abiotic stresses, water deficit is considered one of the most critical factors, and drought is a widespread challenge that seriously affects wheat production, particularly in rain-fed areas. Given the substantial extent of rain-fed wheat cultivation in the country, selecting effective breeding strategies and employing appropriate criteria to identify drought-tolerant genotypes is particularly important. Accordingly, the present study was conducted to identify superior wheat genotypes under rain-fed conditions.

Materials and methods: In this research, 25 bread wheat genotypes, including two cultivars Pishtaz and Pishgam (as control) and 23 wheat genotypes prepared from Seed and Plant Institute, Karaj, were evaluated at the Research Farm of Razi University, Kermanshah using randomized complete block designs with three replications during 2019 – 2020, 2020-2021 and 2021-2022 cropping years. In this research, yield and its components including thousand grain weight, the number of grains per spike and the number of spikes per m² were measured.

Results: The results of the combined analysis of variance showed that the effect of year was significant for thousand grain weight, number of grain per spike, and number of spike per m². Also, there was a significant difference between genotypes in terms of yield, thousand grain weight, the number of grain per spike and the number of spike per square meters. The interaction of year and genotype was not significant for the traits. Thousand grain weight and the number of spike per m² had the most direct effect on grain yield. Based on cluster analysis, the genotypes were grouped into two distinct categories. Genotypes 1, 2, 4, and 18 were placed in one group, and the remaining genotypes were located in the second group. According to the traits measured in this study, the mentioned genotypes exhibited high grain yield and yield components under rain-fed conditions, indicating their suitability for cultivation in rain-fed areas. Moreover, the second group exhibited lower grain yield compared to the first group, suggesting that the genotypes in this group had lower adaptability and tolerance to drought stress than those in the first group.

Conclusion: Based on the combined results of the three-year field evaluation, genotypes 1, 2, and 4 exhibited high grain yields under rain-fed conditions and showed high and acceptable thousand-grain weights. Moreover, these genotypes were superior to the two check cultivars in terms of grain yield and yield components.

Keywords: Bread wheat, cluster analysis, combined analysis of variance, rain-fed conditions.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 19 Nov 2024, Revised: 07 Feb 2025, Accepted: 08 May 2025, Published online: 28 Jun 2025

Cite this article: Pouratefi, S., Najaphy, A. & Zarei, L. (2025). Selection of Superior Bread Wheat Genotypes Based on Agronomic Traits under Rain-fed Conditions. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, 4(2), 202-218. DOI: [10.22126/cbb.2025.12212.1108](https://doi.org/10.22126/cbb.2025.12212.1108)



© The Author(s).
 [10.22126/cbb.2025.12212.1108](https://doi.org/10.22126/cbb.2025.12212.1108)

Publisher: Razi University



گزینش ژنوتیپ‌های برتر گندم نان از نظر ویژگی‌های زراعی در شرایط دیم

سحر پورعاطفی^۱، عبدالله نجفی^۲✉ و لیلا زارعی^۱

^۱ گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

^۲ مرکز تحقیقات غلات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

✉ نویسنده مسئول. رایانامه: anajaphy@razi.ac.ir

چکیده

مقدمه: گندم نان به‌عنوان یکی از محصولات مهم و راهبردی غذایی در جهان، از اهمیت اقتصادی و سیاسی بالایی برخوردار است. تنش کمبود آب یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده محسوب می‌شود و خشکسالی به‌عنوان چالشی گسترده، به‌طور جدی تولید گندم، به‌ویژه در مناطق دیم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به وسعت قابل توجه کشت دیم گندم در کشور، انتخاب روش‌های اصلاحی مؤثر و به‌کارگیری معیارهای مناسب برای شناسایی ارقام مقاوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گندم در شرایط دیم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق ۲۵ ژنوتیپ گندم نان شامل ۲۳ ژنوتیپ گندم زمستانه و دو رقم پیش‌تاز و پیش‌گام به‌عنوان شاهد، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط دیم طی سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹، ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در کرمانشاه در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این پژوهش صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع اندازه‌گیری شد. **یافته‌ها:** نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال برای صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود. همچنین بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل سال و ژنوتیپ برای هیچ‌یک از ویژگی‌ها معنی‌داری نبود. وزن هزار دانه و تعداد سنبله در مترمربع بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه را داشتند. بر اساس تجزیه سنبله‌ای ژنوتیپ‌ها در دو گروه مختلف قرار گرفتند. طبق نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴ و ۱۸ در یک گروه و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه دوم جای گرفتند. با توجه به صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش ژنوتیپ‌های مذکور دارای عملکرد دانه و اجزای عملکرد بالایی در شرایط دیم بودند که نشان‌دهنده مناسب بودن این ژنوتیپ‌ها برای کشت در مناطق دیم می‌باشد. همچنین گروه دوم نسبت به گروه اول عملکرد دانه پایین‌تری داشت و می‌توان گفت سازگاری و تحمل این ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی کمتر از گروه اول بوده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به مجموع نتایج سه سال ارزیابی مزرعه‌ای، ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۴ دارای عملکرد دانه بالایی در شرایط دیم بوده و از نظر صفت وزن هزار دانه نیز دارای مقادیر بالا و قابل قبولی بودند. همچنین این ارقام نسبت به دو رقم شاهد کشت شده نیز از نظر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شرایط دیم برتری نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تجزیه مرکب، شرایط دیم، گندم نان.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹ **اصلاح:** ۱۴۰۳/۱۱/۱۹ **پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۲/۱۸، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۰۴/۰۷

استناد: پورعاطفی، س.، نجفی، ع. و زارعی، ل. (۱۴۰۴). گزینش ژنوتیپ‌های برتر گندم نان از نظر ویژگی‌های زراعی در شرایط دیم. *بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات*.

DOI: [10.22126/cbb.2025.12212.1108](https://doi.org/10.22126/cbb.2025.12212.1108) ۲۰۲-۲۱۸ (۲)، ۴



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

گندم نان گیاهی هگزاپلوئید ($2n = 6x = 42$) است که از سه ژنوم متفاوت A، B و D تشکیل شده و هر ژنوم از یکی از گونه‌های وحشی خویشاوند آن منشأ گرفته است (Mohammady *et al.*, 2014). این گیاه در محیط‌های مختلف در سراسر جهان کشت می‌شود و در بین غلات، بیشترین و وسیع‌ترین سازگاری را به شرایط متفاوت اقلیمی دارد. کشت و کار آن بیش از ده هزار سال قبل از میلاد شروع شده است (Jalal Kamali *et al.*, 2013). براساس گزارشات فائو گندم نان که به عنوان یکی از محصولات مهم و راهبردی غذایی در جهان است. بنابراین دارای اهمیت اقتصادی و سیاسی بالایی می‌باشد. با توجه به گزارش فائو تولیدات گندم جهان در سال ۲۰۲۲ به ۷۸۴/۷ میلیون تن و در سال ۲۰۲۳ به ۷۷۸ میلیون تن رسید که حدود ۰/۲ درصد کمتر از سال قبل است (FAO, 2023). با توجه به برآورد ۹/۳ میلیارد نفر جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰، تصور می‌شود که تقاضا برای گندم در مقایسه با سال ۲۰۱۰ تا ۶۰ درصد افزایش یابد (Sharma *et al.*, 2015).

عملکرد گندم به عوامل ژنتیکی و محیطی و اثر متقابل آن‌ها بستگی دارد. پاسخ‌های ژنوتیپی متفاوت به محیط‌های مختلف مجموعاً برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (GEI) نامیده می‌شوند (Popović *et al.*, 2020). در بعضی مواقع، چنین ارتباطی به‌نژادگر را کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها دقیق‌تر باشد و مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها را برگزید. همچنین

این تعامل به متخصص زراعت کمک می‌کند تا در یک محیط خاص یا در طیفی از شرایط محیطی، رقم بهینه‌ای را برای کشت انتخاب کند و یا بتواند در یک مکان مشخص، طی سال‌های متوالی، رقمی را با اطمینان و بدون کاهش عملکرد توصیه نماید (Yan and Kang, 2003).

در ایران بخصوص در کرمانشاه که جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور به حساب می‌آید، تنش خشکی در زمان گرده‌افشانی و همچنین در اواخر فصل رشد سبب کاهش چشمگیر در عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد، بنابراین مطالعه و ارزیابی عوامل و جنبه‌های مرتبط با تنش خشکی در گیاه گندم بیش از پیش مورد نیاز است چرا که می‌توان با بررسی این جنبه‌ها که با پایداری عملکرد در شرایط تنش خشکی مرتبط هستند، صفات مناسب را انتخاب کرده و از این طریق اقدام به گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم و در نهایت توسعه ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط تنش خشکی نمود (Amiri *et al.*, 2013).

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار، آزمایش‌های مقایسه عملکرد تکراردار در چند مکان و در چند سال انجام می‌شود که در این آزمایش‌های علاوه بر معیار عملکرد، میزان پایداری ژنوتیپ‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود و در نهایت ژنوتیپ‌هایی گزینش می‌شوند که عملکرد بالا و برهم‌کنش ژنوتیپ $\times$ محیط کمتری داشته باشند (Ahmadi *et al.*, 2016).

دانه سنبله در هر دو شرایط تنش آبی و تنش خشکی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود (Javad *et al.*, 2022).

با توجه به کشت دیم گندم در مساحت قابل توجهی از اراضی کشور، شناسایی و انتخاب روش اصلاحی مناسب و استفاده از معیارهای انتخاب صحیح و قابل کاربرد جهت معرفی ارقام مقاوم بسیار اهمیت دارد. از طرفی، در برخی برنامه‌های به‌نژادی، آزمون اولیه ارقام آبی در شرایط دیم نیز انجام می‌شود تا ژنوتیپ‌هایی با تحمل نسبی به خشکی شناسایی شوند، که می‌توانند پایه‌ای برای اصلاح و توسعه ارقام مناسب شرایط دیم در آینده باشند. نتایج این تحقیق نیز می‌تواند به درک بهتر از واکنش‌های فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌ها تحت کم‌آبی کمک نماید. لذا این مطالعه با هدف گزینش ژنوتیپ‌های برتر گندم در شرایط دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی عملکرد دانه و اجزای عملکرد ۲۵ ژنوتیپ گندم نان شامل دو رقم پیشتاز و پیشگام (شاهد) و ۲۳ ژنوتیپ گندم زمستانه تهیه شده از مؤسسه تحقیقات و اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام گرفت (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط دیم در سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹، ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ اجرا گردید. در مزرعه، هر کرت

یاراحمدی و همکاران (Yarahmadi *et al.*, 2020) در پژوهشی به‌منظور بررسی ارتباط بین صفات زراعی و عملکرد دانه، با استفاده از ۱۳۲ ژنوتیپ گندم بهاره و در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار نشان دادند که صفت عملکرد دانه صفتی بسیار پیچیده است که توسط صفات کمی کنترل می‌گردد و همچنین حاصل اثر متقابل اثرات ژنتیکی و محیطی می‌باشد. تاری نژاد و همکاران (Tarinejad *et al.*, 2019) در پژوهشی با بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم نان بهاره در پنج محیط با دو تکرار در سه سال صفات عملکرد و اجزای عملکرد را مورد مطالعه قرار دادند. بررسی‌ها نشان دادند که پایداری بیشتر این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد، به پایداری بالای وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح مرتبط می‌باشد (Tarinejad *et al.*, 2019). اکرم (Akram, 2011) با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک، هشت ژنوتیپ گندم دوروم و ۱۴ ژنوتیپ نان در مزرعه، پژوهشی انجام داد که براساس این پژوهش در شرایط تنش آبی اعمال شده مشخص شد عملکرد دانه و اجزای عملکرد به شدت کاهش یافتند. جواد و همکاران (Javad *et al.*, 2022) در پژوهشی نشان دادند که تنش خشکی و شرایط دیم تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله وزن هزار دانه و عملکرد دانه را کاهش داد. عملکرد دانه با وزن هزار دانه، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، شاخص کلروفیل، دوره پر شدن دانه و تعداد

شامل پنج خط دو متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. موقعیت جغرافیایی و آب‌وهوایی محل اجرای آزمایش شامل طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه، ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه بین ۴۵۰ تا ۴۸۰ میلی‌متر، و بافت خاک سیلتی‌رسی می‌باشد. همچنین اطلاعات مربوط به آزمون خاک در (جدول ۲) گزارش شده است. خصوصیات آب و هوایی سال‌های مورد آزمایش در شکل ۱ آمده است. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه (سنبله‌های سه ردیف یک متری از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه برداشت شده و پس از کوبیدن، وزن دانه‌ها یادداشت و به واحد مترمربع تبدیل گردید)، تعداد سنبله در متر مربع (برای اندازه‌گیری تعداد سنبله در مترمربع تمام سنبله‌های سه خط یک متری از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه شمارش گردید)، وزن هزاردانه (وزن

هزاردانه برای هر ژنوتیپ از دانه‌های برداشت شده از هر کرت بر حسب گرم اندازه‌گیری شد)، تعداد دانه در سنبله (برای اندازه‌گیری این صفت، تعداد پنج سنبله به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و سپس تعداد دانه‌های آن‌ها شمارش گردید) بود. پس از داده‌برداری، ابتدا آزمون بارتلت انجام و یکنواختی واریانس‌های خطای آزمایش بررسی شده و پس از اطمینان از یکنواختی واریانس‌های خطای آزمایشی، تجزیه مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر سال انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 و SPSS شامل تجزیه واریانس، مقایسات میانگین، تجزیه مسیر، برآورد آمار توصیفی ژنوتیپ‌ها، تجزیه همبستگی و تجزیه کلاستر انجام شد.

جدول ۱- نام و کد ژنوتیپ‌های گندم نان مورد مطالعه

Table 1- Name and code of bread wheat Genotype in this research

کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Name of the genotypes	منشاء Origin
1	WC-4924	کلات
2	WC-4582	کرمانشاه
3	WC-4592	کرمانشاه
4	WC-47341	مونتانا
5	WC-4965	کاشان
6	WC-4840	سرخس
7	WC-4958	بدرانلو
8	WC-47399	بلغارستان
9	WC-4600	کرمانشاه
10	WC-4987	نامشخص
11	WC-47615	مکزیک
12	WC-4612	بابرار کردستان
13	WC-5001	نامشخص
14	WC-4994	نامشخص
15	WC-47638	پرو
16	WC-47583	کانادا
17	WC-47522	مکزیک
18	WC-47569	مینه سوتا
19	Pishtaz	Alvand//Aldan/Ias58
20	Pishgam	دورگ بین ۹۰- zhong87 با رقم برکت
21	WC-47640	مینه سوتا
22	WC-47467	مکزیک
23	WC-4553	کرد
24	WC-4583	کرمانشاه
25	WC-4554	کرد

جدول ۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش (عمق نمونه برداری ۰-۳۰ سانتی متر)

Table 2- Characteristics of research farm soil (0-30 cm sampling depth)

سال زراعی Crop year	بافت خاک Soil texture	ذرات خاک Soil particles			کربن آلی Organic carbon	آهک خاک Soil lime	اسیدیته (pH)	EC (ds.m-1)	SAR*
		شن Sand	سیلت Silt	رس Clay					
2019-2020	سیلتی رسی لومی	17.4	46.6	36	1.13	14	7.58	0.712	0.542
2020-2021	سیلتی رسی لومی	15.4	48.6	36	1.25	14.75	7.71	0.488	0.521
2021-2022	سیلتی رسی	15.4	46.6	40	1.01	17.25	7.68	0.611	0.382
سال زراعی Crop year	محتوای عناصر پرمصرف (ppm) Content of essential elements (ppm)					غلظت ریزمغذی ها (ppm) Micronutrient concentration (ppm)			
	ازت Nitrogen	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	کلسیم + پتاسیم Potassium + Calcium	سدیم Sodium	آهن Iron	روی Zinc		
2019-2020	0.11	556	34.4	7	1.01	11.2	0.27		
2020-2021	0.12	500	25.9	5.3	0.85	7.5	0.24		
2021-2022	0.10	478	12.80	4.3	0.56	8.5	0.55		

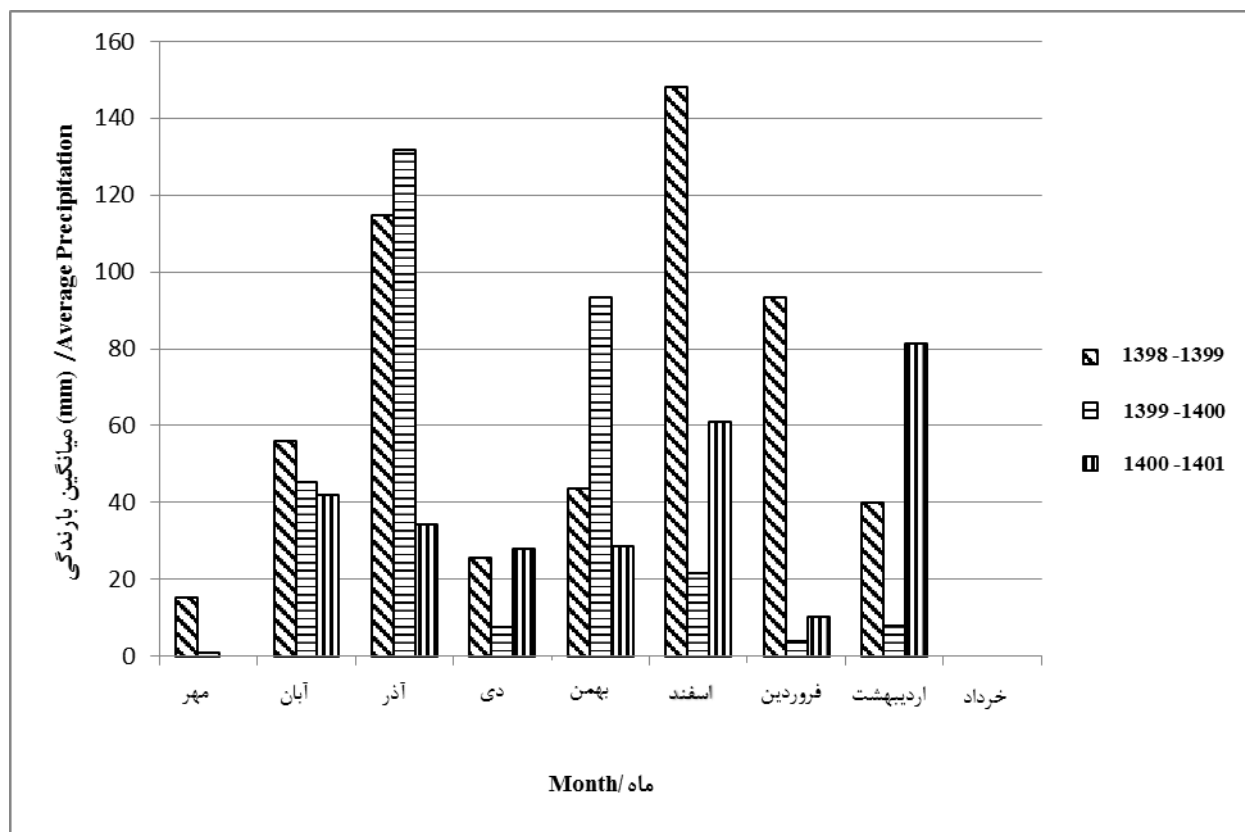
*Sodium adsorption ratio: نسبت جذب سدیم، توازن بین یون های کلسیم، منیزیم و سدیم است. یکی از پارامترهای سنجش کیفیت آب کشاورزی و استاندارد برای هشدار سدیمی شدن خاک تلقی می شود.

نتایج و بحث:

براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر سال و ژنوتیپ برای صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج آزمون LSD نشان داد از نظر وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های ۲۳، ۹، ۱۵ و ۴ بیشترین میانگین را داشتند. برای صفات تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۱، ۲ و ۱۱ بالاترین تعداد دانه را داشتند. همچنین بیشترین میانگین تعداد سنبله در متر مربع را ژنوتیپ‌های ۱۱، ۴، ۲ و ۵ دارا بودند. در مجموع سه سال، مقایسات میانگین نشان داد عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۴ و ۱۸ به طور قابل توجهی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بالا بوده است. این ژنوتیپ‌ها از نظر اجزای عملکرد دانه شامل تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، مقادیر قابل قبول و بالایی از خود نشان دادند. علاوه بر این، نتایج حاصل از این ژنوتیپ‌ها به طور کلی نسبت به رقم شاهد کشت شده، برای صفات عملکرد دانه و اجزای آن برتری معنی‌داری داشتند (جدول ۴). نظری و همکاران (Nazari et al., 2023) بیان نمودند که در شرایط دیم، تنش در انتهای فصل، اجزای عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داده و از این رو، عملکرد نیز شدیداً تحت تأثیر قرار می‌گیرد. شاهی‌زاده و همکاران (Shahizade et al., 2024) پژوهشی را با هدف ارزیابی عملکرد، سرعت و مدت زمان پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر انجام دادند. با توجه به نتایج پژوهش ایشان، تنوع قابل توجهی از نظر صفات مورد

بررسی در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی مناسب در مواد گیاهی به کار رفته در تحقیق است. تنش خشکی در پایان فصل با کاهش سرعت و مدت‌زمان پر شدن دانه، تأثیر منفی بر وزن نهایی دانه گذاشت و در نهایت موجب کاهش عملکرد شد (Shahizade et al., 2024). ژو و همکاران (Xu et al., 2023) در پژوهشی، ۹ صفت کلیدی زراعی و فیزیولوژیکی را در ۱۵۲ رقم گندم بهاره تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری بر کاهش تعداد دانه‌ها، فرآیند تشکیل و پر شدن دانه‌ها و عملکرد فتوسنتزی تأثیر منفی گذاشته و در نهایت موجب کاهش عملکرد کلی گندم می‌شود. همچنین، تنش خشکی باعث تغییر الگوهای همبستگی بین صفات زراعی و فیزیولوژیکی شده است. بنابراین، ارتقاء تحمل به خشکی در این صفات می‌تواند به عنوان راهبردی مؤثر در اصلاح و تولید نژادهای گندم مقاوم به خشکی در آینده مطرح شود (Xu et al., 2023). صبا و همکاران (Saba et al., 2018) نیز گزارش دادند که ژنوتیپ‌هایی که زودتر به سنبله می‌روند به دلیل اینکه تحت تأثیر تنش آخر فصل قرار نمی‌گیرند، اجزای عملکرد در آن‌ها نیز بالاتر است. با توجه به اینکه عملکرد یک صفت کمی است و بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، بنابراین میزان بارندگی‌ها که در شکل ۱ نشان داده شده است، نشان‌دهنده اختلاف قابل توجهی بین سال‌های زراعی مورد نظر می‌باشد. از این رو، ژنوتیپ‌هایی که تحت تأثیر این شرایط متنوع آب و هوایی

قرار می‌گیرند و قادر به حفظ پایداری عملکرد هستند، از پتانسیل بالایی برخوردار خواهند بود.



شکل ۱- نمودار بارندگی در محل اجرای آزمایش (شهر کرمانشاه) در سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۱۴۰۱ بر اساس میلی‌متر

Figure 1- Rainfall pattern at the experimental site (Kermanshah) during the 2019–2022 cropping years (in millimeters)

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و اجزای عملکرد ۲۵ ژنوتیپ گندم در شرایط دیم

Table 3- Combined analysis of variance for grain yield and yield components for 25 wheat genotypes under rain-fed conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)			
		TGW	NGS	NS	GY

Sources of variation	Degree of freedom				
سال Year	2	236.70**	3131.05**	477511.05**	7858.40 ^{ns}
بلوک در سال Replication/Year	6	22.78 ^{ns}	18.31 ^{ns}	15044.89 ^{ns}	17624.29
ژنوتیپ Genotype	24	121.34**	65.05**	18357.06**	21873.54**
ژنوتیپ × سال Genotype × Year	48	33.65 ^{ns}	46.43 ^{ns}	8845.92 ^{ns}	5758.02 ^{ns}
خطا Error	144	29.28	37.08	9340.22	5749.35
ضریب تغییرات (%) CV		13.05	22.63	28.95	31.66

** و * به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ هستند؛ ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری است.

TGW: وزن هزار دانه، NGS: تعداد دانه در سنبله، NS: تعداد سنبله در مترمربع و GY: عملکرد دانه

** and * indicate significance at the 1% and 5% probability levels, respectively; ns indicates a non-significant difference.

TGW: thousand grain weight, NGS: number of grains per spike, NS: number of spikes per square meters, and GY: grain yield

تجزیه همبستگی

دهنده توانایی بالای آن‌ها در انتقال مواد فتوسنتزی به

دانه در طول دوره پر شدن دانه می‌باشد که این موضوع از

دو روش فتوسنتز جاری و قابلیت توزیع مجدد بالا امکان-

پذیر می‌باشد. از آنجایی که وزن هزاردانه آخرین جزء

عملکرد دانه است که تشکیل می‌شود تنش خشکی

انتهایی عمدتاً باعث تغییر در این جزء می‌گردد، بنابراین

واضح است که انتخاب ژنوتیپ‌هایی با وزن هزاردانه بالا،

منجر به عملکرد بالای دانه می‌گردد (Neistani *et al.*,

2020).

انتخاب غیرمستقیم صفاتی که دارای همبستگی مثبت و

بالا با عملکرد هستند و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیطی

قرار می‌گیرند، یکی از راهکارهای مؤثر برای افزایش

عملکرد محسوب می‌شود. همبستگی پیرسون بین صفات

وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله منفی و معنی‌دار بود

(جدول ۵). همچنین بین صفات تعداد سنبله در واحد متر

مربع و عملکرد همبستگی مثبت و بالایی مشاهده شد.

داشتن وزن هزار دانه بالا در شرایط تنش کم‌آبی نشان

جدول ۴- مقایسه میانگین سه ساله ۲۵ ژنوتیپ گندم نان از نظر صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون LSD

Table 4- Mean comparisons of 25 bread wheat genotypes for measured traits over three cropping years based on LSD test

کد ژنوتیپ	TGW	NGS	NS	GY
-----------	-----	-----	----	----

Genotype code	(g)			(g/m ²)
1	44.79	25.71	330.11	341.19
2	41.48	29.75	383.67	327.47
3	35.68	25.31	348.77	177.78
4	44.96	27.68	395.56	351.98
5	37.25	27.83	390.67	229.77
6	41.69	26.78	320.67	249.20
7	45.12	26.92	312.00	222.29
8	40.45	23.00	394.33	254.26
9	45.97	27.28	353.00	236.87
10	44.55	24.01	324.56	194.22
11	40.15	28.16	393.44	201.36
12	43.09	28.70	240.78	180.88
13	32.44	31.95	362.22	206.09
14	39.91	25.52	370.44	233.51
15	47.09	20.53	363.00	214.81
16	43.07	26.51	329.44	257.38
17	36.87	26.75	358.67	194.48
18	42.59	25.31	366.89	319.97
19	41.91	25.57	387.78	266.82
20	40.80	27.51	288.44	231.90
21	42.30	30.79	255.67	189.75
22	36.97	26.40	344.67	202.10
23	47.14	23.46	300.89	248.17
24	38.20	24.12	371.44	211.52
25	42.61	27.08	286.67	243.54
میانگین	41.45	26.90	333.75	239.49
حداقل	32.44	20.53	225.75	177.78
حداکثر	47.14	33.00	395.56	351.98
LSD(0.05)	5.04	5.67	90.05	70.65
LSD(0.01)	6.65	7.49	118.93	93.30

TKW: وزن هزار دانه، NGS: تعداد دانه در سنبله، NS: تعداد سنبله در مترمربع و GY: عملکرد دانه

TGW: thousand grain weight, NGS: number of grains per spike, NS: number of spikes per square meters, and GY: grain yield

تجزیه مسیر

دانه را دارا بود (جدول ۶). پس از وزن هزاردانه، تعداد

سنبله در متر مربع دارای بالاترین اثر مستقیم بر عملکرد

(۰/۷۱۹) بود. بیشترین اثر غیر مستقیم و منفی (۰/۲۸۷-)

بر عملکرد دانه توسط تعداد دانه در از طریق وزن هزاردانه

بود (جدول ۶). با توجه به نتایج تجزیه مسیر می‌توان

نتیجه گرفت، با این که همبستگی عملکرد دانه با اجزای

عملکرد بالا نبود، اما در تجزیه مسیر، این اجزا (وزن

می‌توان از طریق انتخاب غیر مستقیم اجزاء عملکرد باعث

افزایش عملکرد دانه گندم نان شد (Chandra et al.,

2004). در این بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم

صفات برای عملکرد دانه بر اساس ضرایب همبستگی

هریک از صفات با عملکرد دانه محاسبه گردید. وزن

هزاردانه بالاترین اثر مستقیم مثبت (۰/۷۲۴) بر عملکرد

هزاردانه و تعداد دانه در سنبله به همراه تعداد سنبله در متر مربع) اثر مستقیم بالایی روی عملکرد داشته و می‌توانند به عنوان معیارهایی برای انتخاب برای عملکرد دانه بالاتر، در نظر گرفته شوند. عبدالرضاکی و همکاران (Abdurezake *et al.*, 2024) در پژوهشی با هدف بررسی ارتباط بین عملکرد و ویژگی‌های مرتبط با آن در گندم، ضرایب مسیر را در هر دو سطح ژنوتیپی و فنوتیپی تحلیل کردند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر صفات مرتبط با عملکرد قرار دارد و بر این اساس، مطالعه آن‌ها اهمیت اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مورد بررسی بر عملکرد و اجزای عملکرد را نشان داده و انتخاب این صفات را برای

بهبود عملکرد دانه گندم در منطقه مورد مطالعه ضروری می‌سازد (Abdurezake *et al.*, 2024). همچنین در تحقیقی دیگر با استفاده از تجزیه علیت مشخص گردید که تعداد دانه و وزن هزاردانه از طریق یکدیگر، نقش بسزایی در پایداری عملکرد دانه در گندم دارد (Alipour *et al.*, 2021). نیستانی و همکاران (Neistani *et al.*, 2020) با توجه به نتایج پژوهش خود نشان دادند که تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه به ترتیب بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را دارا هستند.

جدول ۵- ماتریس همبستگی پیرسون بین صفات اندازه‌گیری شده در ۲۵ ژنوتیپ گندم نان

Table 5- Correlation matrix of the traits measured in 25 bread wheat genotypes

	TGW	NGS	NS	GY
TKW	1			
NSS	-0.396*	1		
NS	-0.222	-0.301	1	
GY	0.355	0.023	0.399*	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

TKW: وزن هزار دانه، NGS: تعداد دانه در سنبله، NS: تعداد سنبله در متر مربع و GY: عملکرد

دانه

** and * indicate significance at the 1% and 5% probability levels, respectively

TGW: thousand grain weight, NGS: number of grains per spike, NS: number of spikes per square meters and GY: grain yield

جدول ۶- اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات در تجزیه مسیر روابط بین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم

Table 6- The direct and indirect effects of traits in path analysis of relationships between grain yield and its related traits in 25 bread wheat genotypes under rain-fed conditions

متغیر وابسته Dependent variable	اثرات غیر مستقیم Indirect effects	اثر مستقیم Direct effect	همبستگی Correlation	R ²
	TGW NGS NS			
	TGW - -0.208 -0.160	0.724	0.355	
GY	NSS -0.287 - -0.216	0.526	0.023	0.556
	NS -0.161 -0.158 -	0.719	0.399*	

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

TKW: وزن هزار دانه، NGS: تعداد دانه در سنبله، NS: تعداد سنبله در متر مربع و GY: عملکرد دانه

*Significant at the 5% probability level

TGW: thousand grain weight, NGS: number of grains per spike, NS: number of spikes per square meters and GY: grain yield

تجزیه خوشه‌ای

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۲۵ ژنوتیپ گندم نان براساس صفات مورد بررسی به روش UPGMA و ضریب فاصله اقلیدسی در شکل ۲ آمده است. بر اساس نتایج تجزیه تابع تشخیص ژنوتیپ‌ها به دو گروه تقسیم شدند. طبق نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴ و ۱۸ در یک گروه و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه دوم جای گرفتند. با توجه به صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴ و ۱۸ به طور کلی دارای عملکرد دانه و اجزای عملکرد بالایی در شرایط دیم بودند که نشان‌دهنده سازگاری بالای این ژنوتیپ‌ها و در نتیجه مناسب بودن این ژنوتیپ‌ها برای کشت در مناطق دیم و پتانسیل بالای این نوتیپ‌ها برای برداشت عملکرد چشمگیر در این شرایط می‌باشد. همچنین گروه دوم نسبت به گروه اول عملکرد دانه پایین‌تری داشت و می‌توان گفت سازگاری و تحمل این ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی کمتر از گروه اول بوده است. مطالعات توانا و صبا (Tavan and Saba, 2017) نشان داد که با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در دو

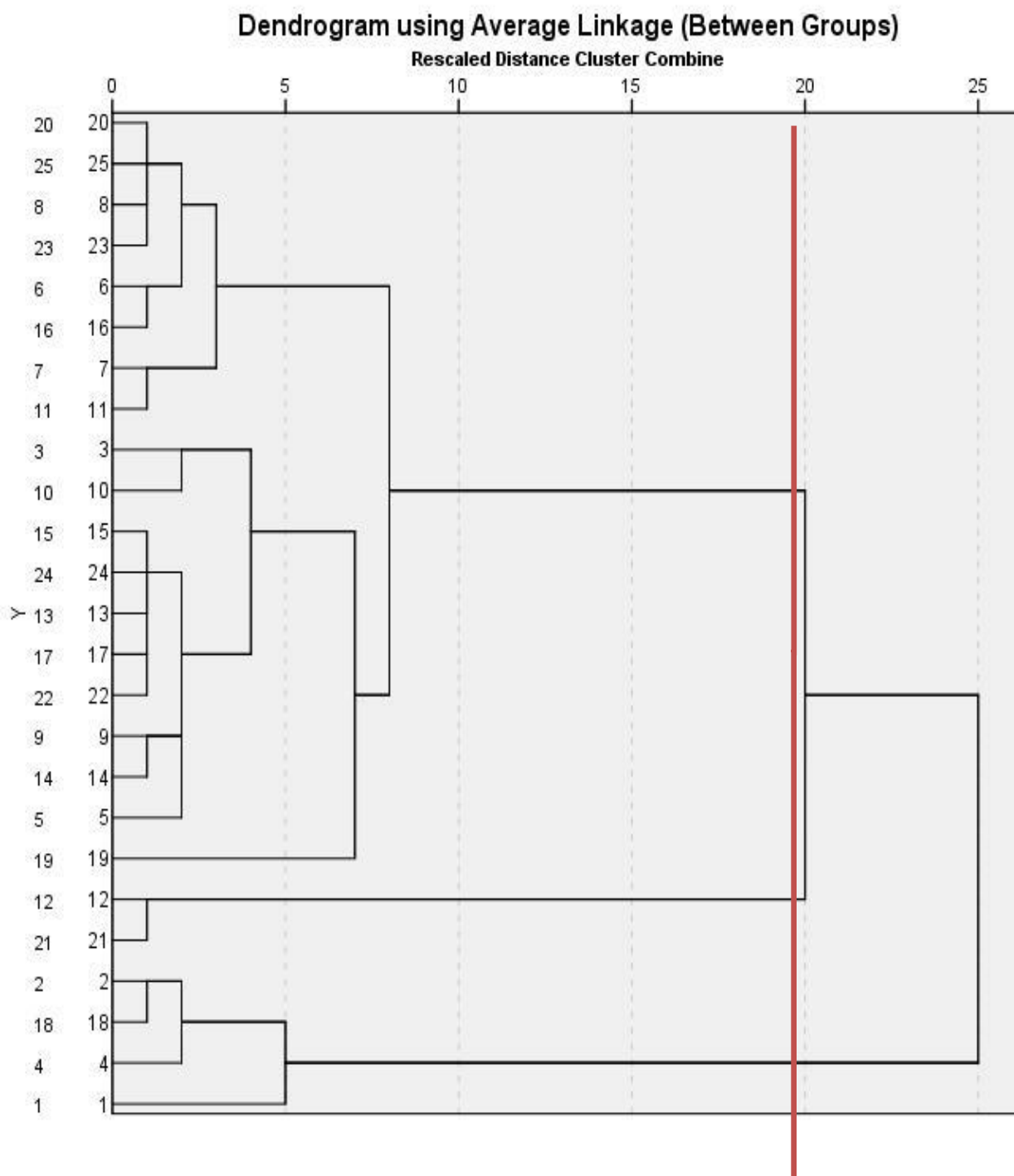
مرحله جداگانه برای صفات فنولوژیک و زراعی، می‌توان لاین‌های زودرس و لاین‌هایی که دارای ویژگی‌های زراعی مطلوب مانند ارتفاع گیاه، طول ریشک و بیوماس بیشتر هستند را به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی کرد. این ژنوتیپ‌ها از نظر صفاتی مانند تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مقادیر بالاتری داشتند. از آنجایی که این صفات وراثت‌پذیری و قابلیت انتخاب بالاتری دارند، می‌توان آن‌ها را به‌عنوان شاخص‌های مؤثر برای گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه در شرایط دیم پیشنهاد کرد (Tavana and Saba, 2017). پودل و همکاران (Poudel et al., 2017) در پژوهشی ۵۰ ژنوتیپ گندم نان را تحت تنش گرما بررسی نموده و مشاهدات آن‌ها نشان داد تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را به سه گروه تقسیم نمود. براساس نتایج، ژنوتیپ‌های متعلق به گروه برتر را می‌توان در پیشرفت و بهبود انواع ژنوتیپ‌های متحمل به گرما و سایر فعالیت‌های اصلاحی بسیار مفید دانست (Poudel et al., 2017). آراین و همکاران (Arain et al., 2018) بیان کردند تجزیه

ژنوتیپ‌ها به دلیل اثر مستقیم صفات وزن هزاردانه و تعداد سنبله در متر مربع دارای عملکرد بالایی بودند. همچنین این ژنوتیپ‌ها نسبت به دو رقم شاهد کشت شده نیز برتری نشان دادند. ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۴ و ۱۸ نیز بر اساس نتایج تجزیه کلاستر در یک گروه مشترک قرار گرفته‌اند. بنابراین این ژنوتیپ‌ها بر اساس نتایج این پژوهش می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد قابل قبول تحت شرایط دیم تلقی شده و برای برنامه‌های اصلاحی آینده مورد استفاده قرار گیرند.

کلاستر برای صفات کمی مختلف، اطلاعات مهمی در مورد تنوع ژنتیکی صفات مورد مطالعه در بین ژنوتیپ‌های گندم نشان می‌دهد و از این رو، انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالاتر بر اساس این صفات، می‌تواند برای برنامه‌های اصلاحی آتی مفید باشد.

نتیجه‌گیری:

نتایج مقایسات میانگین مجموع سه سال از نظر صفات عملکرد نشان‌داد ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۴ به طور کلی در شرایط دیم دارای عملکرد بالایی بوده و از نظر صفت وزن هزار دانه نیز دارای مقادیر بالا و قابل قبولی بودند. این



شکل ۲- نمودار تجزیه خوشه‌ای در ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم بر اساس صفات زراعی به روش

UPGMA و فاصله اقلیدسی

Figure 2- Cluster analysis diagram of 25 bread wheat genotypes under rain-fed conditions based on agronomic traits by UPGMA method and Euclidean distance

References

- Abdurezake, M., Bekeko, Z., & Mohammed, A. 2024. Genetic variability and path coefficient analysis among bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for yield and yield-related traits in bale highlands, southeastern Ethiopia. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 7(2), 20515. <https://doi.org/10.1002/agg2.20515>
- Ahmadi, J., Vaezi, B., & Pourabugadareh, A. 2016. Evaluation of Forage Yield Stability of Advanced Lines of Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.) Using Parametric and Non-parametric Methods. *Crop Breeding*, 8 (17), 149-159. [In Persian]
- Akram, M. 2011. Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stages. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36(3), 455-468. <http://dx.doi.org/10.3329/bjar.v36i3.9264>
- Alipour, H., Abdi, H., & Bihamta, M.R. 2021. Path analysis of wheat grain yield with overcoming mult-collinearity of traits. *Journal of Crop Breeding*, 13(39), 122-129. [In Persian]
- Amiri, R., Bahraminejad, S., & Sasani, S. 2013. Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in nonstress and terminal drought stress conditions. *Cereal Research*, 2(4), 289-305. [In Persian].
- Arain, S. M., Sial, M. A., Jamali, K. D., & Laghari, K.A. 2018. Grain yield performance, correlation, and luster analysis in elite bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Acta Agrobotanica*, 71(4), 123-130. <https://doi.org/10.5586/aa.1747>
- Chandra, D., Islam, M.A., & Barma, N.C.D. 2004. Variability and interrelationship of nine quantitative characters in F5 bulks of five wheat crosses. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(6), 1040-1045. [10.3923/pjbs.2004.1040.1045](https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1040.1045)
- Jalal Kamali, M.R., Najafi Mirk, T., & Asadi, H. 2013. Wheat. (1st ed). Karaj, Iran: Agricultural Education Publishing. [In Persian]
- Javed, A., Ahmad, N., Ahmed, J., Hameed, A., Ashraf, M.A., Zafar, S.A., Maqbool, A., Al-Amrah, H., Alatawi, H.A., Al-Harbi, M.S., & Ali, E.F. 2022. Grain yield, chlorophyll and protein contents of elite wheat genotypes under drought stress. *Journal of King Saud University-Science*, 34(7), 102279. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102279>
- Mohammady, S., Heidari, Z., & Hooshmand, S. 2014. The determination of chromosomes involved in controlling epicuticular wax, water statues and stomatal characteristics using selected wheat substitution lines under water-stress conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(6), 1325-1333. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1511-2>
- Nazari, H., Rostaii, M., & Alavi-Siney, S. M. 2023. Selection of superior bread wheat lines under rainfed condition of Zanjan based on moroho-phenological traits. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 2(16), 547-560. [In Persian].
- Neistani, E., Makarian, H., Ameri, A.A., & Heidari, M. 2020. Investigating the relationship between yield and yield components of different genotypes rainfed wheat. *Journal of Plant Ecophysiology*, 12(40), 82-90. [In Persian].
- Popović, V., Ljubičić, N., Kostić, M., Radulović, M., Blagojević, D., Ugrenović, V., Popović, D., & Ivošević, B. 2020. Genotype× environment interaction for wheat yield traits suitable for selection in different seed priming conditions. *Plants*, 9(12), 1804. <https://doi.org/10.3390/plants9121804>

- Poudel, A., Thapa, D. B., & Sapkota, M. 2017. Cluster analysis of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based upon response to terminal heat stress. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 5(2), 188-193. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v5i2.17614>
- Saba, J., Tavana, S., Qorbanian, Z., Shadan, E., Shekari, F., & Jabbari, F. 2018. Canonical correlation analysis to determine the best traits for indirect improvement of wheat grain yield under terminal drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(5), 1037-1048. [In Persian].
- Shahizadeh, A., Asghari Zakaria, R., Ghasemi, M., & Sheikhzadeh Mosaddeq, P. 2024. Evaluation of yields and grain filling speeds of bread wheat genotypes under end-of-the-season drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 16(3), 25-36. [In Persian].
- Sharma, I., Tyagi, B. S., Singh, G., Venkatesh, K., & Gupta, O. P. 2015. Enhancing wheat production-A global perspective. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85(1), 03-13. <https://doi.org/10.56093/ijas.v85i1.45935>
- Tarinejad, A.R., Rashidi, V., & Aghlmand, N. 2019. Yield stability and yield components of bread wheat genotypes using AMMI method. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(2), 319-331. [In Persian].
- Tavana, Sh., & Saba, J. 2017. Grouping wheat Lines and their Group Selection under Rainfed Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 20(8), 159-164. [In Persian].
- Xu, Z., Lai, X., Ren, Y., Yang, H., Wang, H., Wang, C., Xia, J., Wang, Z., Yang, Z., Geng, H., & Shi, X., 2023. Impact of drought stress on yield-related agronomic traits of different genotypes in spring wheat. *Agronomy*, 13(12), 2968. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122968>
- Yan, W., & Kang, M.S. 2003. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, Geneticists and Agronomists. 1st Ed., CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, pp: 271. <https://doi.org/10.1201/9781420040371>.
- Yarahmadi, S., Nematzadeh, G. A., Sabouri, H., & Najafi Zarrini, H. 2020. Selection of agromorphological traits related to spring wheat yield in rainfed conditions as selection indices. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(4), 1019-1030. [In Persian].