

"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, Iran

Received: 28 Desember, 2022

Accepted: 10 July, 2023

Extended abstract:

Introduction and Objective: Drought is one of the most important global threats to food production, in addition to that, climate change and the increase in the global population also widen the dimensions of this problem. One of the ways to solve this problem is to create new cultivars with greater tolerance to drought stress. Wheat has been one of the most important sources of human food all over the world and it is used in various food products and processing industries. Wheat together with rice and corn provide more than 60% of calories and protein needed for human nutrition. In areas like 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, one of the effective methods that can minimize the effect of this phenomenon in combination with other methods of water deficit management is the use of high-yielding and drought-tolerant cultivars. Despite the numerous scientific sources published in this field, there are still many gaps in these studies, so studying the effects of drought stress is always a research priority. Ilam province, as one of the irrigated wheat production areas, suffers from the lack of cultivars that are resistant or tolerant to low irrigation conditions, so investigating the response of different wheat genotypes in low irrigation conditions as low input production systems is very important and is addressed in this study.

Material and Methods: In order to evaluate some bread wheat genotypes under normal and drought stress conditions, 36 wheat genotypes were evaluated in the form of a randomized complete block design in three replicates in the crop year of 2019-2019 in Darehshahr city located in Ilam province. The examined traits include spike length, spike number per plant, spike length, peduncle length, sub-peduncle axis, flag leaf length, flag leaf width, number of stem nodes, plant height, number of spikes per plant, number of seeds per spike, number of seeds per plant, plant, number of tillers, hundred seed weight, single plant seed weight and seed yield. Based on performance under stress (Yp) and normal (Ys), drought tolerance indices such as average productivity tolerance index, harmonic mean, geometric mean productivity (GMP), stress sensitivity index, stress tolerance index, performance stability index (YSI) and Relative Stability Index (RSI) and Performance Index (YI) were calculated. The mean comparison test was performed using Duncan's method and using R software. Simple correlation (Pearson), decomposition into components, decomposition into factors were also performed between the tested traits. SAS 9.1 statistical software was used for statistical analysis of traits.

Results: The results of the analysis of variance in drought and normal stress conditions showed that there was a significant difference between genotypes in all traits at the probability level of 1%. The most important significant correlation coefficient in both conditions between seed yield was related to the seed weight of a single plant and the number of seeds per plant. Considering the high and significant correlation of grain yield under stress and non-stress conditions with drought tolerance indices, higher productivity indices, geometric mean productivity (GMP), geometric mean and stress tolerance index as the best indicators, were chosen. It seems that in order to evaluate stress tolerance, the selection of genotypes should be based on several indicators. Factor analysis at the drought stress condition indicated that the two first factors explained a total of 97.57% of the variance. The first factor was called the performance stability factor and the second factor was named the Stability Factor. The biplot diagram also showed that the genotypes of no. 13 and 47 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 analysis of variance 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, and some of these traits can be used to evaluate stress tolerance. The best genotypes had the best averages for peduncle length of genotype 33, for the number of seeds per plant of genotype 5, for seed weight of a single plant and seed yield of genotype 1. The heat map shows the relationship between drought tolerance based on different yield and drought stress tolerance indices. Considering the high and significant correlation of grain yield under stress and non-stress conditions with drought tolerance indices, average productivity indices, GMP, geometric mean and stress tolerance index were selected as the best indices that are able to distinguish tolerant genotypes from other Screen the genotypes. The yield index (YI) had the highest correlation coefficient with grain yield under stress conditions. Based on biplot results, genotypes No. 13 and 47 were the most tolerant genotypes under drought stress conditions more than other genotypes and were introduced as superior genotypes.

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



"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، ایران
 تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۹
 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 می‌کنند. 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 سنبلچه 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 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 MP، GMP 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 به‌عنوان 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

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 بخصوص 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., 2001; Denčić et al., 2000). در مطالعه‌ای به روی ۱۶ ژنوتیپ گندم در شرایط آبی و دیم با گزارش شد که هم‌سنگی 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) 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 از قلم تحمیل 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 منتشر شده، هنوز خلأهای زیادی در این مطالعات به چشم

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 کم‌آبی 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 آناتومی یک 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 صفات‌هایی همچون وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه اثر

استفاده شدند (Waysi Malamiri et al., 2010). جهت محاسبه‌ی عملکرد دانه (برحسب کیلوگرم در هکتار) و اجزای آن که شامل تعداد سنبلچه در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه (برحسب گرم) و وزن دانه تک بوته (برحسب 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 (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).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

در این روابط، SYs عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی، SYp عملکرد ژنوتیپ در شرایط آبیاری مطلوب، 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 می‌شود. 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 نرم‌افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد.

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 ۱۳۹۹-۱۴۰۰ 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. بدین منظور 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 به صورت 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 (برحسب 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

شد. برای تجزیه آماری صفات، از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه

Table 1. Characteristics of studied wheat genotypes

شماره (Num)	نام ژنوتیپ (Genotype)	منشأ (Origin)	منشأ (Origin)	شماره (Num)	نام ژنوتیپ (Genotype)	منشأ (Origin)	منشأ (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 Durum	27	2195	Turkey	Triticum Durum
7	10519	"	Triticum Durum	28	2230	Greece	Triticum Durum
8	10592	"	Triticum Durum	29	2280	----	Triticum Durum
9	10615	"	Triticum Durum	30	23096	Armenia	Triticum sp
10	10738	----	Triticum	31	23415	----	Triticum
11	10779	Rusia	Triticum Durum	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 Durum	36	29996	Greece	Triticum Durum
16	15316	Italy	Triticum Durum	37	6912	----	Triticum araraticum
17	15867	Ethiopia	Triticum Athiopicum	38	7086	Turkey	Triticum Durum
18	16054	Iraq	Triticum Durum	39	7487	USA	Triticum sp
19	16625	Israel	Triticum Hybr	40	751	Turkey	Triticum Durum
20	17175	Kaza	Triticum Durum	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)

*منبع: اداره هواشناسی شهرستان دره شهر

*Source: Dereshahr Meteorological Department

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

بافت خاک (Soil Texture)	پتاسیم (K) (mg/kg)	فسفر (P) (mg/kg)	نیترژن (%) (N)	pH	EC (ds/m)
لوم (Loam)	550	8.5	0.1	7.51	1.29

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 سنبلچه در بوته ژنوتیپ ۳۷، برای تعداد دانه در بوته ژنوتیپ ۱۲، برای تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ ۱۲، برای تعداد پنجه 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 به خود 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،

مؤثرتری در عملکرد گندم بهاره دارند. حمیدی و همکاران (Hamidi et al., 2010) نیز اظهار کردند که تنش خشکی به‌طور 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.

سنبلچه در بوته ژنوتیپ‌های ۱۴، برای تعداد دانه در بوته ژنوتیپ ۵، برای تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ ۱۳، درصفت تعداد پنجه 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 فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله ذخیره‌ی مواد فتوسنتزی، می‌توان نتیجه گرفت بالا بودن آن می‌تواند در انتخاب رقم برتر موردتوجه واقع شود (Schillinger, 2005). در پژوهش گارسیا و همکاران (Garcia et al., 2003) تفاوت معنی‌داری 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

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	
GY	SPGW	100SW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	df	Source of Variation
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 سنبله در بوته، 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, Subpeduncle 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

میانگین مربعات Mean of Squares																منابع تغییرات	
GY	SPGW	100SW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	df	Source of Variation
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 سنبله در بوته، 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, Subpeduncle 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
1.48 cd	12.47d	5.11b	6.60d	289.20jh	62.66 de	117.40 f	91.46 ig	4.06i	1.86 ef	18.20 ig	19.06 g	06k.14	5.63 mn	5.26 cde	14.66bc	G1
1.56 c	11.73de	4.89cd	6.06ef	271.4lhi	64.40 de	128.42 d	85.06 k	4.26 j	1.90cd	21.33 f	19.53 ig	15.76 ig	11.96 j	5.80 bc	10.2g	G2
1.42 cd	12.81d	5.08bc	6.80d	25.861jh	65.73 de	117.53 f	90.86 ig	4.13 h	1.83 ef	22.20 ef	21.06 jh	15.93 ig	7.16kl	5.53 de	15ab	G3
85 b.1	15.22b	4.13de	5.93fg	286.73 jh	80.66 c	142.40 b	93.20 ig	3.66l	1.66j	19hi	19.60 ig	16.83 jh	8.73 gk	5.53 de	9.06hi	G4
25 f.1	14.60cd	5.09bc	6.46de	233.53 hi	60.46 de	135.53 c	85.13 k	3.73 k	1.86 ef	20.10 h	17.50 lm	15.70 g	12.13fj	5.80 bc	9.66 h	G5
1.38d	15.37b	4.13de	2.24l	35.941cd	70.76 cd	116.10 f	97.46 i	3.97 g	1.94 c	21.42 jh	21.13 jh	13.72 kl	7.44 k	5.66 cd	12.06 ef	G6
0.34p	6.17fj	3.23i	6.06ef	194.87kl	28.46	98.58i	126.18 cd	4.85 b	1.90 cd	24.36 cd	29.46 ab	16.28jhi	9.54 ig	4.62 f	14.34 c	G7
1.30 de	15.29bc	3.78ef	6.10ef	445.66b	66.02 de	96.10i	64.54 l	4.57 d	1.84 ef	21.90 fj	17.81 lm	14.90 gk	12.40fj	6.10 b	9.88 h	G8
0.78kl	6.79fj	3.08h	6.84cd	274.54hi	65.50 de	112.50fj	97.46 i	3.37 n	2.14 ab	22.72 ef	17.93 lm	16.52 hi	7.14kl	5.06 ef	9.46 h	G9
0.45o	8.79ef	3.65fj	6.26e	158.38o	34.26i	58.18l	132.18 c	3.65l	2.20 a	27.56 a	28.45 bc	27.68 b	16.34 c	4.62 f	10.04 jh	G10
0.79kl	13.90cd	4.54cd	8.44ab	302.74f	38.90 h	101.30j	143.06 bc	4.77 c	1.84ef	19.42 hi	20.83i	26.92 b	0.94 p	5.66 cd	11.66f	G11
2.02 a	21.08a	4.24cd	4.30g	614.06a	101.82 a	167.30 a	100.94 h	4.37 f	1.54i	25.20 bc	27.51 cd	9.30 no	17bc	5.30 cde	6.58 l	G12
1.80 bc	14.69c	4.17de	5.64j	367.54cd	99.10 b	129.50d	110.26j	4.77 c	1.94 c	21.02 jh	19.03 g	16.72jhi	7.14kl	5.66 d	12.66 e	G13
1.06i	10.32ef	4.67cd	4.30g	242.66h	54.42 ef	117.70f	112.54 fj	4.97 a	1.44 g	23.70 de	28.01 c	17.70fj	19.60 a	4.90 f	10.38j	G14
0.74l	7.69ef	3.94ef	6.24e	230.14hi	51.70efj	123.10 ef	149.26 b	4.37 f	1.74 ef	25.72 bc	29.53 ab	30.22 a	14.94 de	4.66fj	10.26j	G15
0.11r	1.57m	0.98n	6.86d	93.76q	25.06l	103.58j	88k .78	4.25j	2.10 ab	22.86 ef	22.35j	9.98 n	7.04 l	5.82 abc	12.24 ef	G16
0.81k	6.88fj	3.62fj	8.64a	231.14 h	57.10 ef	123.70ef	141.06 bc	3.17 o	1.74 ef	23.82 cde	29.23 b	19.02 ef	18.04 b	5.06 ef	12.36 ef	G17
0.92g	4.85ig	3.51fj	5.44jh	260.74 jh	73.30 cd	108.90j	84.06 kl	3.97 g	1.64 j	23.22 de	15.13 m	17.72 fj	12.90 ef	4.66 fj	8.64 i	G18
0.81k	6.33fj	3.63ef	5.86fj	201.78 k	58.46 ef	113.98fj	132.98 c	4.65 d	1.60 h	20.36 h	25.15 ef	17.28fjh	6.04 m	5.02ef	8.24 ig	G19
0.64mm	8.85ef	3.39fj	5.46jh	225.18g	46.86 jh	125.78d	115.38 e	3.85 k	1.40 k	18.76 i	26.06 e	26.78 b	12.84 ef	5.22 e	12.44 e	G20
0.86gk	15.31bc	3.90fj	7.06bc	340.98 cf	73.36 cd	83.68 g	89.13 gk	4.05h	1.73 ef	20.04 h	20.05 i	16.58 hi	4.69 no	3.92 jh	13.99 cd	G21

SL، NSP، AL، PL، SPA، FLL، FLW، NSN، PH، NSPP، NGS، NSP، NT، 100 GW، SPGW و GY به ترتیب نشان‌دهنده 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 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.

ادامه جدول ۶-

Continued Table 6.

GY	SPGW	100SW	NT	NSP	NGS	NSPP	PH	NSN	FLW	FLL	SPA	PL	AL	NSP	SL	Code
0.64 m	6.66 fj	3.37 fj	7.84 bc	213.94	45.30 jh	123.50 ef	145.46 bc	4.77 c	1.84 ef	24.32 cd	27.63 cd	21.22 de	11.24 h	5.46 cde	13.36 d	G22
1.21 f	11.74 de	5.02 c	6.10 ef	290.54 fj	66.40 de	135.30 c	128.56 cd	3.77 k	2.04 b	24.97 c	23.78 fjh	20.77 e	11.24 h	4.76 f	11.31 fj	G23
1.22 f	13.79 cd	3.57 fj	5.10 i	361.26 c	81.82 c	106.70j	104.54 jh	4.57 d	1.54 i	17.70 k	19.01 g	26.50 bc	5.30 n	4.70 f	11.88f	G24
0.31 p	4.81 i	2.04 l	7.46 bc	151.98 op	32.06 k	114.18 fj	103.58 jh	2.65 p	1.70 fj	27.06 ab	24.55 fj	13.18 lm	7.34 k	6.02 b	15.34a	G25
0.32 p	4.28 ig	2.34 k	6.04 ef	169.34 n	39.30 g	102.5ji	140.86 bc	4.77 c	1.64 j	26.72 b	26.33 de	13.52 l	9.34 ig	4.66 cd	14.56 bc	G26
1.21 f	11.41 de	4.91 cd	4.10 k	240.06 h	65.82 de	115.10 f	120.74 de	3.97 g	1.64 j	21.20 fjh	25.01 f	25.40 c	15.14 cd	4.30 fjh	8.68i	G27
0.60 m	7.08 f	3.72 ef	6.96 d	197.06 kl	49.42 j	70.30 k	101.14 jh	4.57 d	1.34 l	18.80 i	18.81 l	24.20 cd	6.90 lm	3.70 h	8.68 i	G28
1.40 d	14.88 c	5.30 a	8.46 a	271.58 hi	63.26 de	141.18 b	135.38 c	4.25 j	2bc	22.36ef	30.55 a	25.58 c	14.94 de	5.42 de	10.34j	G29
1.20 j	13.16 cd	4.05 e	6.86 d	208.98 k	66.06 de	112.58 fj	123.98 de	4.45 e	1.60 h	18.96hi	27.95 cd	18.38 f	7.54 k	5.82 abc	10.44 j	G30
0.18 q	2.82 l	1.08 m	6.66 e	141.38 bc	38.66 gi	81.78 g	82.78kl	4.45 e	1.60 h	15.56l	19.05 k	9.08 op	5.74 mn	5.62 bcd	14.94 b	G31
0.33 p	3.99 k	2.11 kl	8.44 ab	180.14 m	43.10 jh	105.10j	153.66 a	3.97 g	1.44 g	22.12 fj	24.43 fj	20.12 ef	0.94 p	4.86 f	12.86 e	G32
1.49 cd	13.29 cd	4.88 cde	8.86 a	250.58 jh	63.26 de	125.18 de	108.78 jh	3.85 k	2bc	18.16 ig	21.85 jh	30.48 a	10.44i	6.22 ab	8.24 ig	G33
1.14 h	10.89 ef	4.11 de	5.26 jh	243.58 h	57.46 ef	115.98fj	100.58 h	3.65 l	1.70 fj	21.76 fj	21.75 jh	5.98 p	0q	6.22 ab	8.24 ig	G34
0.78 kl	5.97 h	3.15 ig	7.06 bc	222.58 g	49.26 j	133.18 c	126.18 cd	4.05 i	1.20 n	17.96 g	26.25 de	21.58 de	0q	6.42 a	12.34 e	G35
1.24 f	15.90 b	3.75 ef	6.46 de	310.58 ef	74.06 cd	112.18 fj	108.18 jh	4.45 e	1.60 h	26.16 bc	26.35 de	21.38 de	15.14 cd	5.82 abc	9.14 hi	G36
0.73 l	8.33 f	3.71 fj	5.70 j	210.26 gk	51.02efj	168.90 a	130.14 c	3.57 m	1.84 de	25.90 bc	30.81 a	3q	7.80 k	4.50 fj	14.68 bc	G37
0.58 mn	6.03 j	3.65fj	5.10 i	190.46 l	37.82hi	110.30j	113.94 f	3.57 m	1.54 i	20.60 h	28.71 bc	6.10 o	12.90ef	5.10 ef	10.38j	G38
0.47 o	6.81 fj	2.47 k	7.24 bc	212.14 gk	54.30 ef	107.50 g	106.66 jh	4.37f	1.60 h	22.92ef	21.43 jh	15.12 gk	7.14kl	4.66 fj	11.86 f	G39
0.68 m	4.86 ig	2.65 gk	5.30 h	192.46kl	61.62 de	113.30 fj	97.54i	3.57 m	2.04 b	23.30 de	19.61 ig	5.60 p	6.80 lm	4.70 fj	12.78 e	G40
0.54 n	5.93hi	2.79 g	4.10 k	195.26kl	51.42 efj	106.90j	98.54i	4.37 f	1.24 m	17.70 k	19.31 ig	11.90 m	0q	4.30 fjh	7.38 k	G41

SL، NSP، AL، PL، SPA، FLL، FLW، NSN، PH، NSPP، NGS، NSP، NT، 100 GW، SPGW و GY به ترتیب نشان دهنده 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 سنبلچه در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته و عملکرد دانه می باشند.
 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 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 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

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

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

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

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

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

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

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

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

ادامه جدول 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	1.131	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	1.131	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, GY و به ترتیب نشان دهنده 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 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

تجزیه همبستگی صفات

نتایج همبستگی پیرسون صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط نرمال تنش خشکی (جدول 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 سنبلچه در بوته ($r = 0/60$) و تعداد سنبله در بوته ($r = 0/51$) همبستگی مثبت و معنی‌دار 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 معنی‌داری در سطح پنج درصد داشت. همبستگی عملکرد دانه با دیگر صفات مورد ارزیابی در این پژوهش غیر معنی‌دار 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 ($r = 0/42$) و عرض برگ پرچم ($r = 0/42$) در سطح احتمال

یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار 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 معنی‌داری وجود داشت. نقوی در مطالعه‌ای گزارش کرد که بین عملکرد سنبله با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری 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 معنی‌داری وجود دارد. طبق یافته‌های اولادی و همکاران (Oladi et al., 2014). بین عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله لاین‌های برنج همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. در مطالعه دیگری صادق‌گل‌مقدم و همکاران (Sadegh Ghol Moghadam et al., 2020) وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه گندم نان را با اجزای عملکرد دانه گزارش کردند.

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	SL
													1	0.05	NSP
												1	-0.34*	0.05	AL
												1	-0.32*	0.01	PL
												1	0.27	-0.16	SPA
												1	0.55	-0.09	FLL
												1	0.47**	-0.09	FLW
												1	0.30	-0.10	NSN
												1	-0.12	-0.07	PH
												1	-0.16	0.38	FLW
												1	0.18	-0.07	NSP
												1	-0.22*	0.14	NSP
												1	0.04	-0.21*	NSP
												1	0.04	-0.21*	NSP

ریشک، طول پدانکل، محور زیر پدانکل، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، تعداد گره ساقه، ارتفاع 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 Stem of Nodes, Plant Height, Number of Spikelets per Plant, Number of Grains per Plant, Number of Tillers, 100- Grain Weight and Grain Yield, respectively

گزینه‌ش می‌کند. این نتیجه با یافته‌های محققین در پژوهش‌های دیگر در مورد ژنوتیپ‌های گندم دوروم (Waysi et al., 2010) و در ژنوتیپ‌های گندم نان (Geravandi et al., 2010) مطابقت دارد. در یک بررسی انجام شده روی نوع لاین‌های گندم دوروم با استفاده از شاخص‌های تحمل خشکی، مشاهده شد که بین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با شاخص‌های تحمل به خشکی (YI، STI، GMP، YSI و HM) همبستگی مثبت و معنی‌داری 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

تجزیه همبستگی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

به‌منظور 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 معنی‌دار 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 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. این شاخص ژنوتیپ‌ها را فقط براساس عملکرد در شرایط تنش

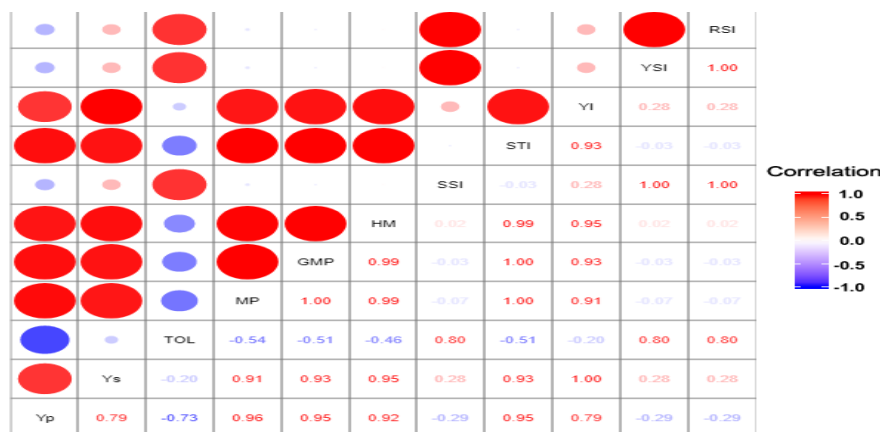
بهره‌وری (GPM) همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی جو داشتند.

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی ساده پیرسون شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی ژنوتیپ‌های گندم

Table 10. 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
								1	0.11	0.73
							1	0.51	0.91	0.96
					1	1	1	0.46	0.93	0.94
				1	0.10	0.13	0.17	0.41	0.95	0.92
			1	0.17	0.97	0.98	0.97	0.82	-0.20	0.40
		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).

تجزیه به عامل‌ها

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 ۹۷/۵۷ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول ۶۲/۷۶ 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 ۳۴/۸۱ 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 ۰/۵ صرف نظر از علامت مربوطه، به‌عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار در نظر گرفته شدند. در عامل اول که ۶۲/۷۶ درصد از واریانس کل را توجیه نمود، شاخص‌هایی از قبیل Yp، Ys، TOL، MP، GMP، HM،

توانسته‌اند 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 توجیه کردند.

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., 1999; Zakizadeh et al., 2010). در این جدول میزان واریانس هر عامل (بر حسب درصد) و اهمیت آن در تف‌سیب تغییرات کلی داده‌ها و میزان اشتراک صفت که نشان‌دهنده 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

جدول ۱۱- ضرایب عاملی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم

Table 11. Factor coefficients of drought stress tolerance indices for the wheat genotypes

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

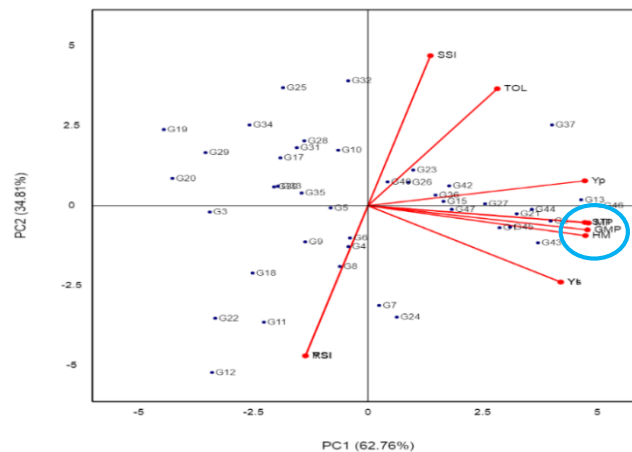
(Yp: عملکرد دانه در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد دانه در محیط تنش خشکی، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، HM: میانگین هارمونیک، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد و RSI: شاخص پایداری نسبی) (Yp: Grain yield (non-Stress), 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.)

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

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 (Gavuzzi et al., 1997)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین شاخص تحمل تنش به‌عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب شدند. به‌عبارتی دیگر مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه باشند و 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. بعد از شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی بایستی صفات MP، GMP، HM و STI شناسایی و با جزئیات بیشتری بررسی شوند.

تجزیه بای‌پلات

۹۷/۵۷ درصد تغییرات داده‌ها با دو مؤلفه اصلی (PC1، PC2) با تبیین و بر اساس دو مؤلفه اول بای‌پلات 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 ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح بای‌پلات مشخص نمود. نمودار بای‌پلات (شکل ۲) نشان داد که ژنوتیپ‌های 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. گوپتا 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



شکل ۲- ترسیم گرافیکی بای پلات 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

منابع

- 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, Shanhua, 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 Mediterranean 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., Chalhou, 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.
- Johnson, 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., Aghaee 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)
- Oladi 1, 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 environment 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).