Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 18, Issue 1, 2026 p: 29-42

OPEN ACCESS

Research Paper

Evaluation of Some Bread (*Triticum aestivum* L.) and Pasta (*T. durum*) Wheat Cultivars in Response to Drought Stress at the Germination Stage

Faizeh Rezaei[1], Reza Amiri Fahliani[2], Ali Behpouri[3], Masoud Dehdari[4], and Zahra Zinati[5]

1-M.Sc., Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
2- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, (Corresponding author: Amiri@yu.ac.ir)
3-Assistant Professor, Department of Agroecology, Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Darab, Iran
4- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
5- Associate Professor, Department of Agroecology, Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Darab, Iran

Received: 10 May, 2025 Revised: 08 August, 2025 Accepted: 15 September, 2025

Extended Abstract

Background: Wheat ranks third in production and is the world's first grain as the main source of calories and protein for humans. Increasing wheat grain yield is essential due to the increasing population. Drought stress is considered the most important factor in reducing plant production in many regions. The germination stage plays a decisive role in the proper establishment of crop plants, and genetic differences at this stage under stress conditions provide a useful opportunity for selecting and understanding appropriate traits for stress tolerance. Considering the conditions of water deficit and drought in Iran and the world, as well as the introduction of new varieties of bread and durum wheat by research and scientific centers, the study and evaluation of new and promising wheat varieties are of great importance and help plant breeders in selecting varieties to face drought stress.

Methods: To investigate the effect of drought stress on the morphological characteristics of 15 bread wheat cultivars (Alvand, Aflak, Pishgam, Pishtaz, Chamran, Zare, Sirvan, Saison, Shiroudi, Karim, Gaskogen, Gonbad, Morwarid, Mehan, and Mehrgan) and five durum wheat cultivars (Behrang, Shebrang, Yavarous, D-92-5, and D-91-16) and to identify drought-tolerant cultivars, a study was conducted at the germination stage in the laboratory of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, Darab, Iran, in the 2016-2017 crop year. The experiment was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. Polyethylene glycol (PEG) 6000 at a concentration of 10% was used to apply drought stress.

Results: The effect of the stress and genotype interaction was highly significant on the germination percentage and rate, shootlet length, fresh weight of rootlet, and fresh and dry weights of the shootlet. The highest germination percentage belonged to the Karim and Aflak cultivars in normal and stress conditions, respectively. The average germination percentage in drought stress conditions showed a 4% decrease compared to normal conditions. The highest germination rate was shown by the Karim and Behrang cultivars in normal conditions and by the Behrang cultivar in drought stress conditions. The germination rate in stress conditions showed an average decrease of 17% compared to normal, and was more sensitive to the germination percentage. Shootlet length in drought stress conditions showed a 14% decrease compared to normal conditions, and the highest values were recorded for the Zare and Alvand cultivars in normal and stress conditions, respectively. The genotypes showed different lengths of rootlet and coleoptile. The highest average lengths of rootlet and coleoptile were shown by the Karim and Morwarid cultivars, respectively. The cultivars Alvand, Pishtaz, Chamran, Sirvan, Shiroudi, and Shabrang were not different from the Morwarid cultivar in coleoptile length. The highest fresh rootlet weight was shown by the Karim cultivar (0.038 g) in normal conditions and by the Aflak (0.041 g), Karim, and Mehan cultivars in stress conditions. The cultivars Shabrang and Pishgam (0.072 g) in normal conditions, and the cultivar D-91-16 (0.055 g) in stress conditions presented the highest fresh shootlet weight. The fresh shootlet weight decreased by 16% in drought stress compared to normal conditions. The average dry rootlet weight of the cultivars (0.004 g) decreased by 43% under stress conditions compared to normal conditions (0.007 g). The Karim

Copyright ©2026. Rezaei et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

cultivar showed the highest dry rootlet weight (0.008 g). The highest shootlet dry weights in normal and stress conditions belonged to the cultivars Mehrgan (0.0087 g) and Mehan (0.0077 g), respectively. Bread wheat had the highest rootlet length, shootlet length, rootlet fresh weight, shootlet fresh weight, and shootlet dry weight under normal conditions. Under stress conditions, the highest germination percentage and rate were measured for durum wheats, and the highest rootlet length and dry weight were found for bread wheats. Pishtaz, D-92-5, and D-91-16 cultivars showed the lowest stress susceptibility index (SSI) based on the germination percentage. Higher heritability was observed for the germination rate, and shootlet fresh and dry weight under normal conditions compared to stress conditions. However, germination percentage, shootlet length, and rootlet fresh weight showed higher heritability under stress conditions.

Conclusion: Bread wheat genotypes showed better performance under normal conditions, and it may be claimed that they utilized the available moisture conditions well to improve characteristics and growth conditions. Under stress conditions, durum wheats showed the highest germination percentage and rate, which play an important role in the establishment of seedlings at the beginning of the growing season. Bread wheat had the highest rootlet length and dry weight, which are important mechanisms for dealing with drought stress in tolerant plants. The cultivars Alvand, Aflak, Pishtaz, Chamran, Saison, Shiroudi, Karim, Gaskogen, Gonbad, Morwarid, Mehan, Shabrang, Yavarous, and D-92-5 gained higher germination percentages under both stress and non-stress conditions than the other cultivars and were among the desirable cultivars. Based on heritability, it can be stated that the germination percentage and rate, shootlet dry weight, and coleoptile length in both normal and drought stress conditions, shootlet fresh weight in normal conditions, and shootlet length and rootlet fresh weight in drought stress conditions can be selected for in the early generations of segregation. The cultivars in different clusters showed similar and close germination percentage, rootlet length and dry weight, rootlet and shootlet fresh weight, or shootlet dry weight. Under drought stress conditions, the cultivars Alvand, Pishgam, Pishtaz, Zare, Sirvan, Morwarid, Mehan, Shabrang, and Yavarous from both bread and durum wheat groups showed high or moderate overall drought resistance and were statistically similar in terms of root and shoot fresh weight. The results of cluster analysis showed that cultivars might react differently under different growth conditions, once again confirming the need to examine cultivars under different environmental conditions for breeding. A breeding program can be designed considering the presence of cultivars in specific groups. Cultivars that are in the same group are more similar, and if desired, similar cultivars can be used to enhance the desired traits, or cultivars in different groups can be used in hybridization to create genetic diversity. Finally, based on the overall results, the cultivars Aflak, Karim Alvand, Pishgam, Pishtaz, Zare, Sirvan, Morwarid, Mehan, Shabrang, and Yavarous were identified as resistant cultivars at the germination stage and are recommended for drought stress conditions.

Keywords: Cluster analysis, Drought stress, Drought tolerance, PEG, Stress susceptibility index, Wheat

How to Cite This Article:. Rezaei, F., Amiri Fahliani, R., Behpouri, A., Dehdari, M., & Zinati, Z. (2026). Evaluation of Some Bread (Triticum aestivum L.) and Pasta (T. durum) Wheat Cultivars in Response to Drought Stress at the Germination Stage. *J Crop Breed,* 18(1), 29-42. DOI: 10.61882/jcb.2026.1563

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

ارزیابی برخی ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) و ماکارونی (*T. durum*) در واکنش به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی بذر

فائزه رضائی[۱]، رضا امیری فهلیانی[۲]*، علی بهپوری[۳]، مسعود دهداری[۴] و زهرا زینتی[۵]

۱- کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران، (نویسنده مسوول: Amiri@yu.ac.ir)
۳- استادیار، بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران
۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
۵- دانشیار، بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴
صفحه: ۲۹ تا ۴۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: گندم دارای رتبه سوم تولید و اولین غله دنیا به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده کالری و پروتئین برای انسان است. افزایش عملکرد دانه گندم با توجه به افزایش جمعیت ضروری است. تنش خشکی مهمترین عامل کاهش تولید گیاهان در بسیاری از مناطق محسوب می‌شود. مرحله جوانه‌زنی نقش تعیین‌کننده‌ای در استقرار مناسب گیاهان زراعی دارد و تفاوت‌های ژنتیکی در این مرحله در شرایط تنش، فرصت مفیدی را برای به‌گزینی و درک شناخت صفات مناسب در تحمّل تنش فراهم می‌نماید. با عنایت به شرایط کمبود آب و خشکی در ایران و جهان و همچنین معرفی ارقام جدید گندم‌های نان و دوروم توسط مراکز پژوهشی و علمی، بررسی و ارزیابی ارقام جدید و امیدبخش گندم از اهمیت بالایی برخوردار است و به‌نژادگران گیاهی را در جهت انتخاب ارقام در مواجهه با تنش خشکی کمک می‌نماید.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی ۱۵ رقم گندم نان (الوند، افلاک، پیشگام، پیشتاز، چمران، زارع، سیروان، سایسون، شیرودی، کریم، گاسکوژن، گنبد، مروارید، میهن و مهرگان) و پنج رقم گندم دوروم (بهرنگ، شبرنگ، یاواروس، D-92-5 و D-91-16) و جهت شناسایی ارقام متحمل به خشکی، پژوهشی در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب در مرحله جوانه زنی اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. جهت اعمال تنش خشکی از پلی اتیلن گلیکول (PEG) ۶۰۰۰ با غلظت ۱۰٪ استفاده شد.

یافته‌ها: اثر برهمکنش تنش در ژنوتیپ بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، و وزن تر و خشک ساقه‌چه بسیار معنی‌دار بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط نرمال به رقم کریم و در شرایط تنش به رقم افلاک تعلق داشت. متوسط درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال کاهش ۴ درصدی نشان داد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی را در شرایط نرمال ارقام کریم و بهرنگ و در شرایط تنش خشکی رقم بهرنگ نشان دادند. سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش نسبت به نرمال بطور متوسط به میزان ۱۷ درصد کاهش نشان داد و از حساسیت بیشتری نسبت به درصد جوانه‌زنی برخوردار بود. طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال کاهش ۱۴ درصدی نشان داد و بیشترین آن را در شرایط نرمال رقم زارع و در شرایط تنش رقم الوند داشت. ژنوتیپ‌ها طول ریشه‌چه و کلئوپتیل متفاوتی را نشان دادند. بیشترین میانگین طول ریشه‌چه و کلئوپتیل را به ترتیب ارقام کریم و مروارید نشان دادند. ارقام الوند، پیشتاز، چمران، سیروان، شیرودی و شبرنگ تفاوتی با رقم مروارید در طول کلئوپتیل نداشتند. بیشترین وزن تر ریشه‌چه را در شرایط نرمال رقم کریم (۰/۰۳۸ گرم) و در شرایط تنش رقم افلاک (۰/۰۴۱ گرم)، کریم و میهن نشان دادند. در شرایط نرمال، ارقام شبرنگ و پیشگام (۰/۰۷۲ گرم) و در حالت تنش رقم D-91-16 (۰/۰۵۵ گرم) دارای بیشترین وزن تر ساقه‌چه بودند. وزن تر ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی نسبت به نرمال ۱۶ درصد کاهش نشان داد. میانگین وزن خشک ریشه‌چه ارقام در شرایط تنش (۰/۰۰۴ گرم) نسبت به شرایط نرمال (۰/۰۰۷ گرم) کاهش ۴۳ درصدی را نشان داد. رقم کریم بیشترین وزن خشک ریشه‌چه (۰/۰۰۸ گرم) را داشت. بیشترین وزن خشک ساقه‌چه در شرایط نرمال و تنش به ترتیب به ارقام مهرگان (۰/۰۰۸۷ گرم) و میهن (۰/۰۰۷۷ گرم) اختصاص داشت. گندم‌های نان در شرایط نرمال بیشترین طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه را داشتند. در شرایط تنش، بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی مربوط به گندم‌های دوروم و بیشترین طول و وزن خشک ریشه‌چه مربوط به گندم‌های نان بود. ارقام پیشتاز، D-92-5 و D-91-16 بر اساس درصد جوانه‌زنی، کمترین شاخص حساسیت به تنش (SSI) را نشان دادند. وراثت‌پذیری بیشتری برای سرعت جوانه‌زنی، و وزن تر و خشک ساقه‌چه در شرایط نرمال نسبت به شرایط تنش دیده شد. این در حالی است که درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه از وراثت‌پذیری بیشتری در شرایط تنش برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط نرمال وضعیت بهتری را نشان دادند و از وضعیت رطوبت موجود به خوبی در جهت بهبود ویژگی‌ها و شرایط رشد استفاده نمودند. در شرایط تنش، گندم‌های دوروم بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را نشان دادند که در استقرار گیاهچه‌ها در ابتدای فصل رشد نقش مهمی ایفا می‌کنند. گندم‌های نان با بیشترین طول و وزن خشک ریشه‌چه که از سازوکارهای مهم مواجه با تنش خشکی در ارقام متحمّل است بهره بردند. ارقام الوند، افلاک، پیشتاز، چمران، سایسون، شیرودی، کریم، گاسکوژن، گنبد، مروارید، میهن، شبرنگ، یاواروس و D-92-5 درصد جوانه‌زنی بیشتری در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نسبت به سایر ارقام داشتند و در زمره ارقام مطلوب قرار گرفتند. بر اساس وراثت‌پذیری، می‌توان گفت که درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه‌چه و طول کولئوپتیل در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی، وزن تر ساقه‌چه در شرایط نرمال و طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی می‌توانند در نسل‌های اولیه تفرق مورد گزینش قرار گیرند. ارقام در خوشه‌های مختلف درصد جوانه زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و یا وزن خشک ساقه‌چه مشابه و نزدیکی را نشان دادند. در شرایط تنش خشکی، ارقام الوند، پیشگام، پیشتاز، زارع، سیروان، مروارید، میهن، شبرنگ و یاواروس از هر دو دسته گندم‌های نان و دوروم با مقاومت کلی زیاد یا متوسط به خشکی قرار داشتند و از نظر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه با هم شباهت آماری داشتند. نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان دادند که ارقام در شرایط مختلف رشد ممکن است واکنش متفاوتی داشته باشند و بار دیگر لزوم بررسی ارقام در شرایط مختلف محیطی جهت به‌نژادی را تایید می‌نماید. با توجه به حضور ارقام در دسته‌های خاص می‌توان برنامه اصلاحی را طراحی نمود. ارقامی که در یک دسته قرار می‌گیرند شباهت بیشتری دارند و در صورت تمایل می‌توان از ارقام مشابه جهت تقویت صفات مورد نظر و یا از ارقام موجود در دسته‌های مختلف در دورگ‌گیری‌ها، جهت ایجاد تنوع ژنتیکی استفاده نمود. در پایان و بر اساس مجموع نتایج، ارقام افلاک، کریم الوند، پیشگام، پیشتاز، زارع، سیروان، مروارید، میهن، شبرنگ و یاواروس به عنوان ارقام مقاوم در مرحله جوانه‌زنی شناسایی شدند و قابل توصیه در شرایط تنش رطوبتی هستند.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش خشکی، پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG)، مقاومت به خشکی، شاخص حساسیت به تنش، تجزیه خوشه‌ای

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) و دوروم (*T. durum*) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در دنیا است و از نظر میزان تولید، رتبه سوم جهانی را بعد از ذرت و برنج دارد (Carena, 2009). گندم نان از نظر اهمیت، اولین غله دنیا به عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده کالری و پروتئین برای انسان شناخته می‌شود. گندم دوروم دومین غله جهان بعد از گندم نان از نظر اهمیت است و سازگاری بهتری از گندم نان نسبت به شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک از خود نشان می‌دهد (Naghdipour *et al.*, 2011).

با افزایش جمعیت، افزایش عملکرد دانه گندم ضروری است و به روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی امکان‌پذیر است. عملکرد گندم در بسیاری از مناطق تحت تأثیر تنش‌های زنده و غیر زنده است و از میزان متوسط جهانی پائین‌تر است (El-Maghraby *et al.*, 2005). بنا بر این، لازم است که تحمّل به تنش‌ها و نیز سازگاری به تغییرات اقلیمی در این گیاه افزایش یابد.

تنش خشکی شایع‌ترین تنش‌های غیر زیستی و مهمترین عامل کاهش عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا محسوب می‌شود (Lu *et al.*, 2015)، به نحوی که کم‌آبی به تنهایی سبب کاهش ۳۸ درصدی عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Ashraf and Foolad, 2007). میزان آسیب‌دیدگی گیاه بر اثر خشکی، بستگی به نوع گیاه و شرایط جوی مؤثر بر تبخیر و تعرق دارد (Sinaki *et al.*, 2007). در محصولات زراعی، یکی از روش‌های مؤثری که می‌تواند در تلفیق سایر روش‌های مدیریت کم‌آبی اثر تنش خشکی را به حداقل برساند، استفاده از ارقام پرمحصول و متحمل به شرایط خشکی است (Moghadam *et al.*, 2024). تحمّل خشکی در گیاهان به ژنوتیپ، مرحله رشد، مدت و زمان مواجهه با تنش و شرایط محیطی بستگی دارد. مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای به تنش خشکی حساس‌ترند و تفاوت‌های ژنتیکی این مراحل در برابر تنش، فرصت مفیدی برای به‌گزینی و درک شناخت صفات مناسب در تحمّل به تنش خشکی است (Blum *et al.*, 1981). پاسخ گیاه به تنش خشکی، بازتابی از تلفیق اثرات تنش و پاسخ‌های مربوطه در گیاه است و همچنین به برهمکنش ژنوتیپ و محیط ارتباط دارد (Seleiman *et al.*, 2021). با کمبود آب، نمو سلول‌ها و رشد گیاهان کاهش می‌یابد و باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و در پایان سبب کاهش عملکرد گندم می‌شود (Sadaqat *et al.*, 2003). پاسخ‌های گیاهان به تنش را می‌توان به پاسخ‌های فیزیولوژیکی مانند کاهش حداکثر جذب دی‌اکسید کربن، تنظیم اسمزی و تطابق با خشکی با تغییر الگوی ژنتیکی تقسیم کرد (Pessarakli, 2002). برای ارزیابی تحمل به تنش، انتخاب ژنوتیپ‌ها باید بر پایه چند شاخص صورت گیرد (Moghadam *et al.*, 2024).

مناطقی چون کشور ایران به طور طبیعی در اواخر فصل رشد گندم با تنش خشکی و گرما مواجه می‌شوند. تنش خشکی در زمان پرشدن دانه‌ها می‌تواند بر بنیه و خصوصیات جوانه‌زنی بذر تولیدی گیاه که در سال زراعی آینده کشت می‌شود، اثر منفی داشته باشد. با افزایش شدت تنش، قدرت جذب آب توسط بذور کاهش و زمان مورد نیاز برای جذب آب افزایش می‌یابد و در نتیجه آغاز فرآیندهای جوانه‌زنی به تأخیر می‌افتد و یا در آن اختلال ایجاد می‌شود (Gill *et al.*, 2002). مرحله جوانه‌زنی بذر در گیاهان زراعی نقش تعیین‌کننده‌ای در استقرار مناسب گیاه دارد. این مرحله به شدت تحت تأثیر تنش‌های شوری و خشکی قرار می‌گیرد و استقرار ضعیف گیاه یکی از مشکلات اصلی در چنین شرایطی است (Soltani *et al.*, 2012). همچنین، تنش خشکی سبب کاهش جذب آب توسط بذر و کاهش ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه می‌گردد (Ghamari-zare *et al.*, 2009).

وراثت‌پذیری پائین تحمّل به خشکی و نبود راهکارهای انتخاب مؤثر، گسترش ژنوتیپ‌های متحمّل به تنش خشکی را محدود می‌کند (Kirigwi *et al.*, 2004). در عوض، صفات ظاهری گیاه به سادگی و با دقت زیاد قابل اندازه‌گیری هستند، توارث‌پذیری نسبتاً بالایی دارند و انتخاب بر اساس این صفات، راهی مطمئن و سریع برای غربال‌گری جوامع گیاهی و بهبود عملکرد گیاهان است (Yap & Harvey, 1972).

سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی از حساسیت کمتری به تنش خشکی در ارقام مورد مطالعه گندم برخوردار است (Jafarnezhad *et al.*, 2009). سرعت جوانه‌زنی نقش زیادی در استقرار گیاهچه‌ها در ابتدای فصل رشد دارد و درصد جوانه‌زنی با ظهور ریشه‌چه مرتبط است. ریشه‌ها قبل از هر اندام دیگر گیاه در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، و در نتیجه طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای انتخاب ارقام متحمّل به تنش خشکی است (Rascio *et al.*, 2001). تنش خشکی آخر فصل موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر ارقام مختلف گندم می‌شود و بنیه بذر را کاهش می‌دهد (Abhari & Galeshi, 2007). ارقام گندم متحمّل به تنش خشکی در مراحل اولیه، از رشد زیادتر ریشه برخوردار هستند و تعداد ریشه اولیه بیشتری دارند (Yazdisamadi *et al.*, 1989). تنش خشکی، وزن ریشه را در گندم کاهش می‌دهد ولی کاهش چندانی در تعداد ریشه ندارد (Dakheel *et al.*, 1993). طول ساقه‌چه حساسیت بسیار بالایی به شدت تنش خشکی دارد و می‌تواند پارامتر بسیار مناسبی جهت ارزیابی تحمّل به خشکی باشد (Marjani *et al.*, 2006). در شرایط تنش، تجمع ماده خشک در بافت ساقه‌چه ارقام متحمّل افزایش می‌یابد و ارقامی که بتوانند در این شرایط طول ساقه‌چه خود را در مرحله گیاهچه‌ای بیشتر افزایش دهند یا افت کمی داشته باشند، در برابر تنش خشکی متحمّل‌تر هستند (Prisco *et al.*, 1992). در بررسی چهل لاین گندم زمستانه در شرایط تنش خشکی، مشخص شد که ارقام متحمّل از طول و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بالاتری برخوردار بودند (Nabizadeh *et al.*, 2007). تنش خشکی، بیوماس و طول ریشه در ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم را کاهش داد ولی میزان کاهش طول ریشه گندم‌های نان (۶۷ درصد) بیش از گندم‌های دوروم (۳۷ درصد) بود (Sadegzadeh *et al.*, 2014). در این بررسی، گندم دوروم از طریق کاهش کمتر در طول ریشه، تحمّل بیشتری نسبت به خشکی از خود نشان داد. بالاتر بودن سطح جذب ریشه‌ای می‌تواند دلیل این امر و موجب توانایی بیشتر جذب آب شود و از صدمات کم‌آبی محیط ریشه بکاهد

(Chaves *et al.*, 2003). بنابر این، یکی از سازوکارهای گندم در شرایط تنش خشکی، افزایش طول ریشه است تا آب را از قسمت‌های عمیق خاک تخلیه نماید (Yagmur & Kaydan, 2008). خشکی سبب افزایش رشد ریشه می‌شود و بنابراین نسبت ریشه به ساقه افزایش می‌یابد و نتیجه آن کاهش تبخیر و تعرق و افزایش مقدار جذب آب است (Seleiman *et al.*, 2021).

منابع ژنتیکی گیاهی به عنوان منبعی از سازگاری ژنتیکی هم‌چون سپری در برابر تغییرات محیطی، می‌توانند تأمین‌کننده مواد خام ژنتیکی (ژن‌ها) جهت تولید واریته‌های جدید و مطلوب‌تر گیاهی باشند. ارزیابی تنوع ژنتیکی برای برنامه‌های به‌نژادی گیاهی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی و انتخاب نژادهای والدینی جهت حصول دورگ‌های مناسب و پیش‌بینی بنیه دورگ، مهم و حیاتی است (Mohammadi & Prasanna, 2003; Swarup *et al.*, 2021). استفاده از شاخص‌های مورفولوژیکی در روش‌های به‌نژادی می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره ویژگی‌های گیاهان به ویژه در مراحل اولیه رشد آنها بدون نیاز به بررسی ویژگی‌های گیاه در زمان رسیدن آنها ایجاد نماید و به این ترتیب موجب ساده شدن و تسریع در آزمایشاتی از قبیل آزمون‌های مقاومت به خشکی می‌گردد (El Ameen, 2013). استفاده و ارزیابی شاخص‌های تحمّل یا حساسیت به خشکی در صورت استفاده مناسب، قادر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با تحمّل بیشتر خشکی و عملکرد بالاتر است (Fernandez, 1993).

تنوع بالای صفات در سطح تنش خشکی ۵- بار در مرحله جوانه زنی گیاه برنج نشان دهنده این است که صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی و وزنی، و طول و وزن تر ساقه‌چه، به‌عنوان صفات مؤثر در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل برنج در مرحله جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاه برنج در کشت مستقیم، مورد استفاده قرار گیرند (Ahmadi Nasr Abad-Sofla *et al.*, 2024).

با عنایت به شرایط کمبود آب و تنش خشکی در کشور ایران و جهان و همچنین معرفی ارقام جدید گندم نان و دوروم توسط مراکز و مؤسسات و مراکز پژوهشی و علمی، بررسی و شناسایی ارقام جدید و امیدبخش و همچنین بررسی و معرفی ویژگی‌های مورفولوژیکی که بتواند به‌نژادگران گیاهی را در جهت انتخاب ارقام گندم در مواجهه با تنش خشکی یاری نماید، همواره از اهمیت بالایی برخوردار است. در همین راستا و به‌منظور فراهم نمودن این اهداف، تحقیق حاضر در مرحله جوانه‌زنی برخی ارقام گندم نان و دوروم اجرا گردیده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، چگونگی اجرای آزمایش و اعمال سطوح مختلف آبیاری بر جوانه‌زنی بذر گندم‌های نان و دوروم

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی ۱۵ رقم گندم نان و پنج رقم گندم دوروم (جدول ۱)، این پژوهش در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب طراحی و اجرا گردید. ارقام مورد نظر همچنین از نظر قابلیت و قدرت تحمل تنش خشکی کلی، شناخته شده بودند (جدول ۱). آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. جهت اعمال تنش خشکی از پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG) ۶۰۰۰ با غلظت ۱۰٪ استفاده شد. ضدعفونی بذرها با استفاده از کلراکس ۲۰ درصد به مدت ۴ دقیقه صورت گرفت و سپس بذور سه بار با آب مقطر شستشو داده شدند. از هر ژنوتیپ ۵۰ عدد بذر سالم در پتری‌های استریل کشت شد. پتری دیش‌ها در ژرمیناتور و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۴ روز قرار داده شدند. تعداد بذرهای جوانه‌زده در دو نوبت صبح و عصر شمارش شدند. پس از ۱۴ روز، کلیه بذرهای جوانه‌زده از پتری دیش‌ها خارج گردیدند و درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه آنها محاسبه شدند.

جدول ۱- نام، نوع و واکنش کلی ارقام گندم مورد مطالعه (تهیه شده از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی داراب) نسبت به تنش خشکی
Table 1. The name, type, and general response of the studied wheat varieties (provided by the Darab Agricultural Jihad Research Center) to drought stress

گندم نان Common (bread) wheat										گندم دوروم Durum wheat		
ردیف Row	رقم Cultivar	واکنش به خشکی	ردیف Row	رقم Cultivar	واکنش به خشکی	ردیف Row	رقم Cultivar	واکنش به خشکی	ردیف Row	رقم Cultivar	واکنش به خشکی
1	الوند Alvand	متوسط	6	زارع Zare	مقاوم	11	گاسکوژن Gaskogen	مقاوم	16	بهرنگ Behrang	مقاوم
2	افلاک Aflak	مقاوم	7	سیروان Sirvan	مقاوم	12	گنبد Gonbad	مقاوم	17	شبرنگ Shabrang	مقاوم
3	پیشگام Pishgum	مقاوم	8	سایسون Saison	حساس	13	مروارید Morwarid	متوسط	18	یاواروس Yayarous	متوسط
4	پیشتاز Pishtaz	مقاوم	9	شیرودی Shiroudi	متوسط	14	میهن Mehan	متوسط	19	D-92-5	متوسط
5	چمران Chamran	مقاوم	10	کریم Karim	متوسط	15	مهرگان Mehrgan	مقاوم	20	D-91-16	متوسط

شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1]

شاخص حساسیت به تنش (SSI) خشکی برای تعیین حساسیت نسبی تنش در ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از فرمول فیشر و مورر (Fischer & Maurer, 1978) و طبق معادله زیر محاسبه گردید:

$$SSI = \frac{(1-(Y_S/Y_P))}{(1-(\bar{Y}_S/\bar{Y}_P))}$$

که در آن، Y_P عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش، Y_S عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی، و $\bar{Y}_P$ و $\bar{Y}_S$ به ترتیب

1- Stess Suceptibility Index

میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش هستند. مقدار بیشتر شاخص SSI برای هر ژنوتیپ نشانگر حساسیت بیشتر آن ژنوتیپ به تنش است.

تجزیه‌های آماری

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1، SPSS 25 و Excel صورت گرفت. آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ جهت مقایسه میانگین اثرات اصلی و برهمکنش فاکتورها مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه خوشه‌ای ارقام در هر دو شرایط تنش و بدون تنش به صورت مجزا و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 25 صورت گرفت. گروه‌بندی ارقام بر اساس فاصله اقلیدسی و با چرخش واریماکس انجام گردید.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات به‌دست‌آمده (جدول ۲)، اثر تنش، ژنوتیپ و برهمکنش تنش در ژنوتیپ بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار گردید ($p < 0.01$). مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ در تنش برای درصد جوانه‌زنی (جدول ۳) نشان داد که در شرایط نرمال بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی مربوط به رقم کریم (میانگین ۹۸/۶۸) و کمترین آن مربوط به رقم سیروان (میانگین ۵۷/۳۳) بودند. بر همین اساس، ارقام الوند، افلاک، چمران، سایسون، گاسکوژن، گنبد، مروارید، میهن، بهرنگ، شبرنگ، یاواروس و D-92-5 با رقم کریم تفاوت معنی‌داری نداشتند. در شرایط تنش، رقم افلاک دارای بیشترین (میانگین ۹۵/۳۳) و رقم سیروان دارای کمترین (میانگین ۴۸/۶۷) میزان درصد جوانه‌زنی بودند. ارقام پیشتاز، چمران، سایسون، کریم، شیرودی، گاسکوژن، مروارید، بهرنگ و D-92-5 با رقم افلاک در یک گروه آماری قرار گرفتند. اگرچه درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال برای ارقام گندم مورد مطالعه به‌طور متوسط به‌میزان ۴ درصد کاهش نشان داد، ولی درصد جوانه‌زنی رقم D-91-16 از حدود ۶۷ درصد در شرایط مطلوب رطوبتی به ۸۰ درصد در شرایط تنش رسید. به‌نظر می‌رسد که تنش وارده به‌صورت پرایمینگ بذر عمل کرد و افزایش درصد جوانه‌زنی را به‌دنبال داشت. کاهش درصد جوانه‌زنی ارقام در شرایط تنش خشکی بیانگر حساسیت این ارقام به تنش است. این وضعیت با گزارش سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2007) و حیدری و حیدرزاده (Heydari & Heydarizadeh, 2002) در مورد ژنوتیپ‌های گندم تطابق دارد.

سرعت جوانه‌زنی

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی، ژنوتیپ و برهمکنش تنش در ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین سرعت جوانه‌زنی در شرایط نرمال مربوط به رقم کریم (میانگین ۰/۰۵۶) و کمترین آن مربوط به رقم چمران (میانگین ۰/۰۱۷) بودند (جدول ۳). اگرچه رقم بهرنگ سرعت جوانه‌زنی کمتری (۰/۰۵۴) را نسبت به رقم کریم نشان داد اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش خشکی، رقم بهرنگ دارای بیشترین (۰/۰۳۹) و رقم سیروان (۰/۰۱۴) دارای کمترین سرعت جوانه‌زنی بودند. بر اساس نتایج، سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش نسبت به نرمال به میزان ۱۷ درصد کاهش نشان داد.

دهاندا و همکاران (Dhanda *et al.*, 2004) بیان کردند که سرعت جوانه‌زنی در گیاه جو بیش از درصد جوانه‌زنی به تنش آبی حساس بود و در پتانسیل‌های اسمزی بالاتر با شدت بیشتری نسبت به درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. فالری (Falleri, 1994) بیان نمود که سرعت جوانه‌زنی همبستگی زیادی با کیفیت بذر دارد و هر چه کیفیت بذر بالاتر باشد، سرعت جوانه زنی بیشتر خواهد بود. بنا بر این، سرعت جوانه‌زنی می‌تواند الگوی بسیار خوبی از بنیه بذر باشد. به‌عبارتی، چنانچه جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های داخل بذر به آرامی و با کندی صورت می‌گیرد، مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و سرعت جوانه‌زنی بذر کاهش پیدا می‌کند. بنابر این، ژنوتیپ‌هایی که با سرعت بیشتری جوانه می‌زنند، فرصت بیشتری برای تکمیل رشد رویشی دارند. همسو با گزارشات دهاندا و همکاران (Dhanda *et al.*, 2004) و فالری (Falleri, 1994)، در این آزمایش سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد آن از حساسیت بیشتری نسبت به تنش برخوردار بود و کاهش بیشتری پیدا کرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های مرتبط با جوانه‌زنی گندم‌های نان و دوروم تحت شرایط مختلف خشکی

Table 2. Variance analysis of germination-related characteristics of bread and durum wheat under different drought conditions

منابع تغییر Sources of Variation	درجه آزادی Degree of Freedom	میانگین مربعات Mean Squares				
		درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	طول ریشه‌چه Rootlet Length	طول ساقه‌چه Shootlet Length	طول کلئوپتیل Coleoptile Length
تنش Stress	1	396.03**	0.0008**	1.92**	44.66**	0.003ns
ژنوتیپ Genotype	19	684.06**	0.0005**	16.74**	5.04**	2.60**
ژنوتیپ × تنش Genotype×Stress	19	125.72**	0.00007**	4.03**	1.65**	0.31ns
خطا Error	80	48.67	0.00002	3.14	0.73	0.20
ضریب تغییرات CV%		8.47	18.25	18.25	10.59	12.67

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

ns and ** show non-significance and significance, respectively, at the 1% probability level.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های مرتبط با جوانه‌زنی گندم‌های نان و دوروم تحت شرایط مختلف خشکی
continued Table 2. Variance analysis of germination-related characteristics of bread and durum wheat under different drought conditions

منابع تغییر Sources of Variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Square			
		وزن تر ریشه‌چه Rootlet fresh weight	وزن تر ساقه‌چه Shootlet fresh weight	وزن خشک ریشه‌چه Rootlet dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shootlet dry weight
تنش Stress	1	0.0002**	0.006**	0.0002**	0.00000001ns
ژنوتیپ Genotype	19	0.0002**	0.0003**	0.000007**	0.000004**
ژنوتیپ × تنش Genotype×Stress	19	0.0001**	0.0001**	0.000002ns	0.000001**
خطا Error	80	0.00002	0.00005	0.000002	0.0000002
ضریب تغییرات CV%		17.84	14.41	25.17	7.14

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪
ns and ** show non-significance and significance, respectively, at the 1% probability level

طول ساقه‌چه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش، ژنوتیپ و برهمکنش تنش در ژنوتیپ بر طول ساقه‌چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ و تنش برای طول ساقه‌چه (جدول ۳) نشان داد که بیشترین طول ساقه‌چه در شرایط نرمال مربوط به رقم زارع (۱۰/۵۲ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به رقم D-91-16 (۶/۶۸ سانتی‌متر) بودند.

طول ریشه‌چه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، ژنوتیپ‌ها در سطح ۱ درصد از نظر طول ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری نشان دادند. این در حالی است که اثر تنش و برهمکنش تنش در ژنوتیپ بر طول ریشه‌چه معنی‌دار نبود. رقم کریم بیشترین میانگین طول ریشه‌چه (۱۳/۰۹ سانتی‌متر) را دارا بود و کمترین طول ریشه‌چه به رقم D-91-16 (۶/۸۲ سانتی‌متر) تعلق داشت (جدول۴).

کاهش رشد طولی ساقه‌چه و افزایش رشد طولی ریشه‌چه جهت تخلیه آب از قسمت‌های عمیق خاک، از سازوکارهای مهم برخی گیاهان و از جمله گندم در مواجه با تنش خشکی است و ژنوتیپ‌هایی که رشد ریشه‌چه بیشتری داشته باشند، می‌توانند از قابلیت تأمین آب بیشتری برای فعالیت گیاهی در شرایط تنش خشکی برخوردار باشند و خود را از اثرات مخرب تنش مصون بدارند (Sharp, 1990; Van Ginkel *et al.*, 1998; Yagmur & Kaydan, 2008).

طول کلئوپتیل

نتایج اثر معنی‌دار ژنوتیپ در سطح ۱ درصد و عدم تأثیر تنش و برهمکنش ژنوتیپ در تنش را بر طول کلئوپتیل نشان دادند (جدول ۲). رقم مروارید با میانگین ۴/۴۵ سانتی‌متر، بیشترین و رقم مهرگان با میانگین ۱/۱۰ سانتی‌متر، کمترین طول کلئوپتیل را نشان دادند (جدول ۴). ارقام الوند، پیشتاز، چمران، سیروان، شیرودی و شبرنگ از نظر طول کلئوپتیل اختلاف آماری معنی‌داری با رقم مروارید نداشتند و بنابر این می‌توان گفت که این ارقام از قدرت تحمل زیادی نسبت به شرایط تنش خشکی از این منظر برخوردارند.

وزن خشک ریشه‌چه

اثر تنش و ژنوتیپ بر وزن خشک ریشه‌چه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید، ولی برهمکنش آنها بر این ویژگی معنی‌دار نشد (جدول ۲). وزن خشک ریشه‌چه در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال کاهش ۴۳ درصدی را نشان داد، به‌طوری‌که وزن خشک ریشه‌چه از ۰/۰۰۷ به ۰/۰۰۴ گرم رسید. رقم کریم بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه (۰/۰۰۸ گرم) و رقم D-91-16 کمترین میزان آن (۰/۰۰۲۸ گرم) را به خود اختصاص دادند. حسینی و همکاران (Hossaini *et al.*, 2014) گزارش دادند که وزن خشک ریشه در مواجهه با سطوح آبیاری ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد افزایش و در سطح آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری داشتند.

نتایج به‌دست آمده از آزمایش حاضر نشان می‌دهند که ارقام مختلف در مراحل رشدی مختلف واکنش‌های متفاوتی را نسبت به شرایط محیطی نشان می‌دهند. اگرچه ارقام بر اساس شدت مقاومت به خشکی در جدول ۱ معرفی شده‌اند، ولی مشخص نیست که شدت تنش خشکی اعمال شده در ارقام مورد نظر به چه میزان بود و آیا تمامی ارقام مورد نظر در شدت تنش مشابهی بررسی شدند یا خیر. به همین دلیل، رقم سایسون که به‌طور کلی به‌عنوان یک رقم حساس معرفی شده بود، در مرحله جوانه‌زنی در گروه ارقام مقاوم به خشکی قرار گرفته است.

وراثت‌پذیری

درصد وراثت‌پذیری عمومی ویژگی‌های مورد بررسی در جداول ۳ و ۴ آمده است. برای سرعت جوانه‌زنی و وزن تر و خشک ساقه‌چه در شرایط نرمال نسبت به شرایط تنش وراثت‌پذیری بیشتری دیده شد. گزارشات مختلف معمولاً از بیشتر بودن وراثت‌پذیری در شرایط نرمال نسبت به تنش سخن می‌گویند (Vadez *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2019). این در حالی است که درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه از واثت‌پذیری بیشتری در شرایط تنش برخوردار بودند. وراثت‌پذیری بیشتر از ۵۰ درصد نشان‌دهنده این است که می‌توان در استفاده از ویژگی‌های مورد نظر جهت انتخاب گیاهان، با اطمینان خاطر بیشتری استفاده نمود. بنابر این، با توجه به وراثت‌پذیری ویژگی‌های مورد بررسی می‌توان گفت که درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه‌چه (جدول ۳) و به همین ترتیب طول کولئوپتیل (وراثت‌پذیری حدود ۶۴ درصد) (جدول ۴) در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی، وزن تر ساقه‌چه در شرایط نرمال و طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه می‌توانند در شرایط تنش خشکی در نسل‌های اولیه تفرق مورد گزینش قرار گیرند.

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ در تنش برای ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 3. Mean comparisons of the genotype × stress interaction for the studied characteristics

وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Shootlet dry weight (g)		وزن‌تر ساقه‌چه (گرم) Shootlet fresh weight (g)		وزن‌تر ریشه‌چه (گرم) Rootlet fresh weight (g)		طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Shootlet length (cm)		سرعت جوانه‌زنی Germination rate		درصد جوانه زنی Germination percentage		ژنوتیپ Genotype
تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	
0.0067d-i	0.0056k-n	0.050e-l	0.061a-g	0.024d-i	0.020f-n	9.41a-e	9.86a-d	0.027d-i	0.033c-f	78e-i	86a-h	الوند Alvand
0.0069c-g	0.0068c-h	0.052e-l	0.071ab	0.041a	0.029c-e	8.36d-k	9.27a-f	0.035cd	0.035cd	95.33a-b	94a-c	افلاک Aflak
0.0075bcd	0.0082ab	0.050e-m	0.071ab	0.025d-h	0.022e-k	8.49c-h	10.21ab	0.025e-k	0.027d-i	61.33k	74.67hij	پیشگام Pishgum
0.0068c-i	0.0062f-m	0.046g-o	0.056c-i	0.018g-n	0.023e-k	7.70e-m	8.96a-g	0.02i-m	0.020i-m	87.33a-h	81.33b-h	پیشتاز Pishtaz
0.0066d-j	0.0060h-n	0.033o	0.052e-l	0.023e-k	0.017h-o	7.41g-n	7.87e-k	0.020i-m	0.017j-m	93.33a-d	93.33a-d	چمران Chamran
0.0070c-h	0.0074b-e	0.044h-o	0.063a-f	0.017i-o	0.023e-k	8.70b-h	10.52a	0.016klm	0.022g-m	63.33jk	79.33d-i	زارع Zare
0.0067d-i	0.0077bc	0.049e-m	0.071ab	0.018g-n	0.024e-j	6.78j-o	9.00a-g	0.014m	0.020i-m	48-67l	57.33kl	سیروان Sirvan
0.0055l-n	0.0061g-m	0.034no	0.052d-k	0.014l-o	0.017h-o	6.97i-o	8.61b-i	0.021h-m	0.022g-m	90.67a-f	86.67a-h	سایسون Saison
0.0064e-l	0.0062g-m	0.035mno	0.051e-l	0.016k-o	0.013mno	6.03no	7.24h-n	0.017j-m	0.020i-m	85.33a-h	82b-h	شیرودی Shiroudi
0.0072c-f	0.0069c-h	0.048f-n	0.064a-e	0.035abc	0.038ab	6.97i-o	7.83e-l	0.030c-h	0.056a	94a-c	98.67a	کریم Karim
0.0063f-m	0.0071c-f	0.037l-o	0.067a-c	0.019f-n	0.025d-g	6.26l-o	8.32d-k	0.018i-m	0.019i-m	84.67a-h	85.33a-h	گاسکوژن Gaskogen
0.0057j-n	0.0066d-j	0.040j-o	0.056c-i	0.016j-o	0.026def	7.5g-n	8.41d-j	0.031c-g	0.044b	76.67f-i	90a-e	گنبد Gonbad
0.0073b-e	0.0059i-n	0.052e-k	0.057b-h	0.025d-g	0.020f-n	7.84e-l	8.80b-h	0.024g-m	0.036bc	92a-e	89.33a-f	مروارید Morwarid
0.0077bc	0.0070c-g	0.051e-l	0.071ab	0.035a-c	0.021e-l	8.18d-k	8.97a-g	0.026e-j	0.034c-e	75.33g-j	86a-h	میهن Mehan
0.0069c-h	0.0087a	0.042i-o	0.066a-d	0.019f-n	0.024e-j	5.52o	8.62b-i	0.015lm	0.019i-m	57.33kl	83.33b-h	مهرگان Mehrgan
0.0059i-n	0.0066d-j	0.037k-o	0.050e-m	0.032bcd	0.018g-o	6.15mno	9.33a-e	0.039bc	0.054a	91.33a-e	90a-f	بهرنگ Behrang
0.0069c-h	0.0070c-h	0.051e-l	0.072a	0.022e-k	0.021f-m	8.45c-j	10.12abc	0.025ek	0.027d-i	83.33b-h	89.33a-h	شبرنگ Shabrang
0.0065d-k	0.0046op	0.054c-j	0.042i-o	0.025d-h	0.005p	7.99e-k	7.57f-n	0.024f-l	0.025e-k	84b-h	85.33a-h	یاواروس Yayarous
0.0043p	0.0052no	0.038k-o	0.048f-o	0.019f-n	0.010op	6.26l-o	7.12h-o	0.022g-m	0.021h-m	93.33a-d	88.67a-g	D-92-5
0.0055mn	0.0046op	0.055c-j	0.045h-o	0.020f-n	0.013no	7.97e-k	6.68k-o	0.020i-m	0.022g-m	80c-i	67.33i-k	D-91-16
70.66	83.79	45.90	50.85	82.55	17.09	63.32	47.10	76.14	78.40	80.05	55.69	وراثت‌پذیری عمومی Broadsence heritability (%)

حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

At least one common letter in each column indicates no significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test.

جدول ۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم
Table 4- Mean comparisons of the bread and durum wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	طول ریشه‌چه Rootlet length (cm)	طول کلئوپتیل Coleoptile length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Rootlet dry weight (g)
الوند Alvand	9.72c-f	4.03a-d	0.0039ef
افلاک Aflak	10.30b-e	3.69b-e	0.0069ab
پیشگام Pishgum	12.12ab	3.54d-f	0.0055b-e
پیشتاز Pishtaz	9.25c-f	4.16a-c	0.0055b-e
چمران Chamran	8.99d-g	3.94a-e	0.0056b-e
زارع Zare	9.85bcd	3.84b-e	0.0047c-e
سیروان Sirvan	10.58bcd	3.93a-e	0.0058bcd
سایسون Saison	9.28c-f	3.60b-e	0.0042def
شیرودی Shiroudi	7.59fg	4.17ab	0.0046cde
کریم Karim	13.09a	3.70b-e	0.008a
گاسکوژن Gaskogen	9.34c-f	2.11h	0.0047cde
گنبد Gonbad	12.56a-c	2.69g	0.0049cde
مروارید Morwarid	10.92a-d	4.45a	0.0059bcd
میهن Mehan	10.88a-d	3.68b-e	0.0058bcd
مهرگان Mehrgan	11.25a-d	1.10h	0.0062bc
بهرنگ Behrang	8.90d-g	3.39ef	0.0059bcd
شبرنگ Shabrang	9.29c-f	4.18ab	0.0053b-e
یاواروس Yayarous	6.86g	3.39ef	0.0054b-e
D-92-5	7.93e-g	2.99fg	0.0049cde
D-91-16	6.82g	3.56c-f	0.0028f
وراثت‌پذیری عمومی Broadsence heritability (٪)	40.42	64.17	16.13

حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.
At least one common letter in each column indicates no significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test.

مقایسات گروهی گندم نان و گندم دوروم در مرحله جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس مقایسات گروهی در بین ژنوتیپ‌های گندم نان و گندم دوروم نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین گندم‌های نان با دوروم در شرایط نرمال و تنش وجود داشت (جدول ۵). در شرایط نرمال، گندم‌های نان و دوروم از نظر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. این درحالی است که در شرایط نرمال رطوبتی، گندم‌های نان و دوروم از نظر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول کلئوپتیل و وزن خشک ساقه‌چه تفاوت آماری نشان ندادند. در شرایط تنش، گندم‌های نان و دوروم از نظر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس حاصل از مقایسات گروهی گندم‌های نان و دوروم در شرایط نرمال و تنش خشکی
Table 5. The analysis of variance resulting from group comparisons of bread and durum wheat under normal and drought stress conditions

منابع تغییر Sources of Variation	درجه آزادی Degree of freedom	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Rootlet length	طول ساقه‌چه Shootlet length	طول کلئوپتیل Coleoptile length	وزن تر ریشه‌چه Rootlet fresh weight	وزن تر ساقه‌چه Shootlet fresh weight	وزن خشک ریشه‌چه Rootlet dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shootlet dry weight
نرمال Normal	1	1.42ns	0.00003ns	84.38**	5.05*	0.53ns	0.0005*	0.0013**	8.68ns	0.00001**
تنش Stress	1	634.69**	0.00012**	42.04**	0.15ns	0.08ns	0.000016ns	0.0001ns	9.99*	0.00006ns

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌داری را نشان می‌دهند.
*, ** and ns show significance at the probability levels of 5%, 1%, and non-significance, respectively.

بر اساس مقایسه گروهی گندم‌های نان و دوروم در شرایط نرمال، بیشترین طول ریشه‌چه (۱۰/۲۷)، طول ساقه‌چه (۸/۸۳)، وزن تر ریشه‌چه (۰/۰۲)، وزن تر ساقه‌چه (۰/۰۶) و وزن خشک ساقه‌چه (۰/۰۰۷) مربوط به گندم‌های نان بودند. این در حالی است که گندم‌های نان و دوروم از نظر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول کلئوپتیل و وزن خشک ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۶). بر همین اساس، در شرایط تنش بیشترین درصد جوانه‌زنی (۸۶/۴۰) و سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۲) مربوط به گندم‌های دوروم و بیشترین طول ریشه‌چه (۱۰/۳۲ سانتی‌متر) و وزن خشک ریشه‌چه (۰/۰۰۶ گرم) مربوط به گندم‌های نان بودند (جدول ۶). طول ساقه‌چه، طول کلئوپتیل، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در گندم‌های نان و دوروم تفاوتی را نشان ندادند.

جدول ۶- مقایسه گروهی میانگین گندم‌های نان و دوروم در شرایط نرمال و تنش خشکی

Table 6. Mean group comparisons of bread and durum wheat under normal and drought stress conditions

شرایط رطوبتی	نوع گندم Wheat Type	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول Length (cm)			وزن تر Fresh weight (g)		وزن خشک Dry weight (g)	
				ریشه‌چه Rootlet	ساقه‌چه Shootlet	کلئوپتیل Coleoptile	ریشه‌چه Rootlet	ساقه‌چه Shootlet	ریشه‌چه Rootlet	ساقه‌چه Shootlet
نرمال Normal	نان Common	84.49a	0.02a	10.27a	8.83a	3.61a	0.022a	0.06a	0.004a	0.007a
	دوروم Durum	84.13a	0.03a	7.53b	8.16b	3.39a	0.020b	0.05b	0.004a	0.006b
تنش Stress	نان Common	78.89b	0.020b	10.32a	7.47a	3.52a	0.02a	0.04a	0.006a	0.007a
	دوروم Durum	86.40a	0.021a	8.38b	7.36a	3.61a	0.02a	0.04a	0.005b	0.01a

وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ستون برای شرایط رطوبتی مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

The presence of at least one similar letter in each column for similar humidity conditions indicates no significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test.

بنابر این، ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط نرمال وضعیت بهتری نشان می‌دهند و لذا می‌توان گفت که از وضعیت رطوبت موجود به خوبی در جهت بهبود این ویژگی‌ها استفاده می‌نمایند و برای کشت آبی مناسب هستند. در شرایط تنش، گندم‌های دوروم در صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی بیشترین مقدار را نشان دادند. درصد جوانه‌زنی بر ظهور ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی تأثیر دارد که این دو در استقرار گیاهچه‌ها در ابتدای فصل رشد نقش مهمی ایفا می‌کنند (Uçarlı, 2020). گندم‌های نان بیشترین طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه را داشتند که افزایش طولی ریشه‌چه یکی از سازوکارهای مهم اولیه در مواجه با تنش خشکی است و وزن خشک ریشه‌چه در شرایط تنش در ارقام متحمّل افزایش می‌یابد.

شاخص حساسیت به خشکی SSI

شاخص حساسیت به تنش خشکی ارقام برای درصد جوانه‌زنی در جدول ۷ نشان داده شده است. درصد جوانه‌زنی در ارقام سایسون (با SSI ۰/۳۴۲-)، پیشتاز (با SSI ۰/۵۴۷-) و شیرودی (با SSI ۰/۳۰۱-) از گندم‌های نان و D-91-16 (با SSI ۱/۳۹۷-) از گندم‌های دوروم کمترین میزان حساسیت را نشان دادند که دلالت بر تحمّل این ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی از این منظر دارد. در مطالعه زبرجدی و همکاران (Zebarjadi *et al.*, 2013)، براساس این شاخص ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۳ و ۱ انتخاب شدند، چرا که هر چه شاخص SSI کوچک‌تر باشد تحمّل به خشکی ژنوتیپ‌ها بیشتر است. انتخاب بر اساس شاخص SSI به‌تنهایی می‌تواند باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی شود که حساسیت کمتری به تنش داشته باشند ولی عملکردشان پایین باشد (Fernandez, 1993; Schneider *et al.*, 1997). لذا، این شاخص لازم است به‌همراه ویژگی‌های دیگری مانند عملکرد و یا شاخص GMP جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمّل مورد استفاده قرار گیرد (Mohammadi *et al.*, 2008).

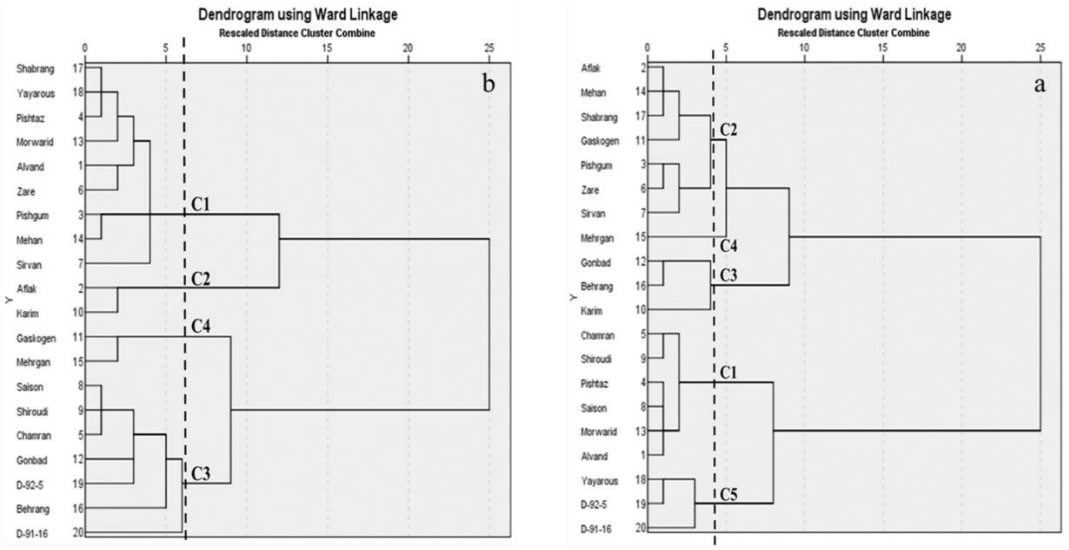
جدول ۷- شاخص حساسیت به تنش خشکی (SSI) ارقام بر اساس درصد جوانه‌زنی

Table 7. The drought stress susceptibility index (SSI) of the cultivars based on the germination percentage

ژنوتیپ Genotype	شاخص حساسیت SSI	ژنوتیپ Genotype	شاخص حساسیت SSI	ژنوتیپ Genotype	شاخص حساسیت SSI	ژنوتیپ Genotype	شاخص حساسیت SSI	ژنوتیپ Genotype	شاخص حساسیت SSI
الوند Alvand	0.690	چمران Chamran	0.000	شیرودی Shiroudi	-0.301	مروارید Morwarid	-0.221	شبرنگ Shabrang	5.117
افلاک Aflak	-0.105	زارع Zare	1.497	کریم Karim	0.351	میهن Mihan	0.921	یاواروس Yayarous	0.116
پیشگام Pishgum	1.326	سیروان Sirvan	1.122	گاسکوژن Gaskogen	0.058	مهرگان Mehrgun	2.317	D-92-5	0.390
پیشتاز Pishtaz	-0.547	سایسون Saison	-0.342	گنبد Gonbad	1.100	بهرنگ Behrang	-0.110	D-91-16	-1.397

تجزیه خوشه‌ای در شرایط نرمال و تنش رطوبتی

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام در شرایط نرمال و تنش رطوبتی در شکل ۱ ارائه شده‌اند. در شرایط نرمال (شکل ۱-a)، ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس ویژگی‌های مورد ارزیابی به پنج خوشه تفکیک شده‌اند. بر همین اساس، ارقام الوند، پیشتاز، چمران، سایسون، شیرودی و مروارید در خوشه اول قرار گرفته‌اند. در این خوشه و در شرایط نرمال رطوبتی و بر اساس اطلاعات جدول ۱، رقم حساس سایسون و ارقام متوسط مانند الوند، شیرودی و مروارید و ارقام مقاوم پیشتاز و چمران نیز حضور دارند. این ارقام از شرایط نرمال به‌خوبی استفاده نموده‌اند و چنین واکنشی جهت انتخاب ارقام مقاوم به تنش همواره توسط به‌نژادگران توصیه می‌گردد.



شکل ۱- دندروگرام و خوشه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط a) نرمال و b) تنش.
Figure 1. The dendrogram and clustering resulting from cluster analysis in a) normal and b) stress conditions

با توجه به مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد ارزیابی در جداول ۳ و ۴ می‌توان گفت که این ارقام به طور مشترک درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه بیشتری نشان داده‌اند. ارقام افلاک، پیشگام، زارع، سیروان، گاسکوژن، میهن (گندم‌های نان) و شبرنگ (گندم دوروم) در خوشه دوم شرایط نرمال رطوبتی قرار گرفته‌اند. بیشتر ارقام بر اساس اطلاعات اولیه مقاوم هستند و تنها رقم میهن از نوع متوسط معرفی شده است. این ارقام از نظر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در وضعیت مشابه آماری قرار می‌گیرند. در خوشه سوم ارقام کریم، گنبد، و بهرنگ قرار دارند. این گروه نیز شامل گندم‌های با مقاومت زیاد یا متوسط است و گندم‌های دوروم (بهرنگ) را نیز دربر می‌گیرد. این ارقام از نظر درصد جوانه‌زنی، وزن تر ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه وضعیت مشابه را نشان می‌دهند (جدول ۳). رقم مهرگان در شرایط نرمال به تنهایی در خوشه چهارم قرار گرفته است. ارقام یاواروس، D-92-5 و D-91-16 در خوشه ۵ شرایط نرمال قرار دارند که همگی از نوع گندم‌های دوروم با مقاومت متوسط هستند (جدول ۱).

شکل ۱-b نتیجه تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش را نشان می‌دهد و ژنوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت با شرایط نرمال، به چهار خوشه تقسیم شده‌اند. در خوشه اول، ارقام الوند، پیشگام، پیشتاز، زارع، سیروان، مروارید، میهن، شبرنگ و یاواروس از هر دو دسته گندم‌های نان و دوروم قرار دارند. اعضای این گروه در شرایط تنش خشکی از نظر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه با هم شباهت آماری نزدیکی داشتند (جداول ۳ و۴). ارقام افلاک وکریم در خوشه دوم و ارقام چمران، سایسون، شیرودی، گنبد، بهرنگ، D-92-5 و D-91-16 در خوشه سوم و ارقام گاسکوژن و مهرگان در خوشه چهارم قرار گرفته‌اند. در خوشه سوم، رقم سایسون (رقم حساس به تنش خشکی) در مرحله جوانه‌زنی با ارقام مقاوم (چمران، گنبد و بهرنگ) و متوسط (شیرودی، D-92-5 و D-91-16) در کنار هم قرار گرفته‌اند.

تجزیه خوشه‌ای در شرایط نرمال و تنش نشان می‌دهد که ارقام در شرایط محیطی مختلف ممکن است واکنش متفاوتی داشته باشند. تفاوت دسته‌بندی ارقام در شرایط تنش و نرمال، بار دیگر لزوم بررسی ارقام در شرایط مختلف جهت به‌نژادی را تأیید می‌نماید. بر اساس طبقه‌بندی ارقام می‌توان برنامه‌های اصلاحی را طراحی نمود. بدیهی است که ارقامی که در یک دسته قرار می‌گیرند شباهت بیشتری دارند و در صورت تمایل به بهبود صفات مورد بررسی می‌توان از ارقام مشابه جهت تقویت صفات مورد نظر و یا از ارقام موجود در دسته‌های مختلف در دورگ‌گیری‌ها جهت ایجاد تنوع ژنتیکی استفاده نمود.

نتیجه‌گیری کلی

معنی‌دار شدن بر همکنش خشکی و ژنوتیپ برای بیشتر ویژگی‌ها در مرحله جوانه‌زنی به این معنی است که ژنوتیپ‌ها در برابر شدت تنش خشکی، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. گندم‌های نان در شرایط نرمال به عنوان بهترین ارقام شناخته شدند و به عبارتی توانسته‌اند از شرایط نرمال رطوبتی به‌خوبی بهره ببرند. در شرایط تنش، هر دو گندم نان و دوروم از نظر برخی صفات برتری نشان دادند. در این آزمایش، اگرچه میانگین درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به نرمال کاهش داشت، ولی در رقم D-91-16 افزایش یافت که می‌توان گفت تنش وارده به‌صورت پرایمینگ بذر عمل نمود و باعث افزایش جوانه‌زنی شد.

وراثت‌پذیری بیشتری برای سرعت جوانه‌زنی، و وزن تر و خشک ساقه‌چه در شرایط نرمال نسبت به شرایط تنش دیده شد. این در حالی است که درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه از وراثت‌پذیری بیشتری در شرایط تنش برخوردار بودند. بر اساس وراثت‌پذیری می‌توان گفت که درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه‌چه و طول کولئوپتیل در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی، وزن تر ساقه‌چه در شرایط نرمال و طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی می‌توانند در نسل‌های اولیه تفرق مورد گزینش قرار

گیرند.

ارقام D-92-5، پیشتاز و D-91-16 کمترین شاخص SSI را براساس درصد جوانه‌زنی نشان دادند و بنابر این، به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام نسبت به تنش خشکی از این منظر شناسایی شدند. اگرچه انتخاب براساس شاخص SSI به‌تنهایی می‌تواند باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی شود که حساسیت کمتری به تنش داشته باشند ولی عملکردشان پایین باشد.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، در شرایط نرمال رطوبتی برخی ارقام مقاوم و متوسط نسبت به خشکی توانسته‌اند از شرایط نرمال به‌خوبی استفاده نمایند. چنین واکنشی جهت انتخاب ارقام مقاوم به تنش همواره توسط به‌نژادگران توصیه می‌گردد. ارقام در خوشه‌های مختلف درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و یا وزن خشک ساقه‌چه مشابه و نزدیکی را نشان دادند. ارقام مورد بررسی در شرایط تنش متفاوت با شرایط نرمال دسته‌بندی شدند. در شرایط تنش خشکی در خوشه اول ارقام الوند، پیشگام، پیشتاز، زارع، سیروان، مروارید، میهن، شبرنگ و یاواروس از هر دو دسته گندم‌های نان و دوروم با مقاومت کلی زیاد یا متوسط به خشکی قرار دارند. اعضای این گروه از نظر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه با هم شباهت آماری داشتند. رقم سایسون (رقم حساس به تنش خشکی) در مرحله جوانه‌زنی با ارقام مقاوم (چمران، گنبد و بهرنگ) و متوسط (شیرودی، D-92-5 و D-91-16) در کنار هم قرار گرفته‌اند.

نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان دادند که ارقام در شرایط مختلف رشد ممکن است واکنش‌های متفاوتی داشته باشند. تفاوت حاصله در دسته‌بندی ارقام در شرایط تنش و نرمال، بار دیگر لزوم بررسی ارقام در شرایط مختلف محیطی جهت به‌نژادی را تایید می‌نماید. با توجه به حضور ارقام در دسته‌های خاص می‌توان برنامه اصلاحی را طراحی نمود. ارقامی که در یک دسته قرار می‌گیرند شباهت بیشتری دارند و در صورت تمایل می‌توان از ارقام مشابه جهت تقویت صفات مورد نظر و یا از ارقام موجود در دسته‌های مختلف در دورگ‌گیری‌ها، جهت ایجاد تنوع ژنتیکی استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه یاسوج بابت همکاری‌های صورت گرفته قدردانی می‌نمایند.

References

Abhari, A., & Galeshi, S. (2007). Effects of terminal drought stress on seed vigor of wheat genotypes (*Triticum aestivum*). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *14*(3), 11-20. [In Persian]

Ahmadi Nasr Abad-Sofla, F., Amiri Fahliani, R., Dehdari, M., & Farajee, H. (2024). The Response of Genetic, Morphological, and Biochemical Parameters of Rice (*Oryza sativa* L.) F2:4 Genotypes to Drought Stress at the Germination Stage. *Journal of Crop Breeding*, *15*(48), 103-112. https://doi.org/10.61186/jcb.15.48.103 [In Persian]

Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, *59*(2), 206-216.

Blum, A., Sinmena, B., & Ziv, O. (1981). An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat. *Euphytica*, *29*, 727-736.

Carena, M. J. (2009). *Cereals* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, *30*(3), 239-264.

Dakheel, A., Naji, I., Mahalakshmi, V., & Peacock, J. (1993). Morphophysiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology*, *34*, 297-306.

Dhanda, S., Sethi, G., & Behl, R. (2004). Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *190*(1), 6-12.

El-Maghraby, M., Moussa, M., Hana, N., & Agrama, H. (2005). Combining ability under drought stress relative to SSR diversity in common wheat. *Euphytica*, *141*, 301-308.

El Ameen, T. M. (2013). Molecular markers for drought tolerance in bread wheat. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, *4*(4), 171-179.

Falleri, E. (1994). Effect of water stress on germination in six provenances Pinus pinaster Ait. *Seed Science and Technology*, *22*(3), 591-599.

Fernandez, G. C. (1993). *Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance* Adaptation of food crops to temperature and water stress: proceedings of an international symposium, Taiwan, 13-18 August 1992.

Fischer, R., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, *29*(5), 897-912.

Ghamari-zare, A., Rezvani, S., & Frootan, M. (2009). Assessment of resistance to PEG-induced drought in annual medic using aquaculture conditions. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, *16*(2), 182-197. [In Persian]

Gill, P. K., Sharma, A. D., Singh, P., & Bhullar, S. S. (2002). Osmotic stress-induced changes in germination, growth and soluble sugar content of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, *28*(3-4), 12-25.

Heydari, R., & Heydarizadeh, M. (2002). Evaluation of resistance for salinity, drought, cold, heat and pH changes in four Iranian wheat cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *9*(1), 81-91. [In Persian]

Hossaini, S., Ganjeali, A., Lahouti, M., & Beyk Khormizi, A. (2014). Effect of drought stress on seed germination and some morphopysiological and biochemical traits of *Oryza sativa* L. cv. Hashemi seedlings. *Applied Field Crops Research*, *27*(105), 182-188. [In Persian]

Jafarnezhad, A., Taheri, G., & Rahchamanie, A. A. (2009). Study of drought tolerance in four wheat genotypes, at germination stage. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *2*(1), 73-85. [In Persian]

Kirigwi, F., Van Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R., Rajaram, S., & Paulsen, G. (2004). Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica*, *135*, 361-371.

Lu, D., Cai, X., Zhao, J., Shen, X., & Lu, W. (2015). Effects of drought after pollination on grain yield and quality of fresh waxy maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(1), 210-215.

Marjani, A., Farsi, M., & Rahimizadeh, M. (2006). Investigation of drought tolerance of ten pea genotypes in seedling stage using polyethylene glycol 6000. *Journal of Agricultural Sciences*, *12*(1), 17-28. [In Persian]

Moghadam, H., Saeideh Maleki Farahani, S., & Fazeli, A. (2024). Evaluation of some Dorum Wheat Genotypes under Normal and Drought Stress Conditions in Ilam province [Research]. *Journal of Crop Breeding*, *16*(49), 1-16. https://doi.org/10.61186/jcb.16.49.1 [In Persian]

Mohammadi, A., Bihamta, M., Solouki, M., & Dori, H. (2008). Study of quantitative and qualitative traits and their relationships with grain yield in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under optimum and limited irrigation conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *10*(3), 231-243. [In Persian]

Mohammadi, S. A., & Prasanna, B. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants—salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, *43*(4), 1235-1248.

Nabizadeh, E., Heydari Sharifabadi, H., & Nourmohammadi, G. (2007). Effects of water stress in germination and vegetative growth stages, some pure lines of wheat under different water levels. *Journal of Agricultural Sciences*, *13*(3), 661-678. [In Persian]

Naghdipour, A., Khodarahmi, M., Pourshahbazi, A., & Esmailzadeh, M. (2011). Factor analysis for grain yield and other traits in durum wheat. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, *7*(1), 84-96. [In Persian]

Pessarakli, M. (2002). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker, New York.

Prisco, J., Baptista, C., & Pinheiro, E. (1992). Hydration, Dehydration Seed. Pretreatment and its effects on seed germination under water stress. *Plant Physiology*, *70*, 114-126.

Rascio, A., Russo, M., Mazzucco, L., Platani, C., Nicastro, G., & Di Fonzo, N. (2001). Enhanced osmotolerance of a wheat mutant selected for potassium accumulation. *Plant Science*, *160*(3), 441-448.

Sadaqat, H. A., Tahir, M. H. N., & Hussain, M. T. (2003). Physiogenetic aspects of drought tolerance in canola (*Brassica napus*). *International Journal of Agriculture and Biology*, *5*(4), 611-614.

Sadegzadeh, N., Hajiboland, R., & Sadegzadeh, B. (2014). Different physiological response to drought in bread and durum wheat genotypes. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, *3*(1), 21-32. [In Persian]

Saeidi, M., Ahmadi, A., Poustini, K., & Jahansouz, M. (2007). Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. *Journal of Water and Soil Science*, *11*(1), 281-293. [In Persian]

Schneider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J. A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., & Kelly, J. D. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, *37*(1), 43-50.

Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H. H., & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, *10*(2), 259.

Sharp, R. E. (1990). Comparative sensitivity of root and shoot growth and physiology of low water potential. *Importance of Root to Shoot Communication in Response to Environmental Stress*, 29-44.

Sinaki, J., Heravan, E. M., Rad, A. S., Noormohammadi, G., & Zarei, G. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, *2*(4), 417-422.

Soltani, E., Kamkar, B., Galeshi, S., & AKRAM, G. F. (2012). The effect of seed aging on wheat emergence on the response of environmental stress. *Journal of Crop Production*, *2*(2), 43-58.

Swarup, S., Cargill, E. J., Crosby, K., Flagel, L., Kniskern, J., & Glenn, K. C. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*, *61*(2), 839-852.

Uçarlı, C. (2020). Effects of salinity on seed germination and early seedling stage. In *Abiotic stress in plants*. IntechOpen.

Vadez, V., Grondin, A., Chenu, K., Henry, A., Laplaze, L., Millet, E. J., & Carminati, A. (2024). Crop traits and production under drought. *Nature Reviews Earth & Environment*, *5*(3), 211-225.

Van Ginkel, M., Calhoun, D., Gebeyehu, G., Miranda, A., Tian-You, C., Pargas Lara, R., Trethowan, R., Sayre, K., Crossa, J., & Rajaram, S. (1998). Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. *Euphytica*, *100*, 109-121.

Yagmur, M., & Kaydan, D. (2008). Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. *African Journal of Biotechnology*, *7*(13).

Yang, X., Li, J., Zhao, T., Mo, L., Zhang, J., Ren, H., Zhao, N., & Gao, Y. (2019). Variation and heritability of morphological and physiological traits among Leymus chinensis genotypes under different environmental conditions. *Journal of Arid Land*, *11*(1), 66-74.

Yap, T., & Harvey, B. (1972). Inheritance of Yield Components and Morpho-physiological Traits in Barley, *Hordeum vulgare* L. *Crop Science*, *12*(3), 283-286.

Yazdisamadi, B., Abdmishani, S., & Limberg, P. (1989). Effect of soil moisture stress on root and shoot development of seven wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iran Agricultural Research*, *8*(1), 49-61.

Zebarjadi, A., Shadpey, T., Etminan, A., & Mohammadi, R. (2013). Evaluation of drought stress tolerance in durum wheat genotypes using drought tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, *29*(1), 1-12. [In Persian]