

Research Paper

Evaluation of some Dorum Wheat Genotypes under Normal and Drought Stress Conditions in Ilam province

Hadith Moghadam¹, Saeedeh Maleki Farahani²  and Arash Fazeli³

1- Ph.D. Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, Shahed University, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran, (Corresponding author: maleki@shahed.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Ilam University of Agriculture and Natural Resources, Ilam, Iran

Received: 28 July, 2023

Accepted: 10 December, 2023

Extended Abstract:

Background: Drought is one of the most important global threats to food production. Additionally, climate change and the increase in the global population widen the dimensions of this problem. To solve this problem, an alternative is to create new cultivars with greater tolerance to drought stress. Wheat has been one of the major sources of human food worldwide and is used in various food products and processing industries. Wheat, rice, and corn provide more than 60% of the calories and protein needed for human nutrition. In areas such as Iran, where most of the rain occurs in winter and early spring, wheat will face water shortage and drought stress at the end of the growing season. In crops, the use of high-yielding and drought-tolerant cultivars is an effective method that can minimize the effect of this phenomenon in combination with other methods of water deficit management. Despite the numerous scientific sources published in this field, there are still many gaps in these studies, hence studying the effects of drought stress is always a research priority. As one of the irrigated wheat production areas, Ilam province suffers from a lack of cultivars that are resistant or tolerant to deficit irrigation conditions. Therefore, this study focuses on the response of different wheat genotypes in deficit irrigation conditions in low-input production systems as a crucial research topic.

Methods: To evaluate some bread wheat genotypes under normal and drought stress conditions, 36 wheat genotypes were evaluated in a randomized complete block design with three replicates in Darehshahr City located in Ilam province in the crop year of 2019-2019. The examined traits were spike length, spike number per plant, spike length, peduncle length, sub-peduncle axis, flag leaf length, flag leaf width, the number of stem nodes, plant height, the number of spikes per plant, the number of seeds per spike, the number of seeds per plant, the number of tillers, hundred seed weight, single-plant seed weight, and seed yield. Drought tolerance indices such as average productivity tolerance index, harmonic mean, geometric mean productivity (GMP), stress sensitivity index, stress tolerance index, yield stability index (YSI), Relative Stability Index (RSI), and Performance Index (YI) were calculated based on yields under stress (Y_p) and normal (Y_s) conditions. The means were compared using Duncan's test with R software. The simple correlation (Pearson), componential analysis, and factor analysis were also performed between the tested traits. SAS 9.1 statistical software was used for the statistical analysis of traits.

Results: The results of the analysis of variance (ANOVA) in drought and normal stress conditions showed significant differences between the genotypes in all traits at the probability level of 1%. The most important significant correlation coefficients for seed yield were obtained for the single-plant seed weight and the number of seeds per plant in both conditions. Considering the high and significant correlation of grain yield under stress and normal conditions with drought tolerance indices, higher productivity indices, GMP, geometric mean, and stress tolerance index were chosen as the best indicators. To evaluate stress tolerance, the selection of genotypes should be based on several indicators. Factor analysis of the drought stress condition indicated that the two first factors explained 97.57% of the variance. The first and second factors were called yield stability and stability factors, respectively. The biplot diagram showed that the 13 and 47 genotypes were placed in the vicinity of the ranges related to drought resistance indices (STI, MP, GMP, and HM) and were introduced as superior genotypes.

Conclusion: According to the data obtained from the ANOVA in both normal and drought stress conditions, the genotypes were significant in terms of all traits. The significance of the studied traits indicates the existence of diversity between genotypes in terms of the studied traits, some

of which can be used to evaluate stress tolerance. The best averages for peduncle length, the number of seeds per plant, and single-plant seed weight and seed yield were measured for the best genotypes, namely 33, 5, and 1, respectively. The heat map shows the relationship between drought tolerance based on different yields and drought stress tolerance indices. Considering the high and significant correlations of grain yield with drought tolerance indices under stress and normal conditions, average productivity indices, GMP, geometric mean, and the stress tolerance index were selected as the best indices with the ability to screen tolerant genotypes from the other genotypes. The yield index (YI) had the highest correlation coefficient with grain yield under stress conditions. Based on biplot results, genotypes 13 and 47 were the most tolerant genotypes under drought stress conditions compared to the other genotypes and were introduced as superior genotypes.

Keywords: Bread wheat, Drought tolerance, Drought, Multivariate statistical methods

How to Cite This Article: Moghadam, H., Maleki Farahani, S., Fazeli, A. (2024). Evaluation of some Dorum Wheat Genotypes under Normal and Drought Stress Conditions in Ilam province. *J Crop Breed*, 16(1), 1-16. DOI:[10.61186/jcb.16.49.1](https://doi.org/10.61186/jcb.16.49.1)

مقاله پژوهشی

ارزیابی برخی از ژنوتیپ‌های گندم دوروم تحت شرایط تنش خشکی و نرمال در استان ایلام

حدیث مقدم^۱، سعیده ملکی فراهانی^۲ و آرش فاضلی^۳

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: maleki@shahed.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، ایلام، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶

صفحه: ۱ تا ۱۶

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: خشکی یکی از مهمترین تهدیدهای جهانی برای تولید مواد غذایی است علاوه بر آن تغییرات آب و هوا و افزایش جمعیت جهانی نیز ابعاد این مشکل را گسترده‌تر می‌کند. یکی از راه‌های بر طرف کردن این مشکل ایجاد ارقام جدید با تحمل بیشتر نسبت به تنش خشکی است. گندم از مهم‌ترین منابع غذایی انسان در سراسر جهان بوده است و از آن در انواع محصولات غذایی و صنایع تبدیلی استفاده می‌شود. گندم به‌همراه برنج و ذرت بیش از ۶۰ درصد از کالری و پروتئین مورد نیاز برای تغذیه انسان را تأمین می‌کنند. در مناطقی مانند ایران که بیش‌تر بارندگی در زمستان و آغاز بهار رخ می‌دهد گندم در پایان فصل رشد با کمبود آب و در نتیجه تنش خشکی روبرو خواهد شد. در محصولات زراعی یکی از روش‌های مؤثری که می‌تواند در تلفیق سایر روش‌های مدیریت کم آبی اثر این پدیده را به حداقل برساند استفاده از ارقام پر محصول و متحمل به شرایط خشکی است. با وجود منابع علمی متعددی که در این زمینه منتشر شده، هنوز خلاءهای زیادی در این مطالعات به چشم می‌خورد، بنابراین مطالعه اثرات تنش خشکی همیشه از اولویت‌های پژوهشی است. استان ایلام به‌عنوان یکی از مناطق تولید گندم آبی از کمبود ارقام مقاوم یا متحمل به شرایط کم آبیاری رنج می‌برد لذا بررسی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط کم آبیاری به‌عنوان سیستم‌های تولید کم‌نهاد بسیار مهم است و در این مطالعه به آن پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور ارزیابی برخی از ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش خشکی و نرمال تعداد ۳۶ ژنوتیپ گندم در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در شهرستان دره‌شهر واقع در استان ایلام مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل طول سنبله، تعداد سنبله در بوته، طول ریشک، طول پدانکل، محور زیر پدانکل، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، تعداد گره ساقه، ارتفاع بوته، تعداد سنبلیچه در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه بودند. بر اساس عملکرد در شرایط تنش (Yp) و نرمال (Ys)، شاخص‌های تحمل خشکی از قبیل شاخص تحمل میانگین بهره‌وری، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص حساسیت به تنش شاخص تحمل به تنش شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص پایداری نسبی (RSI) و شاخص عملکرد (YI) محاسبه شدند. آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن و با استفاده از نرم افزار R انجام شد. همبستگی ساده (پیرسون)، تجزیه به مؤلفه‌ها، تجزیه به عامل‌ها بین صفات مورد آزمون نیز انجام شد. برای تجزیه آماری صفات، از نرم افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد.

نتایج: نتایج تجزیه واریانس در شرایط تنش خشکی و نرمال، نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها در کلیه صفات اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بیشترین ضریب همبستگی مثبت معنی‌دار در هر دو شرایط بین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به وزن دانه تک بوته و تعداد دانه در بوته بود. با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی، شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هندسی و شاخص تحمل تنش به‌عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب شدند. به‌نظر می‌رسد برای ارزیابی تحمل به تنش، انتخاب ژنوتیپ‌ها باید بر پایه چند شاخص صورت گیرد. بر اساس شاخص TOL ژنوتیپ‌های G27 و G12 کمترین تحمل به شرایط تنش خشکی را نشان دادند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی و همچنین ژنوتیپ‌های G14 و G13، به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. ژنوتیپ‌های G13 و G4 دارای بیشترین میزان شاخص‌های GMP، MP و HM بودند و بر اساس این شاخص‌ها تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی دارند. همچنین ژنوتیپ‌های G16 و G31 تحمل کمی نسبت به تنش خشکی نشان دادند. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که در شرایط تنش خشکی دو عامل اول در مجموع ۹۷/۵۷ درصد از تغییرات را توجیه کردند که عامل اول، عامل پتانسیل عملکرد و عامل دوم عامل پایداری به تنش نامگذاری شدند. نمودار بای‌پلات نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ و ۴۷ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی (تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین هارمونیک) قرار گرفتند و به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند.

نتیجه‌گیری: با توجه به داده‌های حاصل از تجزیه واریانس در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی، ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات معنی‌دار بودند. معنی‌دار بودن صفات مورد مطالعه بیانگر وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه است که برخی از این صفات می‌توانند برای ارزیابی تحمل تنش مورد استفاده قرار گیرند. برترین ژنوتیپ‌ها، برای طول پدانکل ژنوتیپ ۳۳، برای تعداد دانه در بوته ژنوتیپ ۵، برای وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه ژنوتیپ ۱ برترین میانگین‌ها را داشتند. نقشه حرارتی نشان دهنده ارتباط بین تحمل خشکی مبتنی بر عملکرد متفاوت و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی است (شکل ۲). با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی، شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هندسی و شاخص تحمل تنش به‌عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب شدند که قادرند ژنوتیپ‌های متحمل را از سایر ژنوتیپ‌ها غربال کنند. شاخص عملکرد (YI) بالاترین ضریب همبستگی با عملکرد دانه در شرایط تنش را داشت. بر اساس نتایج بای‌پلات ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ و ۴۷ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی بیش از سایر ژنوتیپ‌ها بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: تحمل خشکی، تنش خشکی، گندم نان، روش‌های آماری چند متغیره

مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین تنش محیطی است که به‌طور جدی به رشد و توسعه گیاهان زراعی زیان می‌رساند و تولید و کارایی گیاهان را بیش از هر عامل محیطی دیگر محدود می‌کند که از میان تنش‌های محیطی، تنش خشکی و بروز وضعیت کمبود آب مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی در سیستم‌های کشاورزی مناطق خشک و

گندم (*Triticum aestivum* L.) از مهم‌ترین منابع غذایی انسان در سراسر جهان بوده است و از آن در انواع محصولات غذایی و صنایع تبدیلی استفاده می‌شود. گندم به‌همراه برنج و ذرت بیش از ۶۰ درصد از کالری و پروتئین مورد نیاز برای تغذیه انسان را تأمین می‌کنند (Gill et al., 2003).

همچون وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه اثر معنی‌دار دارد. همچنین شاخص تنش خشکی را به‌عنوان بهترین برآورد کننده عملکرد دانه در شرایط معمولی و محدودیت رطوبتی معرفی کردند (Bihamta et al., 2018). در مطالعه برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش ۱۲ لاین گندم دوروم مشخص شد که تنش خشکی باعث کاهش صفات مورد برآورد به‌خصوص عملکرد دانه، تعداد سنبله در هر بوته و شاخص برداشت می‌گردد (Moghaddasi et al., 2010). نتایج مطالعاتی نشان داده است که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Kaviani et al., 2001; Pandey et al., 2000; Denčić et al., 2014). در مطالعه‌ای به روی ۱۶ ژنوتیپ گندم در شرایط آبی و دیم گزارش شد که همبستگی بالایی بین عملکرد دانه و عملکرد فیزیولوژیک وجود دارد و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد دانه بیشتری دارند، ماده خشک بیشتری تولید می‌کنند (Naderi, 1990). طی آزمایشی در ارقام گندم جهت بررسی مقاومت به خشکی، اعلام شد که فاکتور حساسیت به خشکی با عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (Shao et al., 2009).

برای شناسایی و واکنش رقم‌ها به تنش براساس عملکرد دانه، شاخص‌های متفاوتی گزارش شده است. شاخص حساسیت به تنش، توسط فیشر (Fischer, 2008)، ارائه شد. این محققین نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی با SSI^1 کمتر از واحد، به خشکی مقاوم‌تر هستند. بنابراین کاهش عملکرد آن‌ها در شرایط خشکی کم‌تر از کاهش عملکرد متوسط کل ژنوتیپ‌ها است. ریچی و همکاران (Ritchie et al., 1990) شاخص تحمل (TOL)^۲ و شاخص میانگین بهره‌وری (MP)^۳ را پیشنهاد داده‌اند که مقادیر بالای TOL نشان دهنده حساسیت نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش است. شاخص MP نیز به صورت متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش تعریف می‌شود.

فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل تنش STI را به‌عنوان معیاری برای گزینش ارقام تحمل کننده تنش خشکی پیشنهاد کرد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده تحمل زیاد تنش و عملکرد بالقوه بالا است. شاخص دیگری که توسط فرناندز (Fernandez, 1992) ارائه شد میانگین هندسی بهره‌وری (MGP) است، این شاخص در مقایسه با (Gavuzzi et al., 1997) در تفکیک رقم‌ها از قدرت بالاتری برخوردار است. شاخص پایداری عملکرد (YSI)، عملکرد یک رقم در شرایط تنش را نسبت به عملکرد در شرایط غیر تنش ارزیابی می‌کند و می‌تواند شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام مقاوم به تنش باشد، بنابراین انتظار می‌رود ارقامی با (YSI) بالاتر عملکرد بالاتری در هر دو شرایط داشته باشند. شاخص عملکرد (YI) ارقام را فقط براساس عملکرد در شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند، بنابراین رقم‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش را تشخیص نمی‌دهد (Gavuzzi et al., 1997). با وجود منابع علمی متعددی که در این زمینه

نیمه خشک به‌شمار می‌آید. با توجه به میانگین نرخ رشد جمعیت، برآورد می‌شود که میزان آب مورد نیاز در مناطق مختلف دنیا به‌طور تقریبی هر ۳۵ سال دو برابر گردد (Oraki and Aghaalikhana, 2012; Schillinger, 2005).

در مناطقی مانند ایران که بیش‌تر بارندگی در زمستان و آغاز بهار رخ می‌دهد گندم در پایان فصل رشد با کمبود آب و در نتیجه تنش خشکی روبرو خواهد شد (Waysi Malamiri et al., 2010). در محصولات زراعی یکی از روش‌های مؤثری که می‌تواند در تلفیق سایر روش‌های مدیریت کم آبی اثر این پدیده را به حداقل برساند استفاده از ارقام پر محصول و متحمل به شرایط خشکی است. در تحقیقی که توسط فرزادی و همکاران (Farzadi et al., 2019) به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم در شرایط آبیاری و تنش خشکی انجام شد گزارش گردید که اختلاف ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمام صفات در هر دو شرایط آزمایش بسیار معنی‌دار بوده است. این یافته‌ها تنوع ژنتیکی زیادی را بین صفات نشان داد. تنش خشکی نقش قابل توجهی در کاهش عملکرد گیاهان زراعی در نواحی خشک و نیمه خشک جهان دارد. این تنش از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد. شدت خسارت تنش خشکی بسته به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است. کاهش هدایت روزنه‌ای و میزان فتوسنتز، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها از مهم‌ترین اثرات خشکی بر گیاهان است (Ben Amar, 1999). ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد آنها در شرایط نرمال و تنش خشکی به ۴ گروه تقسیم‌بندی می‌کنند: گروه A: ژنوتیپ‌های دارای عملکرد نسبی بالا در هر دو شرایط عادی و تنش. گروه B: ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در شرایط عادی ولی با عملکرد پایین در شرایط تنش. گروه C: ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در شرایط عادی و عملکرد نسبتاً خوب و پایدار در شرایط تنش. گروه D: ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در هر دو شرایط عادی و تنش (Fernandez, 1992).

اجزای عملکرد گندم، بسته به مرحله فنولوژی گیاه که با تنش خشکی مواجه می‌شوند، به نحو متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Johnson and Kanemasu, 1982). حساس‌ترین مرحله نمو گندم به تنش خشکی، مرحله گلدهی (گرده افشانی) است (Johnsto and Fowler, 1992). کمبود آب پس از گلدهی (گرده افشانی) احتمالاً از طریق آسیب رساندن به فرآیند باروری دانه می‌تواند تعداد دانه در هر سنبله را کاهش دهد (Evans and Wardlaw, 1996). تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد دانه به دلیل کاهش گرده‌های بارور می‌شود (Ji et al., 2010). کاهش پتانسیل آب در اثر تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی، کاهش رشد اندام‌های گیاه، کاهش فتوسنتز خالص و تغییر توازن هورمونی گیاه می‌گردد (Guttieri et al., 2001).

در تحقیقی که روی چند ژنوتیپ جدید گندم در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی انجام گردید، نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تنش خشکی بر صفتهایی

استفاده شدند (Waysi Malamiri et al., 2010). جهت محاسبه‌ی عملکرد دانه (برحسب کیلوگرم در هکتار) و اجزای آن که شامل تعداد سنبلیچه در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه (برحسب گرم) و وزن دانه تک بوته (بر حسب گرم) هستند را در پایان فصل رشد در زمان رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شده و داده‌های مربوط به عملکرد بذر یادداشت شد. وزن صد دانه در هر کرت با شمارش نمونه ۱۰۰ تایی از دانه‌های برداشت شده از سنبله‌ها بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. با استفاده از عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی، شاخص‌های سنجش خشکی ژنوتیپ‌های گندم تعیین شد. با استفاده از میانگین عملکرد دانه در محیط بدون تنش (SYp) و تنش خشکی (SYs) شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی شامل میانگین بهره‌وری (Gavuzzi et al., 1997)، شاخص تحمل (Khaksar et al., 2013)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، شاخص حساسیت به تنش (Gavuzzi et al., 1997) و شاخص تحمل به تنش (Hamidi et al., 2010) طبق روابط زیر محاسبه شدند (Sabbaghpour et al., 2003).

$$SSI = \frac{[1 - (SYs/SYp)]}{[1 - (\overline{SYs} / \overline{SYp})]} \quad (\text{Fischer and Wood, 1979}) \quad (1)$$

$$HARM = \frac{2(Ys)(Yp)}{Ys + Yp} \quad (\text{Clarke et al., 1984}) \quad (2)$$

$$TOL = SYp - SYs \quad (\text{Schillinger, 2005}) \quad (3)$$

$$MP = \frac{SYp + SYs}{2} \quad (\text{Schillinger, 2005}) \quad (4)$$

$$GMP = \sqrt{(SYp \cdot SYs)} \quad (\text{Fischer and Wood, 1979}) \quad (5)$$

$$STI = \frac{(SYp \cdot SYs)}{(\overline{SYp})^2} \quad (\text{Fischer and Wood, 1979}) \quad (6)$$

$$YSI = \frac{YS}{YP} \quad (\text{Evans and Wardlaw, 1996}) \quad (7)$$

$$YI = Ys / \overline{SYs} \quad (\text{Fischer and Maurer, 1978}) \quad (8)$$

$$RSI = YSI / (\overline{SYs} / \overline{SYp}) \quad (\text{Fischer and Wood, 1979}) \quad (9)$$

در این روابط، SYs عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی، SYp عملکرد ژنوتیپ در شرایط آبیاری مطلوب، $\overline{SYs}$ میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش و $\overline{SYp}$ میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط مطلوب آبیاری می‌باشند. شاخصی که همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشت به‌عنوان بهترین شاخص معرفی شد. آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن و با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد. همبستگی ساده (پیرسون)، تجزیه به مؤلفه‌ها، تجزیه به عامل‌ها بین صفات مورد آزمون نیز انجام شد. برای تجزیه آماری صفات، از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد.

منتشر شده، هنوز خلأهای زیادی در این مطالعات به چشم می‌خورد، بنابراین مطالعه اثرات تنش خشکی همیشه از اولویت‌های پژوهشی است. استان ایلام به‌عنوان یکی از مناطق تولید گندم آبی از کمبود ارقام مقاوم یا متحمل به شرایط کم آبیاری رنج می‌برد لذا بررسی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط کم آبیاری به‌عنوان سیستم‌های تولید کم‌نهاد بسیار مهم است و در این مطالعه به آن پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی و مواد گیاهی

به‌منظور ارزیابی ۳۶ ژنوتیپ گندم نان تهیه شده از بانک ژن مؤسسه IPK آلمان به‌همراه ۵ ژنوتیپ شاهد (جدول ۱) تحت دو شرایط آزمایشی نرمال و تنش خشکی آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شهرستان دره شهر (مختصات ۳۳ و ۸ عرض شرقی و ۴۷ و ۳۳ طول شمالی) در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. وضعیت آب و هوایی منطقه مورد مطالعه در جدول (۲) نشان داده شده است. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه نیز در جدول (۳) نشان داده شده است. بدین‌منظور نمونه‌گیری مرکب قبل از کشت از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد.

عملیات آماده‌سازی مزرعه شامل شخم نیمه‌عمیق و سپس دیسک و مسطح نمودن زمین در ابتدای پاییز انجام شد. برای اعمال تنش خشکی، گیاهان پس از گلدهی تا زمان برداشت آبیاری نشدند در صورتی که در شرایط بدون تنش طبق عرف منطقه آبیاری صورت گرفت. هر ژنوتیپ روی هر پشته در یک خط دو متری با فاصله یک سانتی‌متر از هم و فاصله هر پشته از هم ۲۵ سانتی‌متر کشت شدند.

تراکم کشت ۴۰۰ بوته در مترمربع در نظر قرار گرفته شد و همچنین آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای (فارویی) انجام گرفت. قبل از کشت آزمون خاک نمونه‌گیری مرکب در عمق ۳۰ سانتی‌متری جهت استفاده از کودهای شیمیایی انجام شد. میزان کودهای شیمیایی مصرفی براساس آزمون خاک و طبق فرمول کودی، کود سوپر فسفات تریپل و اوره به‌ترتیب به‌میزان ۲۱۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش کاربندازین ضد عفونی شده، سپس در تاریخ کاشت ۷ آذر ماه سال ۱۳۹۹ مورد کشت قرار گرفتند. به‌منظور بررسی صفات مورفولوژیک، ۵ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت جهت یادداشت برداری، صفات طول سنبله (بر حسب سانتی‌متر)، تعداد سنبله در بوته، طول ریشک (بر حسب سانتی‌متر)، طول پدانکل (بر حسب سانتی‌متر)، محور زیر پدانکل، طول و عرض برگ پرچم (بر حسب سانتی‌متر)، تعداد گره در ساقه، ارتفاع بوته (بر حسب سانتی‌متر) و تعداد پنجه

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه

Table 1. Characteristics of studied wheat genotypes

شماره (Num)	نام ژنوتیپ (Genotype)	منشا (Origin)	منشا (Origin)	شماره (Num)	نام ژنوتیپ (Genotype)	منشا (Origin)	
1	Behrang	Ilam	-	22	18287	----	Triticum
2	Dehdasht	"	-	23	18930	Italy	Triticum Durum
3	Saverz	"	-	24	19821	Turkey	Triticum sp
4	Shabrang	"	-	25	20295	Turkey	Triticum sp
5	Zahab	"	-	26	20962	Mexico	Triticum sp
6	10077	Cyprus	Triticum	27	2195	Turkey	Triticum Durum
7	10519	"	Triticum	28	2230	Greece	Triticum Durum
8	10592	"	Triticum	29	2280	----	Triticum Durum
9	10615	"	Triticum	30	23096	Armenia	Triticum sp
10	10738	----	Triticum	31	23415	----	Triticum
11	10779	Rusia	Triticum	32	24194	Nepal	Triticum sp
12	11020	----	Triticum	33	24259	Mexico	Triticum Durum
13	13504	----	Triticum	34	24383	Mexico	Triticum sp
14	14231	----	Triticum	35	25760	----	Triticum sp
15	14246	Italy	Triticum	36	29996	Greece	Triticum Durum
16	15316	Italy	Triticum	37	6912	----	Triticum araraticum
17	15867	Ethiopia	Triticum	38	7086	Turkey	Triticum Durum
18	16054	Iraq	Triticum	39	7487	USA	Triticum sp
19	16625	Israel	Triticum	40	751	Turkey	Triticum Durum
20	17175	Kaza	Triticum	41	7967	----	Triticum
21	17563	----	Triticum				

جدول ۲- آمار هواشناسی مزرعه تحقیقاتی طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰

Table 2. Meteorological statistics of the experimental field during 2020- 2021

شهریور (Sep)	مرداد (Aug)	تیر (Jul)	خرداد (Jun)	اردیبهشت (May)	فروردین (Apr)	اسفند (Mar)	بهمن (Feb)	دی (Jan)	آذر (Dec)	آبان (Nov)	مهر (Oct)	
8.42	7.44	8.45	7.41	9.36	3.28	6.20	9.18	7.17	18.18	3.27	36	بیشینه دما (C ⁰) Maximum Temperature (C ⁰)
8.22	2.26	3.26	2.23	6.17	9.9	0.6	2.4	9.1	84.7	7.10	6.16	کمینه دما (C ⁰) Minimum Temperature (C ⁰)
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.1	8.5	9.1	9.5	2.2	0.0	مجموع بارش ماهانه (mm) Total Monthly rainfall(mm)

*Source: Dereshahr Meteorological Department

*منبع: اداره هواشناسی شهرستان دره شهر

جدول ۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰

Table 3. Physical and chemical characteristics of the soil of the experimental field in 2020- 2021

EC (dS/m)	pH	نیترژن (N) (%)	فسفر (P) (mg/kg)	پتاسیم (K) (mg/kg)	بافت خاک (Soil Texture)
1. 29	7. 51	0. 1	8. 5	550	لوم (Loam)

نتایج و بحث

تجزیه واریانس یکی از اهداف تجزیه واریانس، بررسی اختلاف بین تیمارها است، از این رو تجزیه واریانس (جدول ۴ و ۵) برای کلیه صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های گندم نان انجام گرفت. با توجه به داده‌های حاصل از تجزیه واریانس در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی، ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات معنی‌دار بودند. معنی‌دار بودن صفات مورد مطالعه بیانگر وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه است که برخی از این صفات می‌توانند برای ارزیابی تحمل تنش مورد استفاده قرار گیرند. مقایسه میانگین (جدول ۶ و ۷) صفات مورد بررسی نشان داد که، برترین ژنوتیپ‌ها، برای صفت طول سنبله ژنوتیپ‌های ۳۱، ۲۶، ۲۵، ۷، ۳ و ۱، برای تعداد سنبله در بوته ژنوتیپ‌های ۳۴ و ۳۳، برای طول ریشک ژنوتیپ ۱۴، برای طول پدانکل ژنوتیپ ۳۳ و برای محور زیر پدانکل ژنوتیپ ۳۷، برای طول و عرض برگ پرچم ژنوتیپ ۱۰، برای تعداد گره در ساقه ژنوتیپ ۱۴، برای ارتفاع بوته ژنوتیپ ۳۲، برای تعداد

سنبله در بوته ژنوتیپ ۳۷، برای تعداد دانه در بوته ژنوتیپ ۱۲، برای تعداد پنبه ژنوتیپ ۳۳، برای وزن صد دانه ژنوتیپ ۴ و برای وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه ژنوتیپ ۱۲ بیشترین میانگین‌ها را در شرایط نرمال را به‌خود اختصاص دادند. در شرایط تنش خشکی برای طول سنبله ژنوتیپ‌های ۳۷، ۳۲، ۲۶ و ۲۲، برای تعداد سنبله در بوته ژنوتیپ‌های ۱، برای طول ریشک ژنوتیپ ۱۷، برای طول پدانکل ژنوتیپ ۳۳ و برای محور زیر پدانکل ژنوتیپ ۱۴، برای طول و عرض برگ پرچم ژنوتیپ ۱۰، برای تعداد گره در ساقه ژنوتیپ ۳۳، برای ارتفاع بوته ژنوتیپ ۱۷، برای تعداد سنبله در بوته ژنوتیپ‌های ۱۴، برای تعداد دانه در بوته ژنوتیپ ۵، برای تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ ۱۳، درصفت تعداد پنبه ژنوتیپ ۳۳، برای وزن صد دانه ژنوتیپ ۲۹ و برای وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه ژنوتیپ ۱ برترین میانگین‌ها را داشتند. با توجه به نقش پدانکل در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله ذخیره‌ی مواد فتوسنتزی، می‌توان نتیجه گرفت بالا بودن

با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد (Naghavi *et al.*, 2002). بن عامر (Ben Amar, 1999) عنوان کرد که بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در بوته همبستگی معنی داری وجود دارد. طبق یافته‌های اولادی و همکاران (Oladi1 *et al.*, 2014). بین عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله لاین‌های برنج همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد. در مطالعه دیگری صادق گل‌مقدم و همکاران (Sadeqh Gholi Moghadam *et al.*, 2020) وجود رابطه مثبت و معنی دار بین عملکرد دانه گندم نان را با اجزای عملکرد دانه گزارش کردند.

تجزیه همبستگی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی
به منظور تعیین بهترین شاخص (Naderi, 1990)، همبستگی بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) با شاخص‌های تحمل به تنش خشکی محاسبه شد (جدول ۹). نقشه حرارتی نشان دهنده ارتباط بین تحمل خشکی مبتنی بر عملکرد متفاوت و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی است (شکل ۲). با توجه به همبستگی بالا و معنی دار عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی، شاخص‌های میانگین بهره‌وری (Gavuzzi *et al.*, 1997)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هندسی (Ahmadi Lahijani and Emam, 2013) و شاخص تحمل تنش به عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب شدند که قادرند ژنوتیپ‌های متحمل را از سایر ژنوتیپ‌ها غربال کنند. شاخص عملکرد (YI) بالاترین ضریب همبستگی با عملکرد دانه در شرایط تنش را داشت. این شاخص ژنوتیپ‌ها را فقط براساس عملکرد در شرایط تنش گزینش می‌کند. این نتیجه با یافته‌های محققین در پژوهش‌های دیگر در مورد ژنوتیپ‌های گندم دوروم (Waysi Malamiri *et al.*, 2010)، ژنوتیپ‌های گندم نان (Geravandi *et al.*, 2010) و در ژنوتیپ‌های جو (Shao *et al.*, 2009) مطابقت دارد. در یک بررسی انجام شده روی تنوع لاین‌های گندم دوروم با استفاده از شاخص‌های تحمل خشکی، مشاهده شد که بین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با شاخص‌های تحمل به خشکی GMP، STI، YI، YSI و HM همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشته است و همچنین عنوان شده است که برای انتخاب ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی از این شاخص‌ها استفاده خواهد شد (Akbarabadi *et al.*, 2015). همچنین توسط صارمی و همکاران (Saremi *et al.*, 2022) عنوان کردند که شاخص‌های تحمل، میانگین بهره‌وری (Gavuzzi *et al.*, 1997)، میانگین هارمونیک (Ahmadi Lahijani and Emam, 2013) و میانگین هندسی بهره‌وری (GPM) همبستگی مثبت و معنی داری با صفت عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی جو داشتند.

آن می‌تواند در انتخاب رقم برتر مورد توجه واقع شود (Schillinger, 2005). در پژوهش گارسیا و همکاران (Garcia *et al.*, 2003) تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه‌ی آن‌ها برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مشاهده شد. کلارک و همکاران (Clarke *et al.*, 1984) گزارش کرده‌اند که در شرایط بدون تنش، وزن دانه و در شرایط تنش خشکی تعداد دانه نقش مؤثرتری در عملکرد گندم بهاره دارند. حمیدی و همکاران (Hamidi *et al.*, 2010) نیز اظهار کردند که تنش خشکی به طور نسبی موجب کاهش طول ریشک، طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته و عملکرد دانه گندم شد. مهمترین عوامل مؤثر در عملکرد گندم را به ترتیب تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله گزارش کرد (Schillinger, 2005). البته در مطالعات دیگری گزارش شده است که تعداد دانه در سنبله اهمیت بیشتری نسبت به سایر اجزای عملکرد دارد (Fischer and Maurer, 1978). احمدی لاهیجانی (Ahmadi Lahijani and Emam, 2013) عنوان کرد که کاهش تعداد دانه در سنبله ناشی از تنش خشکی آخر فصل است که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

تجزیه همبستگی صفات

نتایج همبستگی پیرسون صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط نرمال تنش خشکی (جداول ۸ و ۹) نشان داد که بین عملکرد دانه با وزن تک بوته ($r = 0.88$)، تعداد دانه در بوته ($r = 0.85$)، وزن صد دانه ($r = 0.83$)، تعداد دانه سنبله ($r = 0.82$)، تعداد سنبله در بوته ($r = 0.60$) و تعداد سنبله در بوته ($r = 0.51$) همبستگی مثبت و معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت و با صفات ارتفاع بوته ($r = 0.34$)، محور زیر پدانکل ($r = 0.25$) و طول سنبله ($r = 0.24$) همبستگی منفی و معنی داری در سطح پنج درصد داشت. همبستگی عملکرد دانه با دیگر صفات مورد ارزیابی در این پژوهش غیر معنی دار شد. ضریب همبستگی صفات زراعی و مورفولوژی مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی با استفاده از ضریب پیرسون نشان داد که صفت عملکرد دانه با تعداد دانه در بوته ($r = 0.86$)، وزن صد دانه ($r = 0.86$)، وزن دانه تک بوته ($r = 0.82$)، تعداد دانه سنبله ($r = 0.85$)، طول پدانکل ($r = 0.55$)، تعداد گره در ساقه ($r = 0.53$) و عرض برگ پرچم ($r = 0.42$) در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی دار داشته است. کاویانی و همکاران (Kaviani *et al.*, 2014) با بررسی صفات زراعی و مورفولوژیکی ۱۶۴ توده گندم دوروم نشان دادند که بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت. نقوی در مطالعه‌ای گزارش کرد که بین عملکرد سنبله

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط نرمال

Table 4. Analysis of variance for the traits in the wheat genotypes under normal conditions

میانگین مربعات Mean Squares																	منابع تغییرات Source of Variation
GY	SPGW	100SW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	df	
0.08**	87.09**	0.09**	2.64**	21168**	635.5**	5929**	1636.2**	0.61**	0.72**	21.61**	238.46**	207.98**	88.02**	4.75**	15.95**	2	بلوک Block
12.11**	118.5**	7.92**	3.07**	39765**	15.33**	2414**	2519**	1.39**	0.29**	48.66**	114.7**	228.24**	14.98**	1.98**	32.63**	40	ژنوتیپ Genotype
0.82	3.40	0.17	0.94	1947	33	272	52	0.26	0.05	6.66	2.80	4.45	2.46	0.45	0.74	80	خطای آزمایشی Error
4.39	17.60	10.38	15.90	16.89	9.54	13.93	6.75	12.55	13.80	11.96	7.44	12.34	17.07	12.80	7.55		ضریب تغییرات Coefficient of Variation

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW و GY به ترتیب نشان‌دهنده طول سنبله، طول ریشک، طول پدانکل، محور زیر پدانکل، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، تعداد گره ساقه، ارتفاع بوته، تعداد سنبلیچه در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه می‌باشند.

** Significant at 0.01 probability respectively. SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub-peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers, 100- Grain Weight and Grain Yield, respectively.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی

Table 5. Analysis of variance for the traits in the wheat genotypes under drought stress conditions

Mean of Squares میانگین مربعات																	منابع تغییرات Source of Variation
GY	SPGW	100SW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	df	
0.14**	69**	.45** 4	85287**	4211**	2528**	5429**	549**	1.35**	247.30**	0.48**	12.52**	222.38**	6.25**	57.33**	13.11**	2	بلوک Block
6.80**	69.20**	6.11**	83226**	70684**	8675**	1612**	11245**	6.58**	724**	50.77**	249**	240**	45.70**	5.90**	46**	40	ژنوتیپ Genotype
0.31	1.80	0.12	850	659	228	184	10	0.15	4	4.03	2	2	1.07	0.80	0.90	80	خطای آزمایشی Error
2.66	18.36	11.28	11.28	22.68	13.87	11.47	10.71	16.32	10.97	8.65	9.67	11.67	15.30	9.36	12.45		ضریب تغییرات Coefficient of Variation

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW و GY به ترتیب نشان‌دهنده طول سنبله، طول ریشک، طول پدانکل، محور زیر پدانکل، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، تعداد گره ساقه، ارتفاع بوته، تعداد سنبلیچه در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه می‌باشند.

** Significant at 0.01 probability respectively. SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub-peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers, 100- Grain Weight and Grain Yield, respectively.

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های گندم با آزمون دانکن در شرایط نرمال

Table 6. Means comparisons for the wheat genotypes under normal conditions

GY	SPGW	100SW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	Code
48 cd.1	47d .12	11b.5	60d.6	20jh.289	66 de.62	40 f.117	46 ig.91	06i.4	86 ef.1	20 ig.18	06 g.19	06k.14	63 mn.5	26 cde.5	66bc.14	G1
56 c.1	73de.11	89cd.4	06ef.6	4lhi.271	40 de.64	42 d.128	06 k.85	26 j.4	90cd.1	33 f.21	53 ig.19	76 ig.15	96 j.11	80 bc.5	2g.10	G2
42 cd.1	81d.12	08bc.5	80d.6	861jh.25	73 de.65	53 f.117	86 ig.90	13 h.4	83 ef.1	20 ef.22	06 jh.21	93 ig.15	16kl.7	53 de.5	15ab	G3
85 b.1	22b.15	13de.4	93fg.5	73 jh.286	66 c.80	40 b.142	20 ig.93	66l.3	66j.1	19hi	60 ig.19	83 jh.16	73 gk.8	53 de.5	06hi.9	G4
25 f.1	60cd.14	09bc.5	46de.6	53 hi.233	46 de.60	53 c.135	13 k.85	73 k.3	86 ef.1	10 h.20	50 lm.17	70 g.15	13fj.12	80 bc.5	66 h.9	G5
38d.1	37b.15	13de.4	24l.2	941cd.35	76 cd.70	10 f.116	46 i.97	97 g.3	94 c.1	42 jh.21	13 jh.21	72 kl.13	44 k.7	66 cd.5	06 ef.12	G6
0.34p	17fj.6	23i.3	06ef.6	87kl.194	46.28	58i.98	18 cd.126	85 b.4	90 cd.1	36 cd.24	46 ab.29	28jh.16	54 ig.9	62 f.4	34 c.14	G7
30 de.1	29bc.15	78ef.3	10ef.6	66b.445	02 de.66	10i.96	54 l.64	57 d.4	84 ef.1	90 fj.21	81 lm.17	90 gk.14	40fj.12	10 b.6	88 h.9	G8
78kl.0	79fj.6	08h.3	84cd.6	54hi.274	50 de.65	50fj.112	46 i.97	37 n.3	14 ab.2	72 ef.22	93 h.17	52 hi.16	14kl.7	06 ef.5	44 h.9	G9
0.45o	79ef.8	65fj.3	26e.6	38o.158	26i.34	18l.58	18 c.132	65l.3	20 a.2	56 a.27	45 bc.28	68 b.27	34 c.16	62 f.4	04 jh .10	G10
79kl.0	90cd.13	54cd.4	44ab.8	74f.302	90 h.38	30j.101	06 bc.143	77 c 4	84ef.1	42 hi.19	83i.20	92 b.26	94 p.0	66 cd.5	66f.11	G11
02 a.2	08a.21	24cd.4	30g.4	06a.614	82 a.101	30 a.167	94 h.100	37 f.4	54i.1	20 bc.25	51 cd.27	30 no.9	17bc	30 cde.5	58 l.6	G12
80 bc.1	69c.14	17de.4	64j.5	54cd.367	10 b.99	50d.129	26j.110	77 c.4	94 c.1	02 jh.21	03 g.19	72jh.16	14kl.7	66 e.12	66 c.12	G13
06i.1	32ef.10	67cd.4	30g.4	66h.242	42 ef.54	70f.117	54 fj.112	97 a.4	44 g.1	70 de.23	01 c.28	70fj.17	60 a.19	90 f.4	38j.10	G14
74l.0	69ef.7	94ef.3	24e.6	14hi.230	70efj.51	10 ef.123	26 b.149	37 f.4	74 ef.1	72 bc.25	53 ab.29	22 a.30	94 de.14	66fj.4	26j.10	G15
11r.0	57m.1	98n.0	86d.6	76q.93	06l.25	58j.103	78 .88k	25j.4	10 ab.2	86 ef.22	35j.22	98 n.9	04 l.7	82 abc.5	24 ef.12	G16
81k.0	88fj.6	62fj.3	64a.8	14 h.231	10 ef.57	70ef.123	06 bc.141	17 o.3	74 ef.1	82 cde.23	23 b.29	02 ef.19	04 b.18	06 ef.5	36 ef.12	G17
92g.0	85ig.4	51fj.3	44jh.5	74 jh.260	30 cd.73	90j.108	06 kl.84	97 g.3	64 j.1	22 de .23	13 m.15	72 fj.17	90 ef.12	66 fj.4	64 i.8	G18
81k.0	33fj.6	63ef.3	86fj.5	78 k.201	46 ef.58	98fj.113	98 c.132	65 d.4	60 h.1	36 h.20	15 ef.25	28fjh.17	04 m.6	02ef.5	24 ig.8	G19
64mn.0	85ef.8	39fj.3	46jh.5	18g.225	86 jh.46	78d.125	38 e.115	85 k.3	40 k.1	76 i.18	06 e.26	78 b.26	84 ef.12	22 e.5	44 e.12	G20
86gk.0	31bc.15	90fj.3	06bc.7	98 cf.340	36 cd.73	68 g.83	13 gk.89	05h.4	73 ef.1	40 h.20	05 i.20	58 hi.16	69 no.4	92 jh.3	99 cd.13	G21
64 m.0	66 fj.6	37 fj.3	84 bc.7	94.213	30 jh.45	50 ef.123	46 bc.145	77 c.4	84 ef.1	32 cd.24	63 cd.27	22 de.21	24 h.11	46 cde.5	36 d.13	G22
21 f.1	74 de.11	02 c.5	10 ef.6	54 fj.290	40 de.66	30 c.135	56 cd.128	77 k.3	04 b.2	97 c.24	78 fjh.23	77 e.20	24 h.11	76 f.4	31 fj.11	G23
22 f.1	79 cd.13	57 fj.3	10 i.5	26 c.361	82 c.81	70j.106	54 jh.104	57 d.4	54 i.1	70 k.17	01 g.19	50 bc.26	30 n.5	70 f.4	88f.11	G24
31 p.0	81 i.4	04 l.2	46 bc.7	98 op.151	06 k.32	18 fj.114	58 jh.103	65 p.2	70 fj.1	06 ab.27	55 fj.24	18 lm.13	34 k.7	02 b.6	34a.15	G25
32 p.0	28 ig.4	34 k.2	04 ef.6	34 n.169	30 g.39	5ji.102	86 bc.140	77 c.4	64 j.1	72 b.26	33 de.26	52 l.13	34 ig.9	66 cd.4	56 bc.14	G26
21 f.1	41 de.11	91 cd.4	10 k.4	06 h.240	82 de.65	10 f.115	74 de.120	97 g.3	64 j.1	20 fjh.21	01 f.25	40 c.25	14 cd.15	30 fjh.4	68i.8	G27
60 m.0	08 f.7	72 ef.3	96 d.6	06 kl.197	42 j.49	30 k.70	jh 101.14	57 d.4	34 l.1	80 i.18	20 cd.24	90 lm.6	70 h.3	68 i.8		G28
40 d.1	88 c.14	30 a.5	46 a.8	58 hi.271	26 de.63	18 b.141	38 c.135	25 j.4	2bc	36ef.22	55 a.30	58 c.25	94 de.14	42 de.5	34j.10	G29
20 j.1	16 cd.13	05 e.4	86 d.6	98 k.208	06 de.66	58 fj.112	98 de.123	45 e.4	60 h.1	96hi.18	95 cd.27	38 f.18	54 k.7	82 abc.5	44 j.10	G30
18 q.0	82 l.2	08 m.1	66 e.6	38 bc.141	66 gi.38	78 g.81	78kl.82	45 e.4	60 h.1	56l.15	05 k.19	08 op.9	74 mn.5	62 bcd.5	94 b.14	G31
33 p.0	99 k.3	11 kl.2	44 ab.8	14 m.180	10 jh.43	10j.105	66 a.153	97 g.3	44 g.1	12 fj.22	43 fj.24	12 ef.20	94 p.0	86 f.4	86 e.12	G32
49 cd.1	29 cd.13	88 cde.4	86 a.8	58 jh.250	26 de.63	18 de.125	78 jh.108	85 k.3	2bc	16 ig.18	85 jh.21	48 a.30	44i.10	22 ab.6	24 ig.8	G33
14 h.1	89 ef.10	11 de.4	26 jh.5	58 h.243	46 ef.57	98fj.115	58 h.100	65 l.3	70 fj.1	76 fj.21	75 jh.21	98 p.5	0q	22 ab.6	24 ig.8	G34
78 kl.0	97 h.5	15 ig.3	06 bc.7	58 g.222	26 j.49	18 c.133	18 cd.126	05 i.4	20 n.1	96 g.17	25 de.26	58 de.21	0q	42 a.6	34 e.12	G35
24 f.1	90 b.15	75 ef.3	46 de.6	58 ef.310	06 cd.74	18 fj.112	18 jh.108	45 e .4	60 h.1	16 bc.26	35 de.26	38 de.21	14 cd.15	82 abc.5	14 hi.9	G36
73 l.0	33 f.8	71 fj.3	70 j.5	26 gk.210	02efj.51	90 a.168	14 c.130	57 m.3	84 de.1	90 bc.25	81 a.30	3q	80 k.7	50 fj.4	68 bc.14	G37
58 mn.0	03 j.6	65fj.3	10 i.5	46 l.190	82hi.37	30j.110	94 f.113	57 m.3	54 i.1	60 h.20	71 bc.28	10 o.6	90ef.12	10 ef.5	38j.10	G38
47 o.0	81 fj.6	47 k.2	24 bc.7	14 gk.212	30 ef.54	50 g.107	66 jh.106	37f.4	60 h.1	92ef.22	43 jh.21	12 gk.15	14kl.7	66 fj.4	86 f.11	G39
68 m.0	86 ig.4	65 gk.2	30 h.5	46kl.192	62 de.61	30 fj.113	54i.97	57 m.3	04 b.2	30 de.23	61 ig.19	60 p.5	80 lm.6	70 fj.4	78 e.12	G40
54 n.0	93hi.5	79 g.2	10 k.4	26kl.195	42 efj.51	90j.106	54i.98	37 f.4	24 m.1	70 k.17	31 ig.19	90 m.11	0q	30 fjh.4	38 k.7	G41

SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub- peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers,100- Grain Weight and Grain Yield, respectively.

در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه می‌باشد.

در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد برگ پرچم، عرض برگ پرچم، تعداد گره ساقه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی

Table 7. Means comparisons for the wheat genotypes under drought stress conditions

GY	SPGW	100GW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	Code
1.23 a	10.52 cd	4.17 ab	6.53 d	289.20 b	59.06 de	110.53 h	95.53i	6.60 f	1 .73 d	23.56 ig	20.03 fj	16.16 de	6 .26 no	9.93 a	13.7 c	G1
1.10 b	8.16 fj	4.02 b	6.06ef	271.4 c	58.73 e	131.20 bc	94.46 i	6.06 h	1 .93 cd	26.10ef	19.96fj	18.93 cd	13 .13 j	5.6 ef	10.96 i	G2
1.12 b	8.75 e	4.20 a	6.13 e	251.86 d	58.66e	112.80j	101.13 jh	5.80 i	1 .86 d	25.50 f	19.93fj	18.23 cd	18 .23 b	5.13 h	13.2 de	G3
1.21 a	9.77 de	4.21 a	6ef	286.73 b	69.33b	109.46i	101.66 jh	5.93 hi	1 .86 d	23.63 hig	20.43 f	19c	10 .8 ig	5.20 j	9.6 gk	G4
0.93 c	11.09 c	4.15 ab	6.86 c	323.53 a	61d	126.06 cd	103.73 jh	6.46fj	1 .90 cd	22.53 gk	21.03 e	20.5 bc	13jh	5.66 ef	10.53 ig	G5
1.10 b	8.48 ef	3.74 cd	7.12 b	109.4 r	68.34 bc	96.53 g	109.4ej	2.24 n	1.73 d	23.18 g	22.62 de	11.18 jh	9 .40 kl	5.06 hi	12.88 e	G6
0.55 hi	5.07 n	2.86 jh	6.16 e	126.20 n	31.58 l	123.77 d	126.20 e	6.06 h	2.29 b	24.70 gh	24.74 cd	8.82	12 .24 h	5.72 e	12.58 ef	G7
0.85 d	10.17 cd	3.40 e	7.52 ab	138.60 l	64.06 cd	82.89l	138.60 d	6.10 jh	1.97 cd	24.70 gh	17.28i	13.20 ef	9 .94 k	6.22 cd	10.02 g	G8
0.65j	4.62 op	2.69 jh	7.32 b	129.40 m	50.74 j	115.73 f	129.40 e	6.84 ef	1.83 de	23.98 hi	18.82 h	12.98 f	9 .10l	5.66 ef	11.18hi	G9
0.59 h	5.57 mn	3.04 f	5.76 fj	125.40 n	34.98 kl	125.97 cd	125.40 e	6.26j	2.09 c	30.12 ab	27.08 b	11.62j	17 .94 bc	5.32fj	8.48 kl	G10
0.80 de	12.13 b	3.63 d	5.92 f	124n	42.94 gk	140.13 ab	124.00 e	8.44 b	1.33 g	22.58 gk	22.92 d	22.48 bc	2 .70r	6.06 d	13.48 cd	G11
0.81 de	17.95 a	3.57 d	5.32 j	129.8 m	68.66 bc	130.69 bc	129.80 e	4.30 gk	2.07 c	28cd	26.48 bc	16.10 de	13 .64j	5.22fj	7.02n	G12
1.15 ab	7.79 k	3.43 de	6.92 bc	112.60 q	89.14 a	109.33 i	112.60 f	5.64 ig	1.73 d	22.98 gk	19.62j	12.18fj	9 .40kl	4.46 gk	13.48 cd	G13
0.70 f	6.90l	3.74 cd	5.32 j	120.60 np	57.66 ef	145.49 a	120.60 e	4.30l	1.47 h	24.50 h	27.98 a	13.10 ef	15 .74fj	5.42 f	11.22 h	G14
0.83 cd	6.93l	3.85 cd	5.92 f	140.80 k	49.94 jh	135.13 b	140.80 c	6.26j	1.43i	27.30de	26.72 b	12.58fj	15 .90 f	5.06hi	9.98 g	G15
0.05 n	0.74 v	0.50 o	6.16 e	91.60 t	39.58 k	69.77 m	91.60 i	6.86 ef	2.19 bc	30.22 ab	21.78 de	3.92 m	7 .64 m	6.12 cd	12.08 j	G16
0.78 e	6.56l	3.28 ef	7.12 b	186ef	39.94 k	135.9 b	186.00 a	8.64 ab	1.23 k	23.88hi	26.82 b	14.68 e	22 .10 a	7.06 b	13.48 cd	G17
0.50i	3.16 r	2.90 j	5.92 f	83.80 w	57.74 ef	80.33 l	83.80 k	5.44 g	1.63fj	26.78 e	17.42i	9.68 i	17 .40 c	3 .46l	9.08 k	G18
0.22 kl	2.19t	1.44 l	4.76hi	99.60 s	26.78 m	109.17i	99.60hi	5.86 hi	1.69 e	21.92kl	23.08 dc	8.02 k	6 .54 n	4.92hi	8.38 kl	G19
0.39 gk	4.86 no	2.95fj	6.36 de	87.60 u	33.18kl	124.97 cd	87.60 g	5.46 g	2.09 c	27.42 de	24.28 d	14.02 e	15.34 fj	3.92kl	11.38 jh	G20
1.14 ab	9.78 de	3.27ef	4.46 i	123.60 o	56.58 ef	88.57	123.60 e	7.06 de	2.29 b	29.02 b	23.38 dc	13.32 ef	5.64 o	6.52 c	13.48 cd	G21

SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub- peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers,100- Grain Weight and Grain Yield, respectively
 بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه می‌باشند.

SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub- peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers,100- Grain Weight and Grain Yield, respectively

ادامه جدول ۷-۷

Continued Table 7.

GY	SPGW	100SW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	Code
0.67fj	4.80 no	2.93fj	6.52 d	143.2 g	44.94 g	125.51 cd	143.20 c	7.84 c	1.73 d	26.58 ef	27.52 ab	9.58 ig	11.70 i	6.06 d	15.48 ab	G22
1.11 b	9.84 d	4.05 b	6.82 c	150.64i	66.61 c	125.51 cd	150.64 b	6.10 jh	1.73 d	26.14 ef	24.47 d	13.19 ef	12.26 h	5.21j	13.72 c	G23
0.85 d	5.21 mn	3.10 ef	5.12 jh	120.4 o	27.86 m	124.29 cd	120.40 e	5.10 kl	1.47 h	24.70 jh	19.18j	23.70 b	3.24	5.82 e	13.32 cd	G24
0.20 l	3.06 s	1.32 m	5.96 f	136.40l	14.78 n	97.77 g	136.40 d	7.46 cd	1.69 e	23.62 hig	24.58 d	10.62 h	7.87 m	6.92 bc	9.98 g	G25
0.32 k	3.10 r	2.69 jh	5.92 f	89.00 u	37.54 kl	131.13 bc	89.00 ig	6.04 h	1.13l	25.08 fj	22.92 d	3.48 mn	10.60 g	3.66 kl	14.98 b	G26
0.31 k	4.23 p	2.60 jh	5.12 jh	98.80st	51.26fj	133.89 bc	98.80 hi	4.10 m	1.47 h	22.40 k	22.38 de	23.10 b	13.34j	4.02 k	8.72 kl	G27
0.46 ig	5.25 mn	2.58 jhi	4.12 g	86.40 v	55.86 ef	136.69 b	134.69 d	6.96 e	1.67 f	21.20l	19.48j	18.60 cd	3.44 q	4.82 i	12.32 f	G28
0.98 c	9.8 de	3.49 de	5.96 f	162.80 f	39.98 k	119.17 de	119.17 ef	8.46 ab	2.49 a	29.42 b	26.38 bc	14.62 e	16.34 d	6.92 bc	8.18l	G29
0.72 ef	7.39kl	2.91 fj	6.76 cd	100.80 rs	48 .18 h	117.97 e	117.97 ef	6.86 ef	2.19 bc	28.02 cd	27.48 ab	8.32 g	8.74 lm	5.32fj	9.08 k	G30
0.15 m	1.58 u	0.72 n	6.96 c	118.80 p	29.18 lm	89.77 k	89.77 hi	6.66 f	1.99 cd	23.32 hig	19.98fj	4.52 lm	5.14 op	5.92 de	13.18 d	G31
0.65 fj	5.62 m	2.37 jh	7.32 b	155.20 h	50.14 j	145.13 a	145.13 c	8.44 b	1.13l	25.38 f	21.72 de	9.58 i	2.70 r	6.66 c	15.58 a	G32
1.08 bc	8.77 e	3.91 bc	7.56 a	125.20 n	46.38 i	112.97j	112.97 f	8.86 a	2.19 b	27.72 d	24.3 d	26.92 a	10.54 gk	6.12 cd	7.28 m	G33
0.75 ef	5.23 mn	2.64 jh	6.16 e	112.20 q	41.18 k	87.97 k	87.97 ig	5.26 k	1.99 cd	23.22 ig	23.08 cd	7.42 kl	0s	4.52 g	9.38 gk	G34
0.40 g	4.21 p	1.87 g	6.76 cd	128.80 n	32.28kl	113.57j	113.57 f	7.06 d	1.69 e	23.42 hig	23.38 dc	8.22 gk	0s	6.12 cd	10.28 ig	G35
0.89 cd	9.8 de	3.13 ef	5.16 jh	157.60j	49.58 jh	121.57 de	121.57 ef	6.46 fj	2.09 c	31.72 a	27.88 ab	16.42 d	17.24 cd	5.92 de	7.68 lm	G36
0.40 g	4.76 o	2.88 jh	5.12 jh	206.80 e	43.26 g	140.09 ab	140.09 c	5.70 ig	1.97 cd	28.70 c	14.48 k	1.80 o	4.74 p	6.02 d	14.62 bc	G37
0.45 ig	6m	2.68 jh	5.52fj	161.60f	59.66 de	136.09 b	136.09 d	5.1kl	1.77 d	26.70 e	25.18 c	7.30kl	9.34 kl	4.62 ig	10.22 ig	G38
0.74 ef	8.09j	2.90 j	5.92 f	137.40l	53.34 efj	102.33j	102.33 jh	7.24 d	1.43 i	21.38l	20.82 ef	10.38hi	9.70 k	5.66 ef	12.28fj	G39
0.53hi	4.08 q	2.33 i	4.92 h	97.54st	61.86 d	125.49 cd	146.20 c	5.30 gk	1.97 cd	21.10l	15.78 g	2.80 n	4.44 pq	6.02 d	12.02j	G40
0.24kl	3.26 q	1.5 k	4.72 hi	98.54st	55.46 ef	127.29 c	108.6j	4.10 m	1.57 j	24.30 h	20.98 ef	4.90 l	0s	4.82i	7.12 mn	G41

SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub- peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers,100- Grain Weight and Grain Yield, respectively

بوته، تعداد سنبلچه در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه می‌باشند.

SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub- peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers,100- Grain Weight and Grain Yield, respectively

ارزیابی برخی از ژنوتیپ‌های گندم دوروم تحت شرایط تنش خشکی و نرمال در استان ایلام ۱۲

جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط نرمال

Table 8. Simple correlation coefficients between the studied traits of the wheat genotypes under drought stress conditions

SPGW	100 GW	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	NT	Cod
															NT
													1	0.10	SL
												1	0.05	0.52**	NSP
											1	0.05	-0.34*	0.05	AL
										1	0.27	-0.16	-0.32*	0.01	PL
									1	0.16	0.43**	-0.09	0.05	-0.18*	SPA
								1	0.55	-0.09	0.47**	-0.09	0.08	-0.10	FLL
							1	0.30	-0.10	-0.18*	0.21	0.21	0.18	0.12	FLW
						1	-0.12	-0.07	0.09	0.18	-0.02	0.08	0.04	-0.20*	NSN
					1	0.18	-0.16	0.38	0.81**	0.37*	0.14	-0.22*	0.04	-0.21*	PH

SL, NSP, AL, PL, SPA, FLL, FLW, NSN, PH, NSPP, NGS, NSP, NT, 100 GW, SPGW and GY indicate the Spike Length, Number of Spike per plant, Awn Length, Peduncle Length, Sub- peduncle Axis, Flag Leaf Length, Flag Leaf Width, Number Steam of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers, 100- Grain Weight and Grain Yield, respectively

جدول ۹- ضرایب همبستگی ساده پیرسون شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی ژنوتیپ‌های گندم

Table 9. Simple Pearson correlation coefficient of drought stress tolerance indices and grain yield under normal irrigation and drought stress conditions for the wheat genotypes

RSI	YSI	YI	STI	SSI	HM	GMP	MP	TOL	Ys	Yp
										1
									1	0.76
								1	0.11	0.73
							1	0.51	0.91	0.96
						1	1	0.46	0.93	0.94
					1	1	0.99	0.41	0.95	0.92
				1	0.10	0.13	0.17	0.82	-0.20	0.40
			1	0.17	0.97	0.98	0.97	0.49	0.89	0.93
		1	0.89	-0.20	0.95	0.93	0.91	0.11	1	0.76
	1	0.20	-0.17	-1	-0.10	-0.13	-0.17	-0.82	0.20	-0.40
1	1	0.20	-0.17	-1	-0.10	-0.13	-0.17	-0.82	0.20	-0.40

(Yp: عملکرد دانه در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد دانه در محیط تنش خشکی، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، HM: میانگین هارمونیک، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد و RSI: شاخص پایداری نسبی) (Yp: Grain yield (non-Stress), Ys: Grain yield in (Stress), TOL: Tolerance Index, MP: Mean Productivity, HM: Harmonic Mean, GMP: Geometric Mean Productivity, SSI: Stress Susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index, YI: Yield Index, YSI: Yield Stability Index and RSI: Relative Strength Index)



شکل ۱- نقشه حرارتی نشان دهنده ارتباط بین مقاومت به خشکی مبتنی بر عملکرد متفاوت و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، اندازه‌ی هر دایره شدت همبستگی بین دو شاخص را نشان می‌دهد. (Yp: عملکرد دانه در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد دانه در محیط تنش خشکی، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، HM: میانگین هارمونیک، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد و RSI: شاخص پایداری نسبی)

Figure 1. Thermal map showing the relationship between yield and drought stress tolerance indices. The sizes of each circle show the intensity of correlation between two indicators (Yp: Grain yield (non-Stress), Ys: Grain yield in (Stress), TOL: Tolerance Index, MP: Mean Productivity, HM: Harmonic Mean, GMP: Geometric Mean Productivity, SSI: Stress Susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index, YI: Yield Index, YSI: Yield Stability Index and RSI: Relative Strength Index).

اول که ۶۲/۷۶ درصد از واریانس کل را توجیه نمود، شاخص‌هایی از قبیل Ys, Yp, TOL, MP, GMP, HM, STI و YI با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌داری قرار گرفتند. عامل دوم با توجیه ۳۴/۸۱ درصد از کل واریانس شامل صفاتی مانند TOL و SSI با ضریب عاملی مثبت و صفات YSI و RSI با ضرایب عاملی منفی و معنی‌داری بود (Gupta et al., 2010; Zakizadeh et al., 1999). در این جدول میزان واریانس هر عامل (برحسب درصد) و اهمیت آن در تفسیر تغییرات کلی داده‌ها و میزان اشتراک صفت که نشان دهنده بخشی از واریانس آن صفت است که با عامل‌های مشترک ارتباط دارد، ارائه شده است. در جدول مذکور میزان اشتراک اکثر ویژگی‌ها بالا است. این امر نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد گزینش مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانست‌اند تغییرات ویژگی‌ها را به نحوه مطلوبی توجیه نمایند. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2018) در آزمایش‌های خود در این زمینه، نتایج مشابهی را گزارش کردند. در تحقیقی که توسط غلام‌احمدی و همکاران (Gholam Ahmadi et al., 2019) بر روی ۱۲ لاین برتر گندم دوروم به منظور گزینش لاین‌های متحمل به تنش خشکی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده نمودند. در مطالعه ایشان دو مؤلفه دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک بودند که مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۶۵/۹۸ و ۳۳/۹۲ درصد از تنوع داده‌ها را تحه کردند.

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی در (جدول ۱۱) ارائه شده است. یکی از اهداف این تجزیه این بود که شاخص‌های مربوط به تنش خشکی را در قالب چند مؤلفه اصلی خلاصه نموده و نقش این شاخص‌ها در تبیین تنوع کل بیان نمایند.

به‌منظور تعیین عامل‌های توجیه‌کننده ویژگی‌های مورد بررسی، تجزیه به عامل‌ها بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، بر اساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی دو عامل وارد مدل شدند که $97/57\%$ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول $62/76\%$ درصد از تغییرات را توجیه کرد. از آنجا که در این عامل بیشترین ضرایب عاملی مربوط به عملکرد دانه در محیط بدون تنش، عملکرد دانه در محیط تنش خشکی، میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک، شاخص تحمل به تنش و شاخص عملکرد بود، این عامل را عامل پتانسیل عملکرد نامیدیم. انتخاب بر اساس این عامل ژنوتیپ‌هایی را گزینش می‌کند که عملکرد بیشتری در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی دارند. عامل دوم $34/81\%$ درصد از تغییرات را توجیه کرد با توجه به اینکه در این عامل بیشترین ضرایب عاملی مربوط به شاخص تحمل، شاخص حساسیت به تنش، شاخص پایداری عملکرد و شاخص پایداری نسبی بود آن را پایداری در شرایط تنش نامیدیم. ضرایب عاملی بزرگ‌تر از $0/5$ صرف نظر از علامت مربوطه، به‌عنوان ضرایب عاملی، معنی‌دار در نظر گرفته شدند. در عامل

میزان اشتراک Extraction	عامل دوم Second Factor	عامل اول First Factor	شاخص‌ها Indicators
0.97	0.157	<u>0.975</u>	Yp
0.98	-0.483	<u>0.867</u>	Ys
0.88	<u>0.740</u>	0.581	TOL
0.99	-0.109	<u>0.992</u>	MP
0.99	-0.152	<u>0.987</u>	GMP
0.99	-0.189	<u>0.978</u>	HM
0.97	<u>0.949</u>	0.281	SSI
0.96	-0.105	<u>0.976</u>	STI
0.93	-0.483	<u>0.867</u>	YI
0.97	<u>-0.949</u>	-0.281	YSI
0.97	<u>-0.949</u>	-0.281	RSI
	3.82	6.90	مقدار ویژه Eigen value
	34.81	62.76	درصد واریانس Variance percentage
	97.57	62.76	واریانس تجمعی Cumulative variance

Yp): عملکرد دانه در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد دانه در محیط تنش خشکی، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، HM: میانگین هارمونیک، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد و RSI: شاخص پایداری نسبی (Yp: Grain yield (non-Stress), Ys: Grain yield in (Stress), TOL: Tolerance Index, MP: Mean Productivity, HM: Harmonic Mean, GMP: Geometric Mean Productivity, SSI: Stress Susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index, YI: Yield Index, YSI: Yield Stability Index and RSI: Relative Strength Index.)

*** اعدادی که زیر آن‌ها خط کشیده شدند، ارزش بالاتری در تجزیه به عامل‌ها را دارند

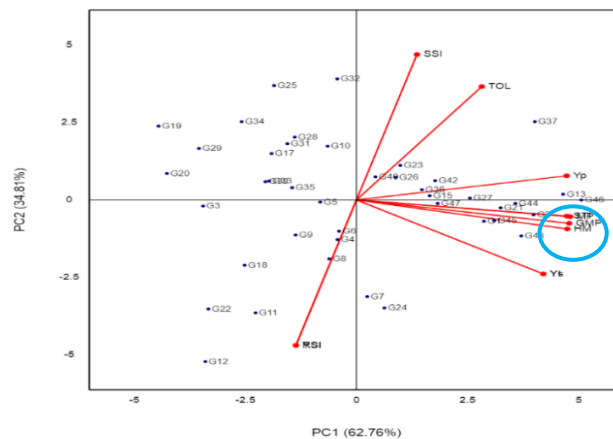
** The numbers that were underlined have a higher value in Factor analysis

۹۷/۵۷ درصد تغییرات داده‌ها با دو مؤلفه اصلی (PC1، PC2) با تبیین و بر اساس دو مؤلفه اول بای پلات ترسیم شد (شکل ۳). در این بررسی اولین مؤلفه اصلی ۶۲/۸ درصد و مؤلفه دوم ۳۴/۸ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. از آنجایی که مؤلفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس، از این جهت دو

مؤلفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژئوتیپها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح بای پلات مشخص نمود. نمودار بای پلات (شکل ۲) نشان داد که ژئوتیپ‌های شماره ۱۳ و ۴۶ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی (تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین هارمونیک) قرار گرفتند. گپیتا همکاران (Gupta et al., 1999)،

زکی‌زاده و همکاران (Zakizadeh et al., 2010) و محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2018) در آزمایش‌های خود در این زمینه، نتایج مشابهی را گزارش کردند. همچنین طبق نتایج خاکسار و همکاران (Khaksar et al., 2013) در بررسی شاخص‌های تحمل خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی گندم دوروم، گزارش کردند که در تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ‌هایی که در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک و تحمل به تنش قرار گرفتند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند. به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که شاخص‌های میانگین بهره‌وری (GMP، MP، HM و STI شناسایی و با جزئیات بیشتری بررسی شوند.

شکل ۲- ترسیم گرافیکی بای‌پلات شاخص‌های تحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های گندم بر اساس دو مؤلفه اول



شکل ۲- ترسیم گرافیکی بای‌پلات شاخص‌های تحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های گندم بر اساس دو مؤلفه اول
Figure 2. Biplot graphic of drought tolerance indices and wheat genotypes based on the first two components

References

- Ahmadi Lahijani, M. J & Emam, Y. (2013). Response of Wheat Genotypes to Terminal Drought Stress Using Physiological Indices (Applicable). *Journal of Crop Production and Processing*, 3(9), 163-176 (In Persian). <http://jcopp.iut.ac.ir/article-1-1943-en.html>
- Akbarabadi, A., Kahrizi, D., Rezaizad, A., Ahmadi, G., Ghobadi, M. & Molsaghi, M. (2015). Study of variability of bread wheat lines based on drought resistance indices. *Biharean Biologist*, 9(2), 88-92.
- Ben Amar, F. (1999). Genetic advances in grain yield of durum wheat under low rainfall conditions. *Barley and Wheat Newsletter. Rachis*, 18, 31-33.
- Bihamta, M., Shirkavand, M., Hasanpour, J. & Afzalifar, A. (2018). Evaluation of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 9(24), 119-136 (In Persian).
- Bouslama, M. & Schapaugh, J. (1984). Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance 1. *Crop Science*, 24(5), 933-937.
- Clarke, J. M., Townley-Smith, F., McCaig, T. N. & Green, D. G. (1984). Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance 1. *Crop Science*, 24(3), 537-541.
- Denčić, S., Kastori, R., Kobiljski, B. & Duggan, B. (2000). Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, 113, 43-52.
- Evans, L. & Wardlaw, I. 1996. Wheat. In: Zamski, E. and Schaffer, AA (Eds). *Photoassimilate distribution in plants and crops*. In: Marcel Dekker INC, New York, 501-518.
- Farzadi, H., Zarifinia, N., Assareh, A. & Shoushi Dezfouli, A. A. (2019). Evaluation of durum wheat (*Triticum durum* L.) genotypes tolerance to the terminal drought stress in the north of Khuzestan Province, Iran. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(4), 1063-1074.
- Fernandez, G. C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Aug. 13-16, Shanhu, Taiwan, 1992.
- Fischer, R. 2008. The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson. *Field Crops Research*, 105(1-2), 15-21.

- Fischer, R. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897-912.
- Fischer, R. & Wood, J. (1979). Drought resistance in spring wheat cultivars. III.* Yield associations with morpho-physiological traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30(6), 1001-1020.
- Garcia del Moral, L. f., Rharrabt, Y., Villegas, D. & Royo, C. (2003). Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediteranean condition. *Agronomy Journal*, 95, 266-274.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R., Ricciardi, G. & Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of plant science*, 77(4), 523-531.
- Geravandi, M., Farshadfar, E. & Kahrizi, D. (2010). Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, (2).
- Gill, B. S., Appels, R., Botha-Oberholster, A. M., Buell, C. R., Bennetzen, J. L., Chalhoub, B., Chumley, F., Dvorák, J., Iwanaga, M. & Keller, B. (2004). A workshop report on wheat genome sequencing: *International Genome Research on Wheat Consortium. Genetics*, 168(2), 1087-1096.
- Gholam Ahmadi, H., Siosemarde, A., Mardeh, A., Sohrabi, Y. & Jalal Kamali, M. (2019). Relationship between developmental traits and grain yield in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under terminal drought stress condition. *Research in Field Crops*, 33(4), 84-107.
- Gupta, A., Mittal, R. & Ahmad, Z. (1999). Association and Factor Analysis in Spring Wheat (*T. aestivum* L.). *New Botanist*, 26(1-4), 67-73.
- Guttieri, M. J., Stark, J. C., O'Brien, K. & Souza, E. (2001). Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41(2), 327-335.
- Hamidi, A. A., Moradi, F., Abbasi, A., Postini, K., Jodi, M. & Fatehi, F. (2010). Evaluation of important traits to improve wheat yield under drought stress. *Iranian Journal of Plant and Agricultural Science*, 42(2), 373-385 (In Persian).
- Ji, X., Shiran, B., Wan, J., Lewis, D. C., Jenkins, C. L., Condon, A. G., Richards, R. A. & Dolferus, R. (2010). Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant, Cell and Environment*, 33(6), 926-942.
- Johnson, R. & Kanemasu, E. (1982). The influence of water availability on winter wheat yields. *Canadian Journal of Plant Science*, 62(4), 831-838.
- Johnston, A. & Fowler, D. (1992). Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(4), 1075-1089.
- Kaviani, R., Aghae Sarbarzeh, M., Bihamta, M. R. & Mohammadi, M. (2014). Genetic Diversity and Factor Analysis for Agronomical and Morphological Traits in Durum Wheat Landraces. *Seed and Plant Journal*, 29(4), 673-692 (In Persian).
- Khaksar, N., Farshadfar, E. & Mohammadi, R. (2013). Evaluation of durum wheat advanced genotypes based on drought tolerance indices. *Cereal Research*, 3(4), 267-279.
- Moghaddasi, L., Rashidi, V. & Razban, H. A. (2010). Effects of drought stress on grain yield and some morphological traits of durum wheat lines. *Journal of Crop Eco-Physiology Agriculture Scienc*, 3, 41-53.
- Mohammadi, H., Ahmadi, A., Moradi, F., Abbasi, A., Postini, K., Jodi, M. & Fatehi, F. (2018). Evaluation of important traits to improve wheat yield under drought stress. *Journal of Crop Plant Sciences of Iran*, 42(2), 373-385 (In Persian).
- Naderi, A. (1990). The evaluation of genetic variation., modelling assimilates and nitrogen redistribution to seed in bread wheat genotype in drought stress Ph. D. Thesis. Sciences and Researches Azad University of Ahvaz (In Persian).
- Naghavi, M., Shahbaz, P. A. & Taleie, A. (2002). Study of genetic variation in durum wheat germ plasm for some morphological and agronomic characteristics. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 4, 81-86 (In Persian)
- Oladi1, M., Nematzadeh, G., Hashemi, S. H. R., Afkhami, G. A. & Rezaei, M. 2014. Screening of Rice Promising Lines from Multiple Cross using Agro-Morphological Traits. *Journal of Crop Breeding*, 6(14), 15-26 (In Persian).
- Oraki, H., & Aghaalikhana, M. (2012). Effect of water deficit stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and grain yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *African journal of Biotechnology*, 11(1), 164-168.
- Pandey, R., Maranville, J., & Admou, A. (2001). Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 15(2), 93-105.
- Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Holada, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop science*, 30(1), 105-111.
- Sabaghpour, S., Sadeghi, E. & Malhotra, R. 2003. Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. International chickpea conference (In Persian).

- Sadegh Ghol Moghadam, R., Saba, J., Shekari, F. & Roustaii, M. (2020). Study of Relationships between Root Traits and Yield and Yield Components of Bread Wheat under Rainfed Conditions [Research]. *Journal of Crop Breeding*, 12(36), 136-150 (In Persian).
- Saremi, Z., Shahbazi, M., Zeinalabedini, M., Majidi Haravan, E., & Azizinezhad, R. (2022). Evaluation of Drought Tolerance in Barley Genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using Drought Tolerance Indices [Research]. *Journal of Crop Breeding*, 14(41), 10-18 (In Persian).
- Schillinger, W. F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for dryland spring wheat, barley, and oat. *Crop science*, 45(6), 2636-2643.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Panneerselvam, R. & Shao, M. A. (2009). Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants – biotechnologically and sustainably improving agriculture and the ecoenvironment in arid regions of the globe. *Critical Reviews in Biotechnology*, 29(2), 131-151.
- Waysi Malamiri, E., Haghparast, R., Sarbarzeh, M. A., Farshadfar, E. F. & Rajabi, R. (2010). Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, 26(1), 43-60.
- Zabarjadi, A. R., Tavakoli Shadpi, S., Atminan, A. R. and Mohammadi, R. (2013). Evaluation of drought tolerance in durum wheat genotypes using drought tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, 12 (1), 18-30 (In Persian).
- Zakizadeh, M., Moghaddam, M. E. and Kahrizi, D. (2010). Study on genetic variation and relationship between plant characteristics and grain yield in long spike bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes-using multivariate analysis. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(1), 18-30 (In Persian).