Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 2, 2025 p: 140-151 OPEN ACCESS

Research Paper

# Determining the Traits Affecting Grain Yield in Bread Wheat under Rainfed Conditions

**Ramin Sadegh Ghol Moghadam[1], Jalal Saba[2], Farid Shekari[2], Mozafar Roustaii[3]**

1- Ph.D., Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, (Corresponding author: s.moghadam@znu.ac.ir)
2- Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3- Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

Received: 22 September, 2024 Revised: 10 November, 2024 Accepted: 8 February, 2025

## Extended Abstract

**Background:** One of the main elements of sustainable development of any country is to provide enough food at a suitable price for the people of that society. Cereals and their products are the main part of most human diets in developed and developing countries, which constitute a major part of dietary energy and nutrients. Wheat (Triticum aestivum L.) is one of the most widely used crops in the world and has the second highest production in grains following corn. Wheat provides approximately 20% of calories and protein to 4.5 billion people in various forms. Climate change poses a significant threat to most agricultural products in tropical and subtropical regions worldwide. Drought stress is one of the consequences of climate change that negatively affects the growth and yield of wheat. The predictions of climate change models show that the average global temperature will increase between 0.5 and 3.7 °C by the end of 2100. The simultaneous effects of increasing temperature and decreasing rainfall are expected to increase the intensity and frequency of drought. It is also expected that the effects of climate change on agricultural products will be more severe in arid and semi-arid regions, such as Iran. Hence, it is necessary to create new cultivars with high yield in regions exposed to drought. Thus, agro-morphological traits affecting grain yield under dry conditions were evaluated in winter wheat cultivars of 24 lines and cultivars of bread wheat.

**Methods:** The experiment was conducted in a complete randomized block design with three replications under rainfed conditions. In this study, 12 advanced lines along with the WAZ line and 11 autumn wheat cultivars, named Sardari, Homa, Azar2, Takab, Ouhadi, Rasad, Hashtrood, Baran, Sain, Sadra, and Cross Sabalan, were evaluated in the Research Field of the Faculty of Agriculture, Zanjan University, during the agricultural year 2017-2018. For this purpose, traits such as days to booting, days to heading, days to anthesis, days to physiological maturity, relative leaf water content (RWC), canopy temperature difference, plant height, spike length, peduncle length, peduncle extrusion, number of spike per $m^2$, spikelets per spike, number of grain per spike, thousand kernel weight, grain yield, biomass, and harvest index were measured in this study. Data were analyzed after measuring the traits, and the averages were compared using Duncan's method. The relationships between traits were investigated using multivariate statistical analyses, including correlation analysis, regression analysis, and principal component analysis (PCA).

**Results:** The results of the analysis of variance and mean comparisons revealed high variability among genotypes for most of the measured traits. There was a significant difference between the genotypes in terms of all traits, except for RWC, canopy temperature difference, number of spikes per square meter, and thousand-kernel weight. The results of Duncan's mean comparison showed that the highest grain yield belonged to the Hashtrood variety. The Cross Sablan variety was identified as the latest tern variety, and line 8 as the earliest genotype in this study. Among the investigated genotypes, line 2 was the highest genotype. The results of correlation analysis showed a high and significant positive correlation between grain yield and the number of seeds per spike and a negative and significant correlation between yield and spike length. The number of seeds per spike had a positive and significant correlation with the harvest index. Moreover, the number of seeds per spike had a negative and significant correlation with the thousand kernel weight and the number of spikes per square meter. RWC showed a positive and significant correlation with peduncle length. The results of stepwise regression analysis, considering grain yield trait as a dependent variable and other traits as independent variables, showed that four variables (the number of seeds per spike, the number of spikes per square meter, thousand kernel

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

Copyright ©2025 Sadegh Ghol Moghadam et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

weight, and spike length) accounted for 93.8% of grain yield changes. The results of PCA showed that the first five components had an eigenvalue higher than one and accounted for the largest amount of variance, so that the first five components had 80.21% of the total variance. In addition, the first, second, third, fourth, and fifth components accounted for 22.03, 19.12, 17.46, 13.05, and 8.55% of the total variance, respectively. Based on the PCA results, the number of seeds per spike, grain yield, and harvest index were positively related to the second component.
**Conclusion:** In rainfed conditions, high vegetative growth and high biomass production cause the complete drainage of moisture in the early growing season, and the plant faces severe stress after the pollination stage, severely reducing the yield. On the other hand, genotypes with a short spike length but with a more number of spikes per square meter and a more number of seeds per square meter showed a higher grain yield, and these genotypes can be used for crossing in future breeding programs.

**Keywords:** Bread wheat, Drought tolerance, Grain yield, Spike length, Stepwise regression

**How to Cite This Article:** Sadegh Ghol Moghadam, R., Saba, J., Shekari, F., & Roustaii, M. (2025). Determining the Traits Affecting Grain Yield in Bread Wheat under Rainfed Conditions. *J Crop Breed,* 17(1), 140-151. DOI: 10.61882/jcb.2024.1538

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

مقاله پژوهشی

# تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در گندم نان تحت شرایط دیم

رامین صادق قول مقدم[۱]، جلال صبا[۲]، فرید شکاری[۲]، مظفر روستایی[۳]

۱- دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، (نویسنده مسوول: s.moghadam@znu.ac.ir)
۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳- دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰
صفحه: ۱۴۰ تا ۱۵۱

**چکیده مبسوط**

**مقدمه و هدف:** از جمله ارکان اصلی توسعه پایدار هر کشور، تأمین غذای کافی با قیمت مناسب برای افراد آن جامعه است. غلات و تولیدات آن بخش اصلی اکثر رژیم‌های غذایی انسان در کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه هستند که بخش عمده‌ای از انرژی و مواد مغذی رژیم غذایی را تشکیل می‌دهند. گندم یکی از مهمترین گیاهان زراعی در دنیا است که بالاترین تولید بعد از ذرت به آن تعلق دارد. گندم تقریباً ۲۰ درصد از کالری و پروتئین را برای ۴/۵ میلیارد نفر در اشکال مختلف تأمین می‌کند. تغییرات آب و هوایی یک تهدید بزرگ برای اکثر محصولات کشاورزی هستند که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری در سطح جهان رشد می‌کنند. تنش خشکی یکی از پیامدهای تغییرات اقلیمی است که تأثیر منفی بر رشد و عملکرد گندم دارد. پیش‌بینی‌های مدل‌های تغییرات آب و هوایی نشان می‌دهند که میانگین دمای جهانی تا پایان سال ۲۱۰۰ بین ۰/۵ تا ۳/۷ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. با توجه به تأثیرات همزمان افزایش دما و کاهش بارندگی، انتظار می‌رود که شدت و فراوانی خشکسالی افزایش یابد. همچنین انتظار می‌رود که تأثیرات تغییرات آب و هوایی بر تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران شدیدتر باشند. از این‌رو تولید ارقام جدید با عملکرد بالا در مناطقی که با خشکی مواجه هستند، ضروری است. بنابراین، به‌منظور تعیین صفات زراعی مورفولوژیکی موثر بر عملکرد دانه در شرایط دیم در ارقام گندم زمستانه، ۲۴ لاین و رقم گندم نان مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم انجام گردید. در این تحقیق، ۱۲ لاین پیشرفته به‌همراه لاین WAZ و ۱۱ رقم گندم دیم پاییزه به نام‌های سرداری، هما، آذر۲، تکاب، اوحدی، رصد، هشترود، باران، سائین، صدرا و کراس سبلان در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ مورد ارزیابی قرار گرفتند. به این‌منظور، صفات روز تا آبستنی، روز تا ظهور سنبله، روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، اختلاف دمای کانوپی، ارتفاع، طول سنبله، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. بعد از اندازه‌گیری صفات، تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام و میانگین‌ها به روش دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. به‌منظور بررسی روابط بین صفات، تجزیه‌های آماری چندمتغیره شامل تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شدند.

**یافته‌ها:** نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نشان دادند که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمامی صفات به غیر از محتوای نسبی آب برگ، اختلاف دمای کانوپی، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت که بیانگر تنوع بالا میان ژنوتیپ‌ها برای اکثر صفات اندازه‌گیری شده بود. نتایج مقایسه میانگین آزمون دانکن نشان دادند که بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به رقم هشترود بود. رقم کراس سبلان به عنوان دیررس‌ترین رقم و لاین شماره ۸ به‌عنوان زودرس‌ترین ژنوتیپ در این بررسی شناسایی شدند. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، لاین شماره ۲ پابلندترین ژنوتیپ بود. نتایج تجزیه همبستگی نشان دادند که همبستگی مثبت بالا و معنی‌داری بین عملکرد با تعداد دانه در سنبله و همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد و طول سنبله وجود داشت. تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص برداشت داشت. همچنین، تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن هزار دانه و تعداد سنبله در متر مربع داشت. محتوای نسبی آب برگ با طول پدانکل همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان دادند که چهار متغیر تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و طول سنبله ۹۳/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان دادند که پنج مؤلفه اول دارای مقدار ویژه بالاتر از یک بودند و بیشترین میزان واریانس را به‌خود اختصاص دادند به‌طوری‌که پنج مؤلفه اول ۸۰/۲۱ درصد از واریانس کل را توجیه کردند. علاوه بر این، مؤلفه‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به‌ترتیب ۲۲/۰۳، ۱۹/۱۲، ۱۷/۴۶، ۱۳/۰۵ و ۸/۵۵ درصد از واریانس کل را به‌خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، صفات تعداد دانه در سنبله، عملکرد و شاخص برداشت با ضریب مثبت با مؤلفه دوم مرتبط بودند.

**نتیجه‌گیری:** در شرایط دیم، رشد رویشی زیاد و تولید زیست‌توده بالا سبب تخلیه کامل رطوبت در اوایل فصل رشد شد که گیاه بعد از مرحله گرده‌افشانی با تنش شدید مواجه شد و عملکرد به‌شدت کاهش یافت. از طرفی، ژنوتیپ‌هایی که طول سنبله کوتاه‌تر اما تعداد سنبله در متر مربع بیشتر با تعداد دانه در متر مربع بیشتر داشتند، عملکرد دانه بالاتری داشتند که می‌توان از این ژنوتیپ‌ها برای تلاقی در برنامه‌های به‌نژادی آینده استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تحمل خشکی، عملکرد دانه، رگرسیون گام به گام، طول سنبله، گندم نان

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

**مقدمه**

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین محصول خانواده غلات است که به‌شکل بسیار وسیعی در جهان کشت می‌گردد و بخش قابل‌توجهی از پروتئین و کالری مورد نیاز روزانه جمعیت جهان را تأمین می‌کند (Bahamin *et al*., 2021). نوع خاک، دما، pH، مواد آلی، رژیم رطوبتی و غیره بر عملکرد گندم تأثیر قابل‌توجهی دارند. تقاضای رو به افزایش برای غذا و مسائل چندبعدی گرم شدن جهان سبب شده‌اند که کشت گندم در محیط‌های دارای تنش خشکی نیز گسترش یابد که می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تعداد صفات روز تا ظهور سنبله، درصد تشکیل دانه، تعداد روز تا رسیدگی، نرخ رشد دانه و در نهایت محصول کلی دانه داشته باشد (Ahlawat *et al*., 2022). خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده است که کشاورزان تمام جهان با آن مواجه هستند. خشکی همه‌ساله موجب خسارت عمده‌ای به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه می‌گردد و با روند فعلی تغییرات آب و هوایی جهانی، به احتمال زیاد منجر به خسارت‌های بیشتری نیز خواهد شد (Dehbalaei *et al*., 2023). اثرات تنش خشکی بسیار پیچیده هستند که بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارند و همچنین برخی از فعالیت‌های حیاتی در گیاهان، مانند جذب مواد غذایی از ریشه و انتقال آن به اندام هوایی، در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابند زیرا سرعت تعرق و نفوذپذیری غشاء محدود می‌شود (Heiba *et al*., 2021).

تأثیر تنش خشکی بر زندگی گیاهان اصولاً به مقدار آب برای جذب مواد غذایی و انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی وابسته است. علاوه بر این، کمبود آب در طول دوره رشد گیاه، به گیاه هشدار می‌دهد که روزنه‌های خود را ببندد تا از اتلاف آب از طریق تعرق جلوگیری کند. این اقدام موجب افزایش دمای گیاه می‌شود و پیامدهای تنش را تشدید می‌کند (Haworth *et al*., 2018). یک مسئله‌ی بسیار مهم برای بهبود افزایش عملکرد گیاهان مقاوم به تنش کم‌آبی، تطابق و سازگاری گیاهان زراعی به تنش کم‌آبی است. مرحله رشد، ژنوتیپ، مدت و شدت وقوع تنش و فرآیندهای فیزیولوژیکی رشد می‌توانند بر واکنش گیاهان زراعی به تنش کم‌آبی تأثیرگذار باشند (Huang *et al*., 2015). یکی از راه‌های بسیار مؤثر ارتقاء عملکرد در واحد سطح تحت شرایط تنش، به‌نژادی و معرفی ارقام گندم متحمل به تنش خشکی با خصوصیات مورفولوژیکی و فنولوژیکی مناسب برای این شرایط است (Roustaii *et al*., 2021). تعیین ویژگی‌های اصلی زراعی و اجزای عملکرد دانه گندم، و بررسی ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه باعث می‌شود تا ارقام مناسب برای انتخاب و استفاده در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح انتخاب شوند. انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط تنش خشکی به‌علت وراثت‌پذیری پایین عملکرد و وجود برهمکنش بالای ژنوتیپ در محیط، پیچیده و مشکل است (Blum, 2005). از سوی دیگر، یکی از چالش‌های مهم در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در یک برنامه به‌نژادی، همبستگی نامطلوب بین صفات است (Xu *et al*., 2017; Yan and Frégeau-Reid, 2018). بنابراین، به‌نژادگران به‌منظور بهبود عملکرد دانه، به‌نژادی را از طریق گزینش غیرمستقیم صفاتی که با عملکرد همبستگی دارند، انجام می‌دهند (Dorrani-Nejad *et al*., 2022; Kirigwi *et al*., 2004). در تحقیقات مختلف، صفات مورفولوژیک گیاهان به‌عنوان نشانگرهایی برای تحلیل تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه در گیاهان، مورد توجه قرار گرفته‌اند. در گندم، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد گزارش شده است به‌طوری‌که تعداد دانه در واحد سطح عامل مهمی در افزایش عملکرد دانه در گندم است (Hall & Richards, 2013). شدت تنش و طول دوره تنش خشکی از طریق کاهش طول دوره رشد، پرشدن دانه و کاهش اجزای عملکرد، تعیین‌کننده میزان کاهش عملکرد دانه هستند (Nazari *et al*., 2022). محققین مختلف گزارش کرده‌اند که تنش خشکی منجربه کاهش ارتفاع بوته، کاهش سرعت رشد، کاهش تعداد سنبله در متر مربع، کاهش تعداد دانه در سنبله، کاهش پارامترهای کیفیت دانه و در نهایت، کاهش قابل توجه عملکرد دانه می‌شود (Amalova *et al*., 2021; Xu *et al*., 2023; Zhang *et al*., 2018).

با توجه به اهمیت محصول گندم نان در تأمین غذای جهان و نیاز به توسعه روش‌های جدید برای افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی، ضروری است تا صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد دانه در گندم نان تحت شرایط دیم به دقت مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. این اطلاعات می‌توانند به پژوهش‌های آینده برای توسعه ژنوتیپ‌هایی با تحمل بیشتر به تنش خشکی کمک کنند و در توسعه روش‌های بهینه کشت و تولید محصولات گندم نان در شرایط دیم مؤثر باشند. لذا، پژوهش حاضر با هدف تعیین روابط بین صفات و شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم نان تحت شرایط دیم با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره انجام شد.

**مواد و روش‌ها**

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم انجام شد. در این تحقیق، ۱۲ لاین پیشرفته (حاصل از تلاقی مابین ۱۶ لاین گندم داخلی و خارجی به دو صورت تلاقی‌های متقارب (برای تشکیل یک جمعیت منبع) و تلاقی‌های دو به دو (برای تشکیل هشت جمعیت) انجام گردید و طی چندین سال گزینش در جمعیت‌های حاصل به‌روش مخلوط بالک- شجره‌ای، ۱۲ لاین پیشرفته حاصل شدند. به‌همراه لاین WAZ و ۱۱ رقم گندم دیم پاییزه به نام‌های سرداری، هما، آذر۲، تکاب، اوحدی، رصد، هشترود، باران، سائین، صدرا و رقم پراو مورد ارزیابی قرار گرفتند. خاک مزرعه از نوع بافت لوم-رسی بود. برای اجرای آزمایش، قبل از رسیدن فصل کشت با استفاده از گاوآهن پنجه غازی و دیسک نسبت به شخم و نرم کردن خاک و کشت ارقام در کرت‌ها آزمایشی اقدام شد. میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهیانه محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. در این آزمایش هر واحد آزمایشی شامل چهار خط ۱/۵ متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. کاشت بذور با تراکم ۳۵۰ بوته در

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

متر مربع در اواسط مهر به‌صورت دستی انجام شد. نیازهای کودی خاک با توجه به آزمون خاک و حدود بحرانی گیاه گندم محاسبه و به خاک اضافه شد. به این منظور قبل از کاشت، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات به خاک اضافه شدند. تمام کود فسفره از منبع فسفات آمونیوم و کود ازته از منبع نیترات آمونیوم تأمین گردیدند. با در نظر گرفتن پنج بوته از هر ژنوتیپ در هر چهار ردیف به صورت تصادفی، اندازه‌گیری صفات مختلف در طی مراحل مختلف رشد گیاه و پس از برداشت انجام پذیرفت. در این مطالعه، صفات فنولوژیک شامل روز تا آبستنی (فاصله زمانی بین کاشت تا رسیدن ۵۰ درصد بوته‌های هر یک از واحدهای آزمایشی به مرحله آبستنی یادداشت گردید)، روز تا ظهور سنبله (فاصله زمانی بین کاشت تا ظهور سنبله در ۵۰ درصد بوته‌های هر یک از واحدهای آزمایشی ثبت شد)، روز تا گرده‌افشانی (فاصله زمانی بین کاشت تا گرده‌افشانی ۵۰ درصد سنبله‌های واحدهای آزمایشی یادداشت شد) و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (فاصله زمانی بین کاشت تا زمان زرد شدن کامل ۵۰ درصد سنبله‌ها در هر یک از واحدهای آزمایشی به عنوان صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ثبت شد)، صفات فیزیولوژیک شامل روز تا آبستنی، روز تا ظهور سنبله، روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، صفات فیزیولوژیک شامل محتوای نسبی آب برگ (RWC) و اختلاف دمای کانوپی و صفات اگرومورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل، طول بیرون‌آمدگی پدانکل، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ، نمونه‌برداری دو هفته بعد از گرده‌افشانی (در زمان پرشدن دانه) انجام گرفت. به این‌منظور، تعداد یک برگ پرچم از هر واحد آزمایشی با رعایت اثرات حاشیه انتخاب شد. این برگ‌ها در داخل کیسه های نایلونی در داخل کلمن یخ به سرعت به آزمایشگاه منتقل گردیدند. ابتدا وزن تر آن‌ها اندازه گیری شد. سپس برگ‌ها به‌منظور تعیین وزن تورژسانس به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق، در داخل آب مقطر قرار داده شدند و در پایان به‌منظور تعیین وزن خشک به‌مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای $70^{\circ}C$ قرار گرفتند. RWC از طریق رابطه ۱ بر حسب درصد به‌دست آمد (Bajji *et al*., 2001). دمای کانوپی توسط دماسنج مادون قرمز دستی اندازه‌گیری شد. دمای محیط نیز با یک دماسنج مرسوم در ارتفاعی حدود ارتفاع پوشش گیاهی جهت تعیین اختلاف دمای محیط و دمای کانوپی (Tc- Ta) اندازه‌گیری گردید و اختلاف این دو به‌عنوان اختلاف دمای کانوپی $\Delta T$ منظور شد. اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۹ تا ۱۱ صبح و طی دو مرحله گرده‌افشانی و بعد از گرده‌افشانی انجام شدند (Tambussi *et al*., 2005). فاصله سطح خاک تا نوک سنبله، بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها، در ساقه اصلی پنج بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی برحسب سانتیمتر اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع بوته در نظر گرفته شد. فاصله یقه سنبله اصلی (ابتدای سنبله) تا نوک آن، بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها، در پنج بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها عنوان طول سنبله اصلی منظور گردید. فاصله آخرین گره تا گره سنبله به‌عنوان طول پدانکل در نظر گرفته شد. بیرون‌زدگی پدانکل با اندازه‌گیری فاصله پهنک برگ پرچم تا گره سنبله یادداشت‌برداری شد. پس از جداسازی دانه‌ها، تعداد دانه در هریک از سنبله‌های اصلی در پنج بوته توسط دستگاه بذرشمار لیزری شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در سنبله اصلی ثبت گردید. برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه، تعداد ۱۰۰۰ عدد بذر با استفاده از دستگاه بذر شمار مورد شمارش قرار گرفت و با دقت یک ده‌هزارم گرم وزن گردید. پس از برداشت و جدا کردن دانه از کاه، وزن دانه برای هر واحد آزمایشی با دقت یک‌صدم توزین و برحسب گرم در متر مربع ثبت شد. وزن کل بخش هوایی هر واحد آزمایشی پس از برداشت با ترازو اندازه‌گیری شد و بر حسب گرم در متر مربع به‌عنوان زیست‌توده ثبت گردید. نسبت عملکرد دانه به زیست‌توده در هر واحد آزمایشی به‌عنوان شاخص برداشت و به‌صورت درصد با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (Dawo *et al*., 2007).

رابطه (۱)

$$RWC = [(\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}) / (\text{وزن تورژسانس} - \text{وزن خشک})] \times ۱۰۰$$

رابطه (۲)

$$\text{شاخص برداشت} = (\text{عملکرد دانه} / \text{زیست‌توده}) \times ۱۰۰$$

جدول ۱- میانگین بارش و میانگین دما در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

Table 1. The averages of precipitation and temperature in the crop year 2016-2017

| سال Year | ۱۳۹۶ 2016 | | | | | | ۱۳۹۷ 2017 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ماه Month | مهر October | آبان November | آذر December | دی January | بهمن February | اسفند March | فروردین April | اردیبهشت May | خرداد June | تیر July |
| میزان بارش (mm) Precipitation | 0 | 11.7 | 20 | 17.5 | 70.3 | 26.8 | 14.2 | 62 | 23.2 | 0 |
| میانگین‌دما (°C) Average temperature | 15.7 | 12.7 | 3.8 | 5.5 | 2.3 | 7.5 | 11.8 | 13.3 | 19.3 | 26.3 |

بعد از اندازه‌گیری صفات، تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند. به‌منظور بررسی روابط بین صفات، تجزیه‌های آماری چندمتغیره شامل تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹ و SPSS نسخه ۲۱ انجام گرفتند.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان دادند که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمامی صفات، به غیر از محتوای نسبی آب

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

برگ، اختلاف دمای کانوپی، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه اختلافات معنی‌داری وجود داشتند (جدول ۲). این موضوع نشان‌دهنده وجود تنوع مطلوب بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد بررسی و احتمال وجود سازوکارهای مختلف بین آن‌ها در واکنش به تنش خشکی است که در مطالعات آینده می‌توان از این صفات بهره برد. وجود تنوع در بین ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ صفات فنولوژیک و مورفولوژیک در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Ahmadizadeh *et al*., 2011; Chachar *et al*., 2014). در حقیقت، وجود تنوع ژنتیکی در صفات مرتبط با شرایط تنش کم‌آبی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و درک بهینه سازوکارهای مرتبط با تحمل به کم‌آبی در گندم مؤثر است (Majidi-Mehr *et al*., 2023). عدم معنی‌داری صفاتی همچون محتوای نسبی آب برگ، اختلاف دمای کانوپی، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزار دانه را می‌توان به وجود تنش شدید خشکی بلافاصله بعد از مرحله گرده‌افشانی نسبت داد. با نگاهی به آمار بارندگی و دما در سال زراعی آزمایش (جدول ۱) مشاهده می‌شود که تا قبل از مرحله گرده‌افشانی (اردیبهشت)، دما و بارندگی به‌صورت مطلوب بودند و این عامل سبب شد تا رشد رویشی گیاه به‌خوبی انجام شود. اما بلافاصله بعد از گرده‌افشانی، گیاه با افزایش دما و کاهش بارندگی مواجه شد و به‌دلیل زیست‌توده بالایی که تولید کرده بود تخلیه رطوبت خاک به‌سرعت انجام شد و گیاه با تنش شدید مواجه شد به‌طوری‌که با بستن روزنه‌ها محتوای نسبی آب برگ در تمام ژنوتیپ‌ها ثابت ماند. از طرفی، بسته شدن روزنه‌ها سبب ثابت ماندن اختلاف دمای کانوپی شد و نهایتاً دانه‌های ریز با وزن هزار دانه کم تولید شدند. هر چند که گیاه با سازوکار بستن روزنه‌ها از هدررفت آب جلوگیری می‌کند اما برای تولید عملکرد مطلوب نیاز است تا فتوسنتز انجام شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در اثر تنش شدید و تخلیه رطوبتی سریع خاک این امر محقق نشد و سبب معنی‌دار نشدن صفات یادشده شد.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) به‌روش دانکن نشان دادند که بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به رقم هشترود (۵۷/۵۳ گرم در متر مربع) و کمترین میزان عملکرد مربوط به لاین شماره ۵ (۲۱/۰۵ گرم در متر مربع) بودند. لاین شماره ۱۲ با دارا بودن ۱۲/۰۵ دانه در سنبله بیشترین مقدار و لاین شماره ۵ با دارا بودن ۴/۶ دانه در سنبله کمترین مقدار تعداد دانه در سنبله را به‌خود اختصاص دادند. رقم کراس سبلان به‌عنوان دیررس‌ترین رقم (۲۳۱/۳۳ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) و لاین شماره ۸ (۲۲۵ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) به‌عنوان زودرس‌ترین ژنوتیپ در این بررسی شناسایی شدند. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، لاین شماره ۲ (۵۲/۸ سانتی‌متر) پابلندترین ژنوتیپ بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم

Table 2. Variance analysis of the traits in bread wheat genotypes under rainfed conditions

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی Degree of freedom | میانگین مربعات Mean of squares | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد روز تا آبستنی Days to booting | تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading | تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis | تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity | محتوای نسبی آب برگ Relative water content | اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference | ارتفاع بوته Plant height | طول سنبله Spike length |
| تکرار Replication | 2 | 26.05 | 16.16 | 2.05 | 8.43 | 154.11 | 5.05 | 114.04 | 1.28 |
| ژنوتیپ Genotype | 23 | 30.63** | 33.18** | 11.38** | 7.93** | 74.42ns | 0.82ns | 35.22** | 0.47** |
| خطا Error | 46 | 5.41 | 2.65 | 1.05 | 1.51 | 46.03 | 0.91 | 10.43 | 0.18 |
| ضریب تغییرات Coefficient of variation | - | 1.21 | 0.82 | 0.50 | 0.54 | 8.3 | 11.5 | 7.05 | 6.36 |

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی Degree of freedom | میانگین مربعات Mean of squares | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | طول پدانکل Peduncle length | طول بیرون‌آمدگی پدانکل Peduncle extrusion | تعداد سنبله در متر مربع Number of spike per $m^2$ | تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike | وزن هزار دانه Thousand-kernel weight | عملکرد دانه Grain yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index |
| تکرار Replication | 2 | 28.30 | 10.85 | 5719.80 | 2.21 | 44.53 | 318.70 | 2022.46 | 26.38 |
| ژنوتیپ Genotype | 23 | 10.21** | 5.92** | 1216.96ns | 14.48** | 21ns | 172.87* | 1765.11** | 42.20** |
| خطا Error | 46 | 3.24 | 1.70 | 807.96 | 4.06 | 19.31 | 83.97 | 417.74 | 13.99 |
| ضریب تغییرات Coefficient of variation | - | 11.73 | 11.5 | 13.81 | 23.85 | 19.33 | 24.16 | 8.72 | 22.92 |

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ — ns ,* and **: significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم

Table 3. Mean comparisons for different traits in bread wheat genotypes under dry conditions

| ژنوتیپ genotype | تعداد روز تا آبستنی Days to booting | تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading | تعداد روز تا گرده افشانی Days to anthesis | تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity | ارتفاع بوته Plant height | طول سنبله Spike length | طول پدانکل Peduncle length | طول بیرون آمدگی پدانکل Peduncle extrusion | تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike | عملکرد دانه Grain yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لاین ۱ Line 1 | 195.0 a | 201.333 ab | 203.33 d-f | 227.66 b-f | 48.06 a-f | 7.2 a-e | 17.28 a-c | 4.77 a-d | 6.59 d-h | 35.16 b-e | 275 ab | 12.63 d-f |
| لاین ۲ Line 2 | 187.3 bc | 197.33 d-f | 202.33 f-g | 225.33 fg | 52.8 a | 7.21 a-e | 18.89 a | 5.4 a-c | 10.13 a-d | 40.64 a-d | 245.83 b-d | 16.41 b-f |
| لاین ۳ Line 3 | 193.7 a | 201 ab | 203.66 d-f | 228.33 b-d | 50.27 a-c | 6.6 b-g | 16.59 a-d | 5.60 ab | 10.57 a-c | 43.88 a-d | 233.33 d-e | 18.42 b-e |
| لاین ۴ Line 4 | 193.7 a | 200 a-e | 203.33 d-f | 227.33 c-g | 49.83 a-c | 7.38 a-c | 18.47 ab | 6.08 a | 5.19 gh | 28.26 c-e | 245.83 b-d | 11.67 ef |
| لاین ۵ Line 5 | 191.0 ab | 197 e-f | 204.66 b-e | 225.33 fg | 44.96 b-h | 7.48 a | 12.29 e | 1.26 f | 4.66 h | 21.05 e | 212.5 de | 9.90 f |
| لاین ۶ Line 6 | 194.3 a | 201 ab | 205.66 a-c | 226.33 d-g | 42.83 e-h | 6.98 a-f | 15.26 b-e | 2.86 c-f | 9.01 a-g | 30.60 b-e | 218.89 c-e | 13.89 c-f |
| لاین ۷ Line 7 | 183.3 c | 186.66 h | 197.67 i | 225 g | 44.22 c-h | 6.11 g | 14.99 b-e | 3.63 a-f | 9.18 a-f | 45.32 a-c | 233.33 c-e | 19.19 b-d |
| لاین ۸ Line 8 | 187.7 b | 192.66 g | 201 h | 225 g | 45.04 b-h | 6.86 a-g | 13.96 c-e | 2.84 c-f | 6.03 e-h | 30.43 b-e | 209.72 de | 14.34 c-f |
| لاین ۹ Line 9 | 187.3 bc | 197.33 d-f | 205.33 a-d | 228.66 b-d | 49.42 a-d | 6.95 a-g | 17.28 a-c | 6.12 a | 7.74 b-h | 39.23 a-d | 245.83 b-d | 15.94 b-f |
| لاین ۱۰ Line 10 | 187.3 bc | 195.33 f-g | 203 e-g | 227 c-g | 49.85 a-c | 6.88 a-g | 17.16 a-c | 5.7 ab | 5.20 gh | 26.90 de | 273.61 ab | 9.84 f |
| لاین ۱۱ Line 11 | 186.7 bc | 197 e-f | 202.33 f-g | 226.66 d-g | 48.16 a-e | 6.22 fg | 17.06 a-c | 4.23 a-d | 9.81 a-e | 36.88 a-e | 273.61 ab | 13.36 d-f |
| لاین ۱۲ Line 12 | 193.3 a | 199 a-e | 204.66 b-e | 227 c-g | 41.68 f-h | 7.34 a-d | 16.48 a-d | 3.34 b-f | 12.05 a | 47.26 ab | 229.17 d-e | 21.17 a-c |
| سرداری Sardari | 195.0 a | 200.33 a-d | 205 a-d | 227 c-g | 43.18 d-h | 6.50 d-g | 13.05 de | 3.14 b-f | 6.51 d-h | 35.13 b-e | 231.94 d-e | 15.03 b-f |
| هما Homa | 190.7 ab | 200.33 a-d | 203.33 d-f | 225.66 e-g | 45.35 b-h | 6.54 c-g | 14.72 c-e | 4.16 a-d | 6.97 c-h | 41.54 a-d | 231.94 d-e | 17.96 b-e |
| آذر ۲ Azar 2 | 191.0 ab | 197.66 c-f | 201.33 gh | 227.33 c-g | 45.08 b-h | 6.43 e-g | 15.17 b-e | 4.28 a-d | 9.24 a-f | 36.78 a-e | 201.39 e | 18.21 b-e |
| تکاب Takab | 193.3 a | 199.66 a-e | 202.33 f-g | 228.66 b-d | 41.44 gh | 6.80 a-g | 13.15 de | 2.20 d-f | 9.69 a-f | 41.38 a-d | 220.83 d-e | 18.75 b-e |
| اوحدی Ohadi | 193.7 a | 199.66 a-e | 205.33 a-d | 227.66 b-f | 44.58 b-h | 6.53 c-g | 13.04 de | 2.67 d-f | 5.76 f-h | 33.11 b-e | 213.89 de | 15.5 b-f |
| رصد Rasad | 193.0 a | 201.66 a | 206 ab | 229.33 a-c | 50.78 ab | 6.33 fg | 17.27 a-c | 5.4 a-c | 8.06 b-h | 45.12 a-d | 287.5 a | 15.74 b-f |
| هشترود Hashtroud | 192.3 a | 200 a-e | 202.66 fg | 227 c-g | 44.95 b-h | 6.4 e-g | 14.73 c-e | 3.93 a-e | 11.49 ab | 57.53 a | 206.94 de | 25.99 a |
| باران Baran | 193.3 a | 199.33 a-e | 204.66 b-e | 229.33 a-c | 44.62 b-h | 6.92 a-g | 14.52 c-e | 3.54 a-f | 10.19 a-d | 45.86 a-c | 208.33 de | 21.85 ab |
| سائین Saeen | 193.0 a | 198.33 c-f | 203.66 d-f | 230 ab | 47.38 a-g | 6.86 a-g | 15.35 b-e | 4.16 a-d | 10.83 a-c | 41.61 a-d | 223.61 c-e | 18.66 b-e |
| صدرا Sadra | 193.7 a | 200 a-e | 204 c-f | 228 b-e | 41.88 e-h | 6.42 e-g | 14.3 c-e | 2.49 d-f | 7.73 b-h | 38.00 a-e | 227.78 c-e | 16.68 b-f |
| کراس سبلان Cross sabalan | 192.0 a | 201.66 a | 206.66 a | 231.33 a | 40.46 h | 7.40 ab | 13.78 c-e | 2.62 d-f | 8.64 a-g | 29.66 b-e | 215.28 de | 13.94 c-f |
| WAZ | 194.7 a | 200.66 a-c | 205.33 a-d | 226.33 d-g | 42.09 e-h | 6.70 a-g | 13.36 de | 1.48 ef | 11.39 ab | 42.72 a-d | 258.33 a-c | 16.49 b-f |

حروف مشابه و غیر مشابه به ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها هستند.

Similar and non-similar letters indicate no significant differences and significant differences between genotypes, respectively.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

نتایج تجزیه همبستگی نشان دادند که عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول۴)، به این معنی که با افزایش تعداد دانه در سنبله عملکرد دانه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، عملکرد با طول سنبله همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. همبستگی منفی طول سنبله با عملکرد دانه نشان‌دهنده این است که سنبله‌های طویل فرصت کافی برای پرشدن ندارند و این موضوع باعث تولید دانه‌های کوچکتر می‌شود. در آزمایشی که به منظور بررسی جایگاه صفات کمّی متحمل به خشکی در گندم نان انجام شد تاثیر منفی تنش خشکی بر پرشدن دانه‌ها گزارش شد (Wang *et al*., 2024). همبستگی عملکرد دانه با طول سنبله منفی گزارش شد. تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار با شاخص برداشت داشت. در شرایط تنش رطوبتی، عملکرد دانه عمدتاً متأثر از تعداد دانه در واحد سطح است. بنا بر این، اعمال تنش در هر مرحله از نمو گندم باعث کاهش عملکرد می‌شود و مراحل پُرشدن دانه‌ها و رشد سریع گندم نسبت به کمبود رطوبت بسیار حساس هستند، هر چند که اثر سوء تنش در مراحل پرشدن دانه‌ها و طویل شدن ساقه بر عملکرد از شدت بیشتری برخوردار است(Talebifar *et al*., 2015). همبستگی مثبت بین شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Jabbari *et al*., 2022).

تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی و معنی‌دار با وزن هزار دانه و تعداد سنبله در متر مربع داشت. به عبارت دیگر، ژنوتیپ‌هایی که پنجه بیشتر و نهایتاً سنبله بیشتری تولید می‌کنند در هنگام بروز تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی در شرایط دیم نمی‌توانند دانه‌ها را به طور کامل پر کنند و در نتیجه تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه به شدت کاهش می‌یابند. می‌توان نتیجه گرفت که برای به‌نژادی در شرایط دیم نیاز به ارقامی وجود دارد که با تولید پنجه کمتر و همچنین برداشت منظم آب در طول فصل رشد، حداکثر عملکرد را تولید نمایند. محمدی (۲۰۱۴) در بررسی خود بر روی روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام گندم نان تحت شرایط تنش خشکی، همبستگی منفی و معنی‌داری را بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله گزارش کرد.

عملکرد زیستی همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته و طول پدانکل داشت. در آزمایشی گزارش شد که در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های پابلند عملکرد بیشتری از ژنوتیپ‌های پاکوتاه داشتند که این امر می‌تواند نشان‌دهنده قابلیت بیشتر ژنوتیپ‌های پابلند برای استخراج آب از خاک و همچنین وجود ذخایر بیشتر مواد پرورده در ساقه ژنوتیپ‌هایی با طول پدانکل بلندتر و پابلند و مصرف آنها در دوران پر شدن دانه در انتهای فصل باشد. نقوی و خلیلی (Naghavi and Khalili, 2017) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد زیستی و ارتفاع بوته گزارش کردند. محتوای نسبی آب برگ با طول پدانکل همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. از آنجایی که طول پدانکل با ارتفاع و عملکرد زیستی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت می‌توان بیان نمود ژنوتیپ‌هایی که طول پدانکل بیشتری دارند به دلیل قدرت بیشتر در جذب آب، رشد رویشی بیشتری انجام دادند. نهایتاً، بعد از مرحله گرده‌افشانی که تنش خشکی ایجاد می‌شود به دلیل تخلیه کامل رطوبت خاک در اوایل فصل با بستن روزنه‌ها محتوای نسبی آب برگ خود را بالا نگه داشتند که این امر در شرایط دیم مطلوب نیست چرا که بسته نگهداشتن روزنه‌ها مانع از انجام فتوسنتز شده، نهایتاً عملکرد کاهش می‌یابد. همان طور که در جدول همبستگی (جدول ۴) مشاهده می‌شود، عملکرد دانه با محتوای نسبی آب برگ همبستگی معنی‌دار ندارد.

برای حذف اثر متغیرهای غیر مؤثر یا کم‌اثر و تعیین متغیرهای با ارزش و همچنین تهیه بهترین مدل برای توجیه تغییرات آن، از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. اورسجی و همکاران (Avarsegi *et al*., 2022) به منظور شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد ارقام گندم نان بر مبنای ویژگی‌های زراعی از تجزیه رگرسیون گام به گام استفاده کردند. بدیهی است صفاتی که سهم بیشتری در توجیه تغییرات متغیر تابع دارند و همبستگی بالاتری با آن نشان می‌دهند، زودتر وارد مدل می‌شوند. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام با در نظر گرفتن صفت عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل نشان دادند که در مجموع، چهار متغیر تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و طول سنبله به ترتیب وارد مدل شدند (جدول ۵) و سایر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند؛ به همین دلیل، اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه را می‌توان به تفاوت در این صفات نسبت داد. در این میان، صفت تعداد دانه در سنبله به تنهایی ۵۹/۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد که چنین رابطه قوی را می‌توان به دلیل همبستگی مثبت و بالای دو صفت دانست. دومین متغیر، تعداد سنبله در متر مربع بود که ضریب تبیین مدل را به۷۹/۸ درصد رساند. وزن هزار دانه و طول سنبله به ترتیب به عنوان سومین و چهارمین صفت مؤثر بر عملکرد دانه وارد مدل شدند و توانستند در مجموع ۹۳/۸ درصد از تغییرات کل را توجیه کنند. صفت طول سنبله تأثیر منفی بر عملکرد دانه داشت. به عبارت دیگر، در شرایط دیم ارقامی با طول سنبله بلندتر عملکرد کمتری داشتند. این نتیجه به نظر منطقی است زیرا در شرایط دیم که انتقال مجدد نقش بسزایی در پر کردن دانه‌ها دارد به تنهایی نمی‌تواند سنبله‌هایی با طول بلند و تعداد دانه زیاد را پر کند (Javed *et al*., 2022). با توجه به ضریب تبیین جزء تعداد دانه در سنبله و همبستگی بالای این صفت با عملکرد دانه، می‌توان نتیجه گرفت که این صفت مهمترین نقش را در عملکرد دانه در شرایط دیم دارد. بنا بر این، گزینش بر اساس این صفت در شرایط تنش می‌تواند راهکاری برای بهبود عملکرد گندم در آینده باشد.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

جدول ۴- تجزیه همبستگی صفات در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم

Table 4. Correlation analysis of the traits in bread wheat genotypes under rainfed conditions

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.840** | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.639** | 0.787** | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | .421* | .519** | 0.525** | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 5 | -0.29 | -0.16 | -0.07 | 0.00 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 6 | -0.01 | 0.15 | 0.00 | 0.02 | 0.06 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 7 | -0.32 | -0.07 | -0.13 | -0.06 | 0.28 | 0.07 | 1.00 | | | | | | | | |
| 8 | 0.21 | 0.23 | 0.38 | 0.12 | 0.38 | -0.33 | 0.02 | 1.00 | | | | | | | |
| 9 | -0.26 | -0.01 | -0.12 | 0.02 | 0.407* | 0.11 | 0.792** | 0.14 | 1.00 | | | | | | |
| 10 | -0.27 | -0.02 | -0.14 | 0.14 | 0.32 | 0.15 | 0.848** | -0.03 | 0.882** | 1.00 | | | | | |
| 11 | -0.23 | -0.19 | -0.18 | -0.08 | -0.11 | -0.10 | 0.416* | -0.04 | 0.15 | 0.35 | 1.00 | | | | |
| 12 | 0.09 | 0.11 | -0.05 | 0.20 | 0.28 | 0.25 | -0.17 | -0.20 | 0.08 | -0.06 | -0.550** | 1.00 | | | |
| 13 | 0.20 | 0.08 | 0.03 | -0.16 | -0.28 | 0.09 | 0.11 | -0.12 | 0.07 | 0.22 | 0.38 | 0.605** | 1.00 | | |
| 14 | 0.05 | 0.05 | -0.17 | 0.14 | 0.10 | 0.28 | -0.01 | 0.470* | 0.13 | 0.15 | -0.06 | 0.783** | -0.19 | 1.00 | |
| 15 | -0.13 | 0.07 | 0.08 | 0.00 | 0.10 | 0.17 | 0.559** | -0.10 | 0.613** | 0.492* | 0.30 | -0.12 | 0.09 | 0.00 | 1.00 |
| 16 | 0.11 | 0.03 | -0.19 | 0.14 | 0.05 | 0.24 | -0.25 | -0.37 | -0.12 | -0.05 | -0.17 | 0.753** | -0.19 | 0.900** | 0.420* |

* و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

۱: تعداد روز تا آبستنی، ۲: تعداد روز تا ظهور سنبله، ۳: تعداد روز تا گرده‌افشانی، ۴: تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ۵: محتوای نسبی آب، ۶: اختلاف دمای کانوپی، ۷: ارتفاع بوته، ۸: طول سنبله، ۹: طول پدانکل، ۱۰: طول بیرون‌آمدگی پدانکل، ۱۱: تعداد سنبله در متر مربع، ۱۲: تعداد دانه در سنبله، ۱۳: وزن هزار دانه، ۱۴: عملکرد دانه، ۱۵: عملکرد بیولوژیک و ۱۶: شاخص برداشت

1: Days to booting, 2: Days to heading, 3: Days to anthesis, 4: Days to physiological maturity, 5: Relative water content, 6: Canopy temperature difference, 7: Plant height, 8: Spike length, 9: Peduncle length, 10: Peduncle extrusion, 11: Number of spike per $m^2$, 12: Number of grains per spike, 13: Thousand-kernel weight, 14; Grain yield, 15: Biologycal yield, 16: Harvest index

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

جدول ۵- تجزیه رگرسیون برای صفات در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم
Table 5. Regression analysis of the traits in bread wheat genotypes under rainfed conditions

| متغیر Variable | ضریب رگرسیون Regression coefficient | اشتباه استاندارد Standard error | ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient | t-test | سطح معنی‌داری Significance level | ضریب تبیین مرحله‌ای Stepwise coefficientof determination | ضریب تبیین تجمعی Cumulative $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عرض از مبدأ Intercept | 15.06 | 3.99 | - | -7.510 | 0.001 | - | - |
| تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike | 2.70 | 0.45 | 0.78 | 5.91 | 0.000 | 0.596 | 0.596 |
| تعداد سنبله در متر مربع Number of spikes per $m^2$ | 0.20 | 0.04 | 0.53 | 4.75 | 0.000 | 0.202 | 0.798 |
| وزن هزار دانه Thousand-kernel weight | 1.18 | 0.22 | 0.41 | 5.31 | 0.000 | 0.114 | 0.912 |
| طول سنبله Spike length | -3.28 | 1.08 | -0.17 | -3.04 | 0.007 | 0.026 | 0.938 |

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان دادند که تعداد پنج مؤلفه اول دارای مقدار ویژه بالاتر از یک بودند و بیشترین میزان واریانس را به خود اختصاص دادند (جدول ۶)، به طوری که پنج مؤلفه اول۸۰/۲۳ درصد از واریانس کل را دارا بودند. مؤلفه اول دارای ضریب بزرگ و مثبت (بزرگ‌تر از ۰/۵) برای صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد زیستی بود که می‌توان این مؤلفه را به عنوان مؤلفه مؤثر بر عملکرد بیولوژیک نامگذاری کرد. مؤلفه دوم دارای ضرایب مثبت برای صفات تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود که می‌توان آن را به‌عنوان مؤلفه مؤثر بر عملکرد دانه معرفی کرد. ضرایب مثبت صفات در مؤلفه اول نشاندهنده همبستگی مثبت این صفات با هم هستند و رشد رویشی مناسب سبب تولید عملکرد بیولوژیک مناسب در بوته‌ها شد. صفات فنولوژی همچون تعداد روز تا آبستنی، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با ضرایب مثبت در مؤلفه سوم قرار گرفتند به این ترتیب این مؤلفه را می‌توان مؤلفه صفات مؤثر بر فنولوژی نامگذاری کرد. محتوای نسبی آب برگ و طول سنبله با ضرایب منفی و وزن هزار دانه با ضریب مثبت با مؤلفه چهارم مرتبط بود که می‌توان آن را مؤلفه عوامل مؤثر بر وزن هزار دانه معرفی کرد. با در نظر گرفتن ضرایب منفی دو صفت محتوای نسبی آب برگ و طول سنبله و ضریب مثبت وزن هزار دانه، می‌توان گفت صرف انرژی گیاه برای نگه داشتن رطوبت سبب کاهش انتقال آسمیلات‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود. همچنین، تولید تعداد بذر بیشتر در سنبله‌های طویل‌تر سبب کاهش سهم بذرها از آسمیلات‌ها و در نهایت کاهش وزن هزار دانه می‌شود. مؤلفه پنجم دارای ضریب منفی برای صفت اختلاف دمای کانوپی بود که می‌توان آن را مؤلفه مؤثر بر اختلاف دمای کانوپی نامید.

در تطابق با نتایج این آزمایش، مظلومی و همکاران (Mazlomi *et al*., 2020) در بررسی خود جهت گروه‌بندی لاین‌های پیشرفته گندم از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده کردند و پنج مؤلفه با واریانس بالا برای صفات مورد مطالعه را شناسایی کردند. آنها نیز عاملی را که صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت در آن با ضریب بالا وارد شده بود عامل مؤثر بر عملکرد دانه نامگذاری کردند.

با توجه به نتایج تجزیه همبستگی، رگرسیون و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، می‌توان بیان داشت که در شرایط دیم صفات تعداد سنبله در متر مربع و طول سنبله بالا نمی‌توانند سبب افزایش عملکرد دانه شوند زیرا در این شرایط گیاه با محدودیت شدید آب در زمان پرشدن دانه‌ها مواجه است. در نتیجه، ژنوتیپ‌هایی که صفات تعداد سنبله در مترمربع زیاد و طول سنبله بلندتری داشته باشند در زمان پرشدن دانه‌ها گیاه نمی‌تواند دانه‌ها را به‌طور کامل پر کند و نهایتاً دانه‌های ریز و چروکیده تولید می‌شوند. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌هایی که طول سنبله کوتاه‌تر داشتند از وزن هزار دانه بالاتری برخوردار بودند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

جدول ۶- ضرایب مؤلفه‌های اصلی، واریانس نسبی و تجمعی در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم
Table 6. Principal components and relative and cumulative variance of factors in bread wheat genotypes under rainfed conditions

| مؤلفه ۵ Component 5 | مؤلفه ۴ Component 4 | مؤلفه ۳ Component 3 | مؤلفه ۲ Component 2 | مؤلفه ۱ Component 1 | متغیر Variable |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.090 | 0.235 | 0.513 | -0.363 | -0.428 | تعداد روز تا آبستنی Days to booting |
| -0.050 | 0.167 | 0.715 | -0.310 | -0.411 | تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading |
| -0.086 | -0.042 | 0.681 | -0.494 | -0.379 | تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis |
| 0.260 | -0.007 | 0.610 | -0.057 | -0.301 | تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity |
| 0.039 | -0.710 | 0.217 | 0.326 | 0.280 | محتوای نسبی آب Relative water content |
| -0.535 | 0.354 | 0.240 | 0.364 | -0.003 | اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference |
| 0.059 | 0.005 | 0.352 | 0.117 | 0.728 | ارتفاع بوته Plant height |
| 0.221 | -0.620 | 0.255 | -0.489 | 0.014 | طول سنبله Spike length |
| -0.009 | -0.140 | 0.498 | 0.263 | 0.682 | طول پدانکل Peduncle length |
| 0.169 | 0.088 | 0.474 | 0.245 | 0.790 | طول بیرون آمدگی پدانکل Peduncle extrusion |
| 0.455 | 0.400 | -0.092 | -0.187 | 0.610 | تعداد سنبله در متر مربع Number of spikes per m2 |
| -0.068 | -0.218 | 0.269 | 0.830 | -0.436 | تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike |
| 0.111 | 0.680 | -0.008 | -0.394 | 0.273 | وزن هزار دانه Thousand-kernel weight |
| 0.208 | 0.278 | 0.233 | 0.792 | -0.222 | عملکرد دانه Grain yield |
| -0.369 | 0.127 | 0.399 | -0.015 | 0.680 | عملکرد بیولوژیک Biological yield |
| 0.332 | 0.214 | 0.062 | 0.771 | -0.455 | شاخص برداشت Harvest index |
| 1.0 | 1.8 | 2.8 | 3.2 | 3.8 | ارزش ویژه Eigenvalue |
| 8.55 | 13.05 | 17.46 | 19.12 | 22.03 | واریانس Variance (%) |
| 80.23 | 71.68 | 58.62 | 41.16 | 22.03 | درصد واریانس تجمعی Cumulative of variance (%) |

## نتیجه‌گیری کلی

در شرایط دیم، رشد رویشی زیاد و تولید زیست‌توده بالا سبب تخلیه کامل رطوبت در اوایل فصل رشد شدند و گیاه بعد از مرحله گرده‌افشانی با تنش شدید مواجه شد و عملکرد به‌شدت کاهش یافت. از طرفی، ژنوتیپ‌هایی که طول سنبله کوتاه‌تر اما تعداد سنبله در مترمربع بیشتر با تعداد دانه در مترمربع بیشتر داشتند، عملکرد دانه بالاتری داشتند که می‌توان از این ژنوتیپ‌ها (لاین‌های شماره ۷ و ۱۲ و همچنین ارقام رصد و هشترود ) برای تلاقی در برنامه‌های به‌نژادی آینده استفاده کرد.

## References

Ahmadizadeh, M., Shahbazi, H., Valizadeh, M., & Zaefizadeh, M. (2011). Genetic diversity of durum wheat landraces using multivariate analysis under normal irrigation and drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research*, *6*(10), 2294-2302.

Amalova, A., Abugalieva, S., Babkenov, A., Babkenova, S., & Turuspekov, Y. (2021). Genome-wide association study of yield components in spring wheat collection harvested under two water regimes in Northern Kazakhstan. *Peer J,* 9, e11857.

Avarsegi, H., Khodarahmi, M., Diyanat, M., Majidi Heravan, E., & Soughi, H. A. (2022). Grouping Bread w heat Cultivars based on Agronomic Characteristics using Multivariate Statistical Methods [Research]. *Journal of Crop Breeding,* 14(44), 239-252. https://doi.org/10.52547/jcb.14.44.239 [In Persian]

Chachar, N., Chachar, M., Chachar, Q., Chachar, Z., Chachar, G., & Nadeem, F. (2014). Exploration of genetic diversity between six wheat genotypes for drought tolerance. *Climate Change Outlook and Adaptation,* 2(1), 27-33.

Dorrani-Nejad, M., Abdolshahi, R., Kazemipour, A., & Maghsoudi Moud, A. A. (2022). Detection Yield Related Traits of Wheat under Cyclic Drought Stress Condition Using Discriminant Analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 20(3), 291-303. https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74015.1120

Hall, A. J., & Richards, R. A. (2013). Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Research,* 143, 18-33. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.05.014

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]

Jabbari, M., Golparvar, A. R., & Sorkhilalehloo, B. (2022). Investigation of Diversity of Different Agronomic and Morphological Traits in Wild Wheat Relatives [Research]. *Journal of Crop Breeding,* 14(41), 29-41. https://doi.org/10.52547/jcb.14.41.29 [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

Kirigwi, F. M., Van Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S., & Paulsen, G. M. (2004). Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica*, *135*(3), 361-371. https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000013375.66104.04

Majidi-Mehr, A., Pahlavani, M. h., Zeinali-Nezhad, K., Karimizaded, R., & Borner, A. (2023). Study of genetic diversity and grouping pattern bread wheat genotypes under water deficit- stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences,* 16(3), 675-691. https://doi.org/10.22077/escs.2023.4915.2088

Mazlomi, H., Pirdashti, H., Ahmadpour, A., & Hosseini, S. J. (2020). Grouping Of Advanced Wheat Lines Based On Yield and Its Components [Research]. *Journal of Crop Breeding,* 12(35), 41-53. https://doi.org/10.52547/jcb.12.35.41 [In Persian]

Naghavi, M. R., & Khalili, M. (2017). Evaluation of genetic diversity and traits relations in wheat cultivars under drought stress using advanced statistical methods. Acta agriculturae Slovenica, 109(2), 403–415. https://doi.org/10.14720/aas.2017.109.2.23

Nazari, H., Golkari, S., Alavi Siney, S. M., & Namdari, A. (2022). Use of canonical correlation analysis to improve grain yield of wheat genotypes through indirect selection under rainfed conditions. Iranian Dryland Agronomy Journal, 10(2), 183-198. https://doi.org/10.22092/idaj.2022.355798.349

Talebifar, M., Taghizadeh, R., & Kamal kivi, S. E. (2015). Determination of relationships between yield and yield components in wheat varieties under water deficit stress in different growth stages through Path analysis. Applied Field Crops Research, 28(3), 107-113. https://doi.org/10.22092/aj.2015.106729

Wang, Z., Lai, X., Wang, C., Yang, H., Liu, Z., Fan, Z. ,Li, J., Zhang, H., Liu, M., & Zhang, Y. (2024). Exploring the Drought Tolerant Quantitative Trait Loci in Spring Wheat. Plants, 13(6), 898. https://www.mdpi.com/2223-7747/13/6/898

Xu, N., Fok, M., Li, J., Yang, X., & Yan, W. (2017). Optimization of cotton variety registration criteria aided with a genotype-by-trait biplot analysis. Scientific Reports, 7(1), 17237. https://doi.org/10.1038/s41598-017-17631-4

Xu, Z., Lai, X., Ren, Y., Yang, H., Wang, H., Wang, C., Xia, J., Wang, Z., Yang, Z., Geng, H., Shi, X., & Zhang, Y. (2023). Impact of Drought Stress on Yield-Related Agronomic Traits of Different Genotypes in Spring Wheat. Agronomy, 13(12), 2968. https://www.mdpi.com/2073-4395/13/12/2968

Yan, W., & Frégeau-Reid, J. (2018). Genotype by Yield*Trait (GYT) Biplot: a Novel Approach for Genotype Selection based on Multiple Traits. Scientific Reports, 8(1), 8242. https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8

Zhang, J., Zhang, S., Cheng, M., Jiang, H., Zhang, X., Peng, C., Lu, X., Zhang, M., & Jin, J. (2018) .Effect of Drought on Agronomic Traits of Rice and Wheat: A Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health, 15(5). https://doi.org/10.3390/ijerph15050839

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.61882/jcb.2024.1538 ]