University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 3, pp. 675-691 (Fall 2023)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.4915.2088

Original article

Study of genetic diversity and grouping pattern bread wheat genotypes under water deficit- stress

A. Majidi-Mehr[1], M.H. Pahlavani[2*], Kh. Zaynali-Nezhad[3], R.A. Karimizadeh[4], A. Börner[5]

1. Ph. D. Student, Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Associate Professor in Plant Breeding and Biotechnology Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Assistant Professor in Plant Breeding and Biotechnology Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. Dryland Agricultural Research Institute, Kohgiloyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Research Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
5. Professor Genebank Department, Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK)

Received 29 November 2021; Accepted 13 February 2022

Extended abstract

Introduction

Crop yield products reduction due to abiotic stress is estimated at 51 to 82%. Most plants are exposed to environmental stresses, and water deficit is one of the most important non-abiotic stresses in limiting and producing crops around the world, especially in arid and semi-arid regions. Plants have developed various strategies to cope with water deficit stress, including morpho-physiological and biochemical.Wheat is one of the most important crops in the world, which in 2020 had the highest area under cultivation at the rate of 221.33 million hectares (with a total production of 766.03 million tons) worldwide. In the same year in Iran, the area under wheat cultivation was 6.70 million hectares and its production was 16.75 million tons.

Materials and methods

The research was performed in research farm of Rainfed Agricultural Research Station Gachsaran, Iran, over 2020-2021 cropping years. In this study, 100 lines obtained from the landrace bread wheat of different origins from several continents and several countries were studied. The experiment was performed in a simple lattice design 10×10 with two replications and separately in two environmental conditions of stress and non-stress. The operation planting is done in January after conventional tillage implementation of the area by hand. The source of moisture supply for both rain fed (water deficit stress) and irrigation (no stress) test conditions was rainfall and sprinkler irrigation before the phonological stage of flowering (pollination (Zadocs scale 61)). Irrigation interruption was applied at the beginning of flowering in a stress environment (water deficit stress conditions) which continued until harvest, but the environment without stress in two times when wheat plants to early reproductive stage, flowering stages, and the beginning of grain filling (Grain paste stage (Zadocs scale 61-83)) Irrigation was performed. In this study, 16 morphological traits and grain yield were measured under both stress and non-stress conditions, including flag leaf length and width (cm), flag leaf pod length (cm), and flag leaf area (cm^2), number of nodes and leaves per stem, internodes number, peduncle length (cm), plant height

* Corresponding author: Mohammad hadi Pahlavani; E-Mail: hpahlavani@yahoo.com

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

(cm), tiller number, fertile and infertile tillers of number, length of awn (cm), spike length (cm) and spike yield (g).

Results and discussion

The results of the analysis of variance showed high and significant variability in both non-stress and deficit water stress. TRI 3492 was the most tolerant of geographical origin in Nepal and TRI 4549 had the lowest STI relative to deficit water stress of geographical origin in China. The highest and lowest heritability in stress conditions were related to plant height (98.02%) and the number of intermediate nodes (25.00%), respectively. The greatest decrease in heritability (66%) due to stress conditions was the leaf sheath length of the flag leaf. Among the traits studied in this study, flag leaf area with 31.41%, flag leaf length with 25.25% and grain yield with 23.53% had the highest percentage of stress reduction. The results of cluster analysis of the studied genotypes in both environmental conditions are in six separate and different groups so that the greatest difference in genetic distance and grain yield in both environmental conditions was observed between the first and sixth clusters.

Conclusion

Using the genotypes of first cluster (TRI 403, TRI 4013, TRI 3981, TRI 10340, TRI 5262, TRI 4549, TRI 2513, TRI 2656, TRI 3477, TRI 3242, TRI 3526, TRI 3513, TRI 4116 and TRI 4113) with 6TH cluster (TRI 10296, TRI657, TRI755, TRI752, TRI757, TRI 11020, TRI691, TRI 6129 and TRI754) Can be used in crossbreeding programs as well as genetic studies (such as recombinant populations and association mapping) and to increase the rate of heterosis used in water-deficit stress conditions.

Keywords: Cluster analysis, Flag leaf, Heritability, Stress Tolerance Index

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۲

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.4915.2088

مقاله پژوهشی

مطالعه تنوع ژنتیکی و الگوی گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تأثیر تنش کم‌آبی

احمد مجیدی‌مهر[۱]، محمدهادی پهلوانی[۲*]، خلیل زینلی‌نژاد[۳]، رحمت‌الله کریمی‌زاده[۴]، آندریاس بونر[۵]

۱. دانشجوی دکتری، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان. ایران
۲. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان. ایران
۳. استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان. ایران
۴. مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران. ایران
۵. استاد مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی و گیاهان زراعی لایبنیز آلمان

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تجزیه خوشه‌ای
شاخص تحمل به تنش
وراثت‌پذیری
برگ پرچم

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۹/۰۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۱۱/۲۴

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۲

۱۶(۳): ۶۷۵-۶۹۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم نان بهاره ازنظر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه، ۱۰۰ ژنوتیپ گندم نان بهاره ازنظر ۱۶ صفت مورفولوژیک و عملکرد دانه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران در شرایط مزرعه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ موردمطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط از نظر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. طول ریشک در هر دو حالت تنش کم‌آبی (۹۶/۰۵) و بدون تنش (۶۶/۴۹) بالاترین ضریب تنوع ژنتیکی را به خود اختصاص داد، وراثت‌پذیری عمومی برآورد شده برای عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی به ترتیب برابر ۷۴/۳۶ و ۶۸/۷۵ درصد بود. در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ژنوتیپ ۱۱ با بیشترین میزان شاخص STI به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش کم‌آبی شناخته شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های موردمطالعه در هر دو شرایط محیطی را در شش گروه مجزا و متفاوت قرار دارد، به‌طوری‌که بیشترین تفاوت فاصله ژنتیکی و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی بین خوشه اول (دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲۹، ۲۸، ۷۵، ۵۲، ۴۷، ۲، ۴، ۱۰، ۹، ۱۴، ۱۳، ۳۶ و ۳۵) و ششم (۷۱، ۹۴، ۹۹، ۹۷، ۱۰۰، ۹۳، ۹۵، ۶۹ و ۹۸) مشاهده گردید.

مقدمه

کشور ایران در عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه و در نوار خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. ۶۵ درصد از اراضی کشور (۱۰۵ میلیون هکتار) در منطقه فرونشینی توده‌های هوا با تغییرات دمایی بسیار زیاد در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. ایران با میانگین سالانه درازمدت بارندگی در حدود ۲۵۰ میلی‌متر با حجم بارش سالانه حدود ۴۱۳ میلیارد مترمکعب، در شمار مناطق کم باران جهان طبقه‌بندی شده است. این میزان بارندگی کمتر از یک‌سوم میانگین سالانه درازمدت جهانی (۸۶۰ میلی‌متر) است و بیش از ۷۰ درصد آن به‌صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌شود (Mirmohammady Maibody et al., 2015).

کاهش عملکرد محصولات زراعی بر اثر تنش‌های غیرزنده بین ۵۱ الی ۸۲ درصد تخمین زده شده است (Cooke and Leishman, 2016). اغلب گیاهان در معرض تنش‌های

* نگارنده پاسخگو: محمد هادی پهلوانی. پست الکترونیک: hpahlavani@yahoo.com

محیطی قرار می‌گیرند و کمبود آب یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده در محدود ساختن و تولید محصول در سرتاسر جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Yarnia et al., 2011). گندم یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان است که در سال ۲۰۲۰ بیش‌ترین سطح زیر کشت با میزان ۲۲۱/۳۳ میلیون هکتار (با تولید کل ۷۶۶/۰۳ میلیون تن) را در سراسر جهان به خود اختصاص داد. در همین سال در ایران سطح زیر کشت گندم ۶/۷۰ میلیون هکتار و تولید آن ۱۶/۷۵ میلیون تن بود (USDA, 2020).

حساس‌ترین مرحله‌ی رشد به تنش خشکی در اکثر گیاهان معمولاً مرحله‌ی زایشی و گلدهی است. به‌طوری‌که در این مرحله عمل تولید دانه گرده و باروی حاصل از گرده‌افشانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد در گیاه گندم حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی از مرحله طویل شدن ساقه تا پر شدن دانه مخصوصاً در زمان گلدهی است (Dehghani and Khodadadi, 2018). در مطالعات مختلف گزارش شده است که تنش کم‌آبی سبب کاهش تعداد پنجه در بوته (Maqbool et al., 2015; Abid et al., 2018)، کاهش شاخص سطح برگ (Akbari et al., 2021)، کاهش تعداد پنجه در بوته و ارتفاع بوته (Sarto et al., 2017)، کاهش ارتفاع گیاه، طول سنبله، طول پدانکل و طول برگ پرچم (Motazedi et al., 2019) می‌شود.

آگاهی از تنوع ژنتیکی و ساختار جمعیت برای به‌نژادی گیاهان زراعی بسیار کلیدی است و ارزیابی تنوع در ژرم‌پلاسم که به‌منظور استفاده مؤثر از منابع ژنتیکی است در برنامه‌های به‌نژادی ضروری است (Nielsen et al., 2014)؛ بنابراین استفاده از تنوع طبیعی با جلوگیری از یکنواختی ژنتیکی که آسیب‌پذیری بیشتر به گیاهان زراعی نسبت به اپیدمی بیماری‌ها، آفات و سایر تنش‌های محیطی را در پی دارد و نیز بهره‌برداران از ژن‌های مفید خزانه‌های ژنی، پیشرفت برنامه اصلاحی را میسر می‌سازد؛ لذا امروزه استفاده از جمعیت‌های طبیعی در برنامه‌های به‌نژادی بیش‌ازپیش احساس می‌شود (Dadras et al., 2013).

روش‌های مختلفی جهت برآورد تنوع ژنتیکی وجود دارد که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها، روش‌های آماری چند متغیره است که به‌عنوان‌مثال تجزیه خوشه‌ای به‌طور هم‌زمان از اطلاعات چندین صفت در کلیه افراد استفاده نموده و افراد را بر اساس فاصله ژنتیکی گروه‌بندی می‌نماید (Abolqasemi et al., 2015). در مطالعات برخی از پژوهشگران از روش‌های تجزیه‌ای خوشه‌ای و دیگر روش‌های آماری چند متغیره جهت ارزیابی تنوع ژنتیکی استفاده شده است (Esmaeilzadeh-Moghadam et al., 2018; Katouzi et al., 2021; Majidi-Mehr and Khoshchehreh, 2016; Kakaei, 2019; Azene alemu et al., 2020). یاراحمدی و همکاران (Yarahmadi et al., 2021) با مطالعه‌ای بر روی ۱۳۲ ژنوتیپ گندم بهاره در شرایط دیم با استفاده از تجزیه کلاستر به روش حداقل واریانس وارد، ژنوتیپ‌های گندم موردبررسی را به ۷ گروه طبقه‌بندی کردند و اظهار داشتند که از ژنوتیپ‌های واقع در گروه ۵ (۶۲۵۰، ۶۰۳۱، ۶۱۵۸، line 17، Ghabous، ۶۱۲۲، Gonbad، ۶۱۳۱، ۶۰۷۱، ۶۰۷۵، ۶۰۰۴ و ۶۱۷۲) و گروه ۷ (Aftab، ۶۱۵۶ و Shoush) می‌توان برای تجمیع صفات مرتبط با عملکرد دانه استفاده نمود.

هدف از این پژوهش، بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم نان و گروه‌بندی آنان بر اساس صفات مورفولوژیکی به همراه عملکرد دانه تحت دو شرایط محیطی بدون تنش و تنش کم‌آبی به‌منظور شناسایی و معرفی والدین جهت تلاقی در برنامه‌های بهنژادی است. اطلاعات حاصل از این مطالعه همچنین در تصمیم‌گیری پژوهشگران جهت به‌کارگیری این جامعه یا مشتقات آن در مطالعات ژنتیکی-مولکولی به‌ویژه نقشه‌یابی ارتباطی کمک شایانی خواهد نمود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه پژوهشی پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد واقع در شهرستان گچساران با مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۷۱۰ متر که از لحاظ اقلیم دارای ویژگی‌های آب‌وهوایی مدیترانه‌ای با تابستان گرم و زمستان نسبتاً مرطوب و ملایم است، اجرا شد. آزمایش در قالب طرح لاتیس ساده ۱۰×۱۰ اجرا گردید. در این تحقیق ۱۰۰ لاین حاصل از توده محلی گندم نان بهاره با منشأ مختلف از چند قاره و چند کشور که اسامی آنان در جدول (۱) آورده شده است، موردمطالعه قرار گرفتند. برای سهولت در شناسایی از اعداد ۱ تا ۱۰۰ برای نام‌گذاری ژنوتیپ‌ها استفاده شد. این منابع گیاهی از موسسه تحقیقات ژنتیک گیاهان زراعی از کشور آلمان (IPK-Gatersleben) تهیه شده است و در بانک

ژن دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان نگهداری می‌شود.

خاک مزرعه از نوع بافت لوم رسی سیلتی بود. برای اجرای آزمایش قبل از رسیدن فصل کشت با استفاده از گاوآهن و دیسک نسبت به شخم و نرم کردن خاک و کشت ارقام در کرت‌ها آزمایشی اقدام شد. کود شیمیایی بر مبنای ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار در حدفاصل شخم با گاوآهن و دیسک با خاک مخلوط گردید. تمام کود فسفره از منبع فسفات آمونیوم هم‌زمان با کشت و کود ازته از منبع نیترات آمونیوم استفاده شد. به‌منظور تکمیل ازت موردنیاز گیاه، در نیمه دوم اسفندماه بلافاصله بعد از بارندگی در منطقه و قبل از به ساقه رفتن گندم، به‌صورت سرک استفاده گردید. میانگین بارندگی، تبخیر و درجه حرارت ماهیانه در این آزمایش در شکل یک آمده است.

آزمایش شامل دو تکرار و به‌طور جداگانه در دو شرایط محیطی تنش کم‌آبی و بدون تنش اجرا گردید. در هر تکرار بذرهای ضدعفونی شده ۱۰۰ ژنوتیپ گندم نان تیپ بهاره کشت شدند. عملیات کاشت در اوایل دی‌ماه پس از اجرای خاک‌ورزی متعارف منطقه به‌صورت دستی صورت گرفت. به‌طوری‌که هر کرت آزمایشی شامل یک خط به طول یک متر و با فاصله بذور روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵-۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ابعاد هر بلوک ناقص در این آزمایش ۲/۵ مترمربع، شامل یک خط کاشت و یک خط نکاشت و خط راهرو بین ارقام کشت‌شده ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بین تکرارهای اول و دوم پنج خط به‌صورت نکاشت (۱/۲۵ متر) گذاشته شد. در مرحله داشت، برای مبارزه با علف های هرز، برای تمامی ارقام یکسان و بر اساس عرف منطقه با استفاده از وجین دستی در چندین مرحله صورت گرفت.

منبع تأمین رطوبت برای هر دو شرایط آزمایش دیم (تنش کم‌آبی) و آبیاری (بدون تنش)، نزولات آسمانی و آبیاری بارانی تا قبل از مرحله فنولوژیکی شروع گلدهی (گرده‌افشانی (مقیاس زادوکس ۶۱)) بود (Zadocs et al., 1974). قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی در محیط تنش (شرایط تنش کم‌آبی) اعمال شد (Khanchi and Esmaeilzadeh-Moghadam, 2016) که تا مرحله برداشت تداوم داشت، اما محیط بدون تنش در دو نوبت زمانی که بوته‌های گندم به اوایل مرحله زایشی، مراحل گلدهی و شروع پر شدن دانه (مرحله خمیری دانه (مقیاس زادوکس ۶۱ الی ۸۳)) رسیدند آبیاری انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات موردنظر، از هر ژنوتیپ موجود در هر بلوک ناقص پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب (Abouari-Gazafrodi et al., 2008) و بعد از مرحله گلدهی و پر شدن دانه نسبت به اندازه‌گیری صفات اقدام و میانگین آن‌ها ثبت شد. در این مطالعه ۱۶ صفت مورفولوژیک و عملکرد دانه در دو شرایط تنش کم‌آبی و بدون تنش اندازه-گیری شدند که شامل طول و عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)، طول غلاف برگ پرچم (سانتی‌متر)، سطح برگ پرچم (سانتی‌متر مربع) با استفاده از روش راسون و همکاران (Rawson et al., 1988)، تعداد گره و برگ در ساقه، تعداد میان گره، طول پدانکل (سانتی‌متر)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور و نابارور، طول ریشک (سانتی-متر)، طول سنبله (سانتی‌متر) و عملکرد سنبله (گرم) بودند. آمار توصیفی برای شرایط تنش کم‌آبی و بدون تنش محاسبه و از امید ریاضی میانگین مربعات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت روابط زیر برای ارزیابی پارامترهای ژنتیکی استفاده شد (MajidiMehr, 2014).

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} \quad [۱]$$

$$\delta_g^2 = \frac{MSg\text{-}MSe}{r} \quad [۲]$$

$$\delta_e^2 = MSe \quad [۳]$$

$$\delta_p^2 = \delta_e^2 + \delta_g^2 \quad [۴]$$

$$Hb = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2} \times 100 \quad [۵]$$

$$CV_p = \frac{\sqrt{\delta_p^2}}{\bar{x}} \quad [۶]$$

$$CV_g = \frac{\sqrt{\delta_g^2}}{\bar{x}} \quad [۷]$$

$$GA = Hb \times K \times \frac{\sqrt{\delta_p^2}}{\bar{x}} \times 100 \quad [۸]$$

که در آن‌ها Hb وراثت‌پذیری عمومی، δ_g^2 واریانس ژنتیکی، δ_p^2 واریانس فنوتیپی، δ_e^2 واریانس خطا، CVg ضریب تغییرات ژنتیکی، CVp ضریب تغییرات فنوتیپی، GA پیشرفت ژنتیکی، K شدت گزینش (در سطح احتمال پنج درصد =۲/۰۶)، $\bar{x}$ میانگین، MSg میانگین مربعات ژنوتیپ، MSe میانگین مربعات خطای آزمایشی برای هر صفت و r تعداد تکرار در آزمایش می‌باشند. در این پژوهش از شاخص

فرناندز برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌های موردمطالعه به تنش کم‌آبی استفاده شد که به‌صورت زیر محاسبه گردید (Fernandez, 1992).

$$STI=\frac{((YP)(YS))}{[(\overline{YP})]2} \quad [۹]$$

که در این فرمول YP= عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش، YS= عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط تنش کم‌آبی و$\overline{YP}$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش است. بالا بودن میزان STI یک ژنوتیپ ناشی از قابلیت بیشتر تحمل آن ژنوتیپ به تنش کم‌آبی است. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تجزیه کلاستر به روش حداقل واریانس وارد (Ward) و مقیاس فاصله اقلیدسی با استفاده از متغیرهای استانداردشده، استفاده گردید. برای تعیین تعداد واقعی گروه‌ها و نقشه برش، از آزمون T2 کاذب هتلینگ و معیار توان سوم خوشه‌ها (Jobson, 2012) استفاده گردید. تجزیه‌های آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای SAS ver 9.1 (۲۰۰۲) و¬Stat Graphics ver 18.1 (۲۰۱۲) انجام گرفت.

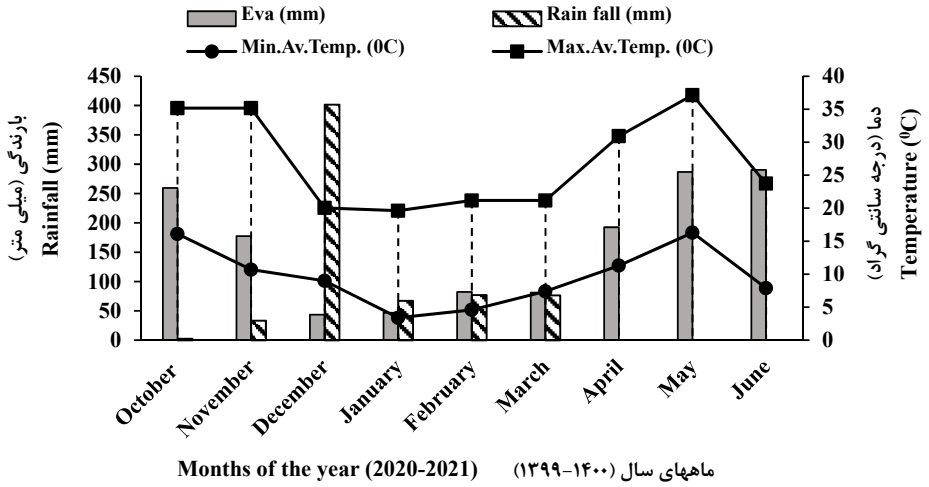
جدول ۱. نام، شماره و منشأ ژنوتیپ‌های مطالعه شده

Table 1. Names, codes and origin of the studied genotypes

شماره Code	ژنوتیپ Genotype	منشأ Origin	شماره Code	ژنوتیپ Genotype	منشأ Origin	شماره Code	ژنوتیپ Genotype	منشأ Origin	شماره Code	ژنوتیپ Genotype	منشأ Origin
1	TRI 403	USA	26	TRI 3926	URY	51	TRI 4942	USA	76	TRI 10591	CYP
2	TRI 2513	CHN	27	TRI 3955	NPL	52	TRI 5262	EST	77	TRI 10593	CYP
3	TRI 2619	NPL	28	TRI 3981	NPL	53	TRI 5304	SWE	78	TRI 10620	CYP
4	TRI 2656	IND	29	TRI 4013	ITA	54	TRI 5310	FRA	79	TRI 10625	CYP
5	TRI 2679	IND	30	TRI 4041	CAN	55	TRI 5315	ARG	80	TRI 10654	CYP
6	TRI 2835	AFG	31	TRI 4042	CHN	56	TRI 5325	ARG	81	TRI 10688	GRC
7	TRI 2889	NPL	32	TRI 4056	IND	57	TRI 5332	USA	82	TRI 10692	GRC
8	TRI 3126	PRT	33	TRI 4081	PRT	58	TRI 5333	ESP	83	TRI 10693	GRC
9	TRI 3242	USA	34	TRI 4112	AFG	59	TRI 5342	GER	84	TRI 10697	GRC
10	TRI 3477	NZL	35	TRI 4113	AFG	60	TRI 5357	GBR	85	TRI 10702	GRC
11	TRI 3492	NPL	36	TRI 4116	ITA	61	TRI 5386	BGR	86	TRI 10703	GRC
12	TRI 3511	PRT	37	TRI 4117	ITA	62	TRI 5425	ESP	87	TRI 10704	GRC
13	TRI 3513	GBR	38	TRI 4118	ITA	63	TRI 5438	USA	88	TRI 10705	GRC
14	TRI 3526	PRT	39	TRI 4126	ITA	64	TRI 6503	IRN	89	TRI 10707	GRC
15	TRI 3564	PRT	40	TRI 4141	ITA	65	TRI 5645	IRN	90	TRI 10710	GRC
16	TRI 3569	URY	41	TRI 4144	ITA	66	TRI 5984	IRN	91	TRI 10781	GRC
17	TRI 3570	IND	42	TRI 4545	AUT	67	TRI 6094	IRN	92	TRI 10785	GRC
18	TRI 3631	CAN	43	TRI 4145	ITA	68	TRI 6108	IRN	93	TRI 11020	USA
19	TRI 3633	CAN	44	TRI 4148	ITA	69	TRI 6129	IRN	94	TRI657	IRN
20	TRI 3839	FRA	45	TRI 4149	ITA	70	TRI 6148	IRN	95	TRI691	IRN
21	TRI 3842	PRT	46	TRI 4540	SUN	71	TRI 10296	MEX	96	TRI696	IRN
22	TRI 3874	ITA	47	TRI 4549	CHL	72	TRI 10297	BRA	97	TRI752	IRN
23	TRI 3881	ITA	48	TRI 4563	ITA	73	TRI 10311	JPN	98	TRI754	IRN
24	TRI 3925	URY	49	TRI 4919	AUT	74	TRI 10336	CHN	99	TRI755	IRN
25	TRI 3929	CHN	50	TRI 4940	USA	75	TRI 10340	CHN	100	TRI757	IRN

USA، آمریکا؛ CHN، چین؛ NPL، نپال؛IND، هند؛ AFG، افغانستان؛ PRT، پرتغال؛ GER، آلمان؛ NZL، نیوزیلند؛ GBR، انگلستان؛ URY، اروگوئه؛ CAN، کانادا؛ FRA، فرانسه؛ ITA، ایتالیا؛AUT، استرالیا؛ SUN، شوری؛ CHL، شیلی؛ SWE، سوئد؛ EST، استونی؛ ARG، آرژانتین؛ ESP، اسپانیا؛ BGR، بلغارستان؛ IRN، ایران؛ BRA، برزیل؛ JPN؛ ژاپن؛ CYP، قبرس و GRC، یونان

USA, United States of America, CHN, China, NPL, Nepal, IND, India, AFG, Afghanistan; PRT, Portugal; GER, Germany; NZL, New Zealand; GBR, England; URY, Uruguay; CAN, Canada; FRA, France, ITA, Italy; AUT, Australia; USSR, Union of Soviet Socialist Republics; CHL, Chile; SWE, Sweden; EST, Estonia; ARG, Argentina; ESP, Spain; BGR, Bulgaria; IRN, Iran; BRA, Brazil; JPN, Japan, CYP, Cyprus; GRC, Greece



شکل ۱. مقدار کل بارندگی (میلی‌متر)، تبخیر و متوسط دمای حداقل و حداکثر (درجه سانتی‌گراد) ماهیانه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در ایستگاه گچساران

Fig. 1. Monthly total rainfall (mm), Evaporation and average min and max temperature (^{0}C) in 2020-2021 cropping season in Gachsaran Station.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر اساس طرح لاتیس نشان داد که مزیت نسبی این طرح نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای اکثر صفات در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی برای صفات موردبررسی کم (کمتر از صد) بود، ازاین‌رو برآورد واریانس‌ها و امید ریاضی میانگین مربعات بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در دو شرایط آزمایش وجود داشت (جدول ۲). این موضوع بیانگر وجود تنوع مطلوب ژنوتیپ‌ها از نظر صفات موردمطالعه و احتمال وجود سازوکارهای مختلف بین آن‌ها در واکنش به تنش کم‌آبی است که در مطالعات آتی می‌توان از این صفات در اهداف به‌نژادی بهره‌مند شد. در حقیقت وجود تنوع ژنتیکی در صفات مرتبط با شرایط تنش کم‌آبی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و درک بهینه سازوکارهای مرتبط با تحمل به کم‌آبی در گندم مؤثر است. بیش‌ترین میزان عملکرد سنبله در شرایط بدون تنش به ژنوتیپ ۲۴ (با میانگین ۲/۸۳ گرم) تعلق داشت و ژنوتیپ‌های ۶۷ (با میانگین ۲/۴۵ گرم) و ۱۱ (با میانگین ۲/۴۴ گرم)، ۱۲ (با میانگین ۲/۳۵ گرم)، ۸ (با میانگین ۲/۳۰ گرم) و ۹۶ (با میانگین ۲/۲۷ گرم) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین میزان عملکرد سنبله به ژنوتیپ ۴۷ (۰/۸۳ گرم) تعلق گرفت. ژنوتیپ‌های ۵۲ (۰/۸۶ با میانگین گرم)، ۵۰ (۰/۹۲ با میانگین گرم)، ۴۴ (با میانگین ۰/۹۳ گرم)، ۴۳ (با میانگین ۰/۹۴ گرم) و ۵۷ (با میانگین ۰/۹۵ گرم) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۱۱ (با میانگین ۲/۱۷ گرم) بیش‌ترین میزان عملکرد را در محیط تنش کم‌آبی به خود اختصاص داد و ژنوتیپ‌های ۱۲ (با میانگین ۲/۰۸ گرم)، ۶۷ (با میانگین ۲/۰۸ گرم)، ۹۶ (با میانگین ۱/۹۹ گرم)، ۹۳ (با میانگین ۱/۸۰ گرم) و ۲۷ (با میانگین ۱/۷۴ گرم) در رده‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین میزان عملکرد سنبله مربوط به ژنوتیپ ۴۷ (۰/۶۷ گرم) بود. ژنوتیپ‌های ۵۲ (با میانگین ۰/۶۶ گرم)، ۵۷ (با میانگین ۰/۶۶ گرم)، ۷۴ (با میانگین ۰/۷۰ گرم)، ۲ (با میانگین ۰/۷۱ گرم) و ۳۵ (با میانگین ۰/۷۲ گرم) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. تفاوت عملکرد سنبله در محیط تنش کم‌آبی در ژنوتیپ ۱۱ نسبت به ژنوتیپ ۴۷ بیش از ۱/۵۰ نقطه درصد افزایش را نشان داد.

پارامترهای ژنتیکی

در این مطالعه بیش‌ترین درصد ضریب تنوع فنوتیپی و تنوع ژنتیکی در شرایط تنش کم‌آبی به طول ریشک (به‌ترتیب ۹۷/۷۰ و ۹۶/۰۵) اختصاص داشت همچنین کمترین درصد تنوع فنوتیپی و تنوع ژنتیکی در شرایط تنش کم‌آبی به‌ترتیب مربوط به صفات ارتفاع بوته (۱۹/۲۵) و طول غلاف برگ پرچم

(۱۳/۵۴) بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان درصد ضریب تنوع فنوتیپی و ضریب تنوع ژنتیکی در محیط بدون تنش به ترتیب مربوط به صفات تعداد پنجه نابارور در بوته (۸۴/۸۷) و تعداد پنجه بارور در بوته (۷۱/۵۹) بود. بالا بودن ضریب تنوع ژنتیکی در شرایط تنش کم‌آبی برای صفات طول ریشک (۹۶/۰۵ درصد)، تعداد پنجه نابارور (۷۴/۸۹ درصد)، سطح برگ پرچم (۴۹/۴۱ درصد) و عملکرد دانه (۴۰/۱۶ درصد) بیانگر کارایی گزینش در بهبود و اصلاح صفات مذکور است.

به‌طورکلی نزدیک بودن مقادیر ضریب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی در برخی از صفات بیانگر ناچیز بودن اثرات محیطی در کنترل صفات مذکور است، درصورتی‌که بالا بودن ضریب تنوع فنوتیپی در مقایسه با ضریب تنوع ژنتیکی دلالت بر بالا بودن میزان اثرات محیطی در کنترل صفات است (Singh et al., 2014). تفاوت ناچیز بین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط تنش کم‌آبی، برای صفات تعداد برگ در ساقه، طول پدانکل، ارتفاع بوته، تعداد گره، طول اولین میانگره و عرض برگ پرچم نشان می‌دهد که این صفات بیش‌تر به‌وسیله عوامل ژنتیکی کنترل می‌شوند و گزینش والدین بر مبنای این صفات برای دورگ‌گیری با هدف به‌نژادی مناسب است؛ اما بیش‌ترین تفاوت بین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی به‌ترتیب برای صفات تعداد میانگره، طول غلاف برگ پرچم و عملکرد سنبله در شرایط تنش ثبت شد که می‌توانند به دلیلی نقش اثرات محیطی در کنترل این صفات باشد. صفات تعداد پنجه نابارور، تعداد گره، تعداد پنجه و عملکرد سنبله در بین صفات موردمطالعه بیش-ترین میزان تفاوت بین درصد ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی را در شرایط بدون تنش به خود اختصاص دادند.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم نان بهاره در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی

Table 2. Analysis of variance for the morphological and grain yield traits in spring bread wheat genotypes under non stress and water-deficit stress.

		میانگین مربعات Mean squares							
		بلوک Block		ژنوتیپ Genotype		اشتباه آزمایشی Error experiment		ضریب تغییرات Coefficient of variation	
trait	صفت	N	S	N	S	N	S	N	S
Flag leaf length	طول برگ پرچم	15.11*	0.0003^{ns}	40.12**	16.07**	0.94	2.69	8.10	6.43
Flag leaf width	عرض برگ پرچم	0.007^{ns}	0.006^{ns}	0.13**	0.11**	0.009	0.01	8.39	8.56
Flag leaf sheath length	طول غلاف برگ پرچم	34.86^{ns}	0.24^{ns}	30.12**	17.41**	0.60	18.65	20.34	3.68
Flag leaf area	سطح برگ پرچم	10.45^{ns}	0.50^{ns}	105.81**	41.68**	1.88	6.05	13.49	10.95
Number of node	تعداد گره	0.14^{ns}	0.23^{ns}	0.57**	0.81**	0.24	0.10	7.35	12.24
Internode number	تعداد میان گره	7.22^{ns}	0.02^{ns}	7.18**	0.70**	0.01	6.84	76.95	3.34
Number of per steam	تعداد برگ در ساقه	0.02^{ns}	0.020^{ns}	0.48**	0.71**	0.01	0.01	2.36	2.51
First internode length	طول اولین میان گره	0.11^{ns}	0.21^{ns}	7.77**	2.53**	0.18	0.26	5.36	5.30
Peduncle length	طول پدانکل	0.006^{ns}	1.43^{ns}	63.80**	68.34**	4.14	1.39	3.81	7.73
Plant height	ارتفاع بوته	20.64*	45.89**	201.15**	158.04**	5.80	3.16	2.41	3.67
Tiller number	تعداد پنجه	51.00**	64.30**	15.97**	23.54**	2.97	3.69	18.19	13.41
Fertile tiller number	تعداد پنجه بارور	47.24**	29.95**	71.72**	9.83**	1.17	1.98	16.97	16.04
Infertile tiller number	تعداد پنجه نابارور	2.42*	7.22^{ns}	4.25**	20.64**	0.55	1.03	32.71	25.98
Awn length	طول ریشک	0.03^{ns}	0.36^{ns}	27.19**	20.87**	0.18	0.71	15.30	9.13
Spike length	طول سنبله	6.49^{ns}	1.31^{ns}	10.57**	7.52**	0.28	1.17	8.34	4.81
Yield spike	عملکرد سنبله	0.006^{ns}	0.46**	0.34**	0.27**	0.05	0.10	9.05	13.08

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ N = بدون تنش، S = تنش کم‌آبی

ns, * and ** Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively; N=Non stress, S=Water deficit stress

جدول ۳. ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی صفات موردبررسی در ۱۰۰ ژنوتیپ گندم نان در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی

Table 3. Coefficient of genotype and phenotype variation, broad heritability, genetic advanced of the studied traits in 100 bread wheat genotypes under non-stress and water-deficit stress conditions.

Trait	صفت	ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)				وراثت‌پذیری Heritability (%)		پیشرفت ژنتیکی Genetic advance (%)	
		ژنوتیپی Genotype		فنوتیپی Phenotype					
		N	S	N	S	N	S	N	S
Flag leaf length	طول برگ پرچم	21.86	25.37	22.38	27.59	95.42	84.55	44.00	48.05
Flag leaf width	عرض برگ پرچم	20.46	29.28	21.93	30.64	87.05	91.30	39.33	57.63
Flag leaf sheath length	طول غلاف برگ پرچم	18.09	13.54	18.46	24.62	96.09	30.24	36.54	15.34
Flag leaf Area	سطح برگ پرچم	39.53	49.41	40.24	53.46	96.51	86.47	79.99	95.22
Number of node	تعداد گره	9.59	21.72	15.02	23.10	40.74	88.37	12.61	42.06
Internode number	تعداد میان گره	55.69	17.76	55.77	34.51	99.72	25.00	114.56	18.29
Leaves per steam	تعداد برگ در ساقه	11.51	21.20	11.76	21.35	95.92	98.60	23.23	43.37
First internode length	طول اولین میان گره	20.24	19.08	20.71	20.09	95.47	90.23	40.73	37.34
Peduncle length	طول پدانکل	17.67	31.22	18.85	31.54	87.81	97.99	34.11	63.67
Plant height	ارتفاع بوته	13.42	19.06	13.82	19.25	94.39	98.02	26.86	38.87
Tiller number	تعداد پنجه	24.19	36.27	29.20	39.23	68.64	85.46	41.28	69.07
Fertile tiller number	تعداد پنجه بارور	71.59	44.03	72.77	48.71	96.79	81.70	145.09	81.98
Infertile tiller number	تعداد پنجه نابارور	49.85	74.89	84.87	76.79	34.51	95.13	60.33	150.48
Awn length	طول ریشک	66.49	96.05	66.93	97.70	98.68	96.65	136.06	194.53
Spike length	طول سنبله	17.49	24.13	17.95	26.09	94.84	85.56	35.08	45.98
Yield spike	عملکرد سنبله	24.83	40.16	28.79	48.43	74.36	68.75	44.10	68.059

N=Non stress, S=Water-deficit stress

N=بدون تنش، S = تنش کم‌آبی

نتایج نشان داد میزان وراثت‌پذیری عمومی در محیط تنش از ۲۵/۰۰ تا ۹۸/۶۰ درصد به ترتیب برای تعداد میانگره و تعداد برگ در ساقه متغیر بود (جدول ۳). بیش‌ترین و کمترین میزان توارث‌پذیری عمومی در شرایط تنش کم‌آبی به‌ترتیب مربوط به ارتفاع بوته (۹۸/۰۲ درصد) و تعداد میانگره (۲۵/۰۰ درصد) بودند. بیش‌ترین کاهش وراثت‌پذیری (۶۶ نقطه درصدی کاهش) ناشی از شرایط تنش را صفت طول غلاف برگ پرچم داشت که نشان‌دهنده اثر بسیار زیاد محیط بر این صفت در بین ژنوتیپ‌ها بود. طول و عرض برگ پرچم، سطح برگ پرچم، تعداد گره، تعداد برگ در ساقه، طول اولین میانگره، طول پدانکل، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور و نابارور و طول ریشک در شرایط تنش کم‌آبی وراثت پذیری بیش از ۸۰ درصد را به خود اختصاص دادند درحالی‌که صفاتی همچون طول غلاف برگ پرچم و تعداد میانگره که در شرایط تنش کم‌آبی وراثت‌پذیری کم‌تر از ۴۰ درصد را به خود اختصاص دادند. قابلیت توارث‌پذیری مهم‌ترین پارامتر در مطالعات ژنوتیپی صفات کمی است که در تعیین نقش عوامل محیطی یا ژنتیکی در بروز صفات نقش دارد (Crippa et al., 2009). وراثت‌پذیری طول سنبله در شرایط بدون تنش نسبت به تنش حدود ۹/۲۸ نقطه درصد کاهش داشت. تنش ناشی از کم‌آبی باعث کاهش وراثت‌پذیری صفات طول اولین میانگره در حالت تنش نسبت به حالت بدون تنش (۵/۲۴ درصد) شد. برخی از پژوهشگران گزارش کرده‌اند که تنش خشکی در گندم سبب کاهش پارامترهای ژنتیکی اکثر صفات می‌گردد (Allah et al., 2011). منجم و همکاران (Monajjem et al., 2016) در تحقیقی مشابه دریافتند مقدار وراثت‌پذیری صفات عرض برگ پرچم، تعداد گره، تعداد برگ در ساقه، طول پدانکل، ارتفاع بوته و تعداد پنجه نابارور در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به شرایط آبیاری نرمال افزایش داشته است که نشان‌دهنده سهم عوامل ژنتیکی در کنترل این صفات تحت شرایط تنش است و یا ژن‌های دیگری در شرایط تنش ایفای نقش نموده‌اند که کمتر تحت تأثیر شرایط

محیطی قرار می‌گیرند. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پیشرفت ژنتیکی در شرایط تنش کم‌آبی به صفات سطح برگ پرچم (در حدود ۹۵/۲۲ درصد) و طول غلاف برگ پرچم (۱۵/۳۴ درصد) اختصاص داشت (جدول ۳).

پیشرفت ژنتیکی برای صفات طول اولین میانگره، ارتفاع بوته، تعداد گره و میانگره و طول غلاف برگ پرچم در شرایط تنش صفات تعداد گره، تعداد برگ در ساقه، طول پدانکل و طول سنبله در شرایط بدون تنش برای ارقام مختلف گندم در این مطالعه پایین بود که احتمالاً با وراثت‌پذیری بالای آن‌ها جبران می‌شود. در برخی از گزارش‌ها معلوم شده است که همیشه وراثت‌پذیری بالا با پیشرفت ژنتیکی بالا همراه نیست (Ogunniyan and Olakojo, 2014). نتایج به‌دست‌آمده در شرایط تنش نشان داد که بیشترین میزان وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی برای صفت سطح برگ پرچم و تعداد پنجه بارور وجود دارد. در برخی از صفات موردمطالعه میزان پیشرفت ژنتیکی بیش از ۱۰۰ درصد بوده است که این برآوردها می‌تواند به دلایل گوناگون نظیر اشتباه نمونه‌برداری، پایین بودن تعداد داده‌ها، استفاده از مدل آماری نادرست یا عدم وجود تنوع کافی باشد (Bker, 1986).

برای شناسایی متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش از شاخص تحمل به تنش STI استفاده شد (جدول ۴). مقادیر عددی بالا STI نشان¬دهنده متحمل بودن ژنوتیپ به شرایط تنش و عملکرد بالقوه بالای آن ژنوتیپ است که بر این اساس ژنوتیپ ۱۱ با میانگین ۲/۲۶ بیش‌ترین میزان شاخص STI را به خود اختصاص داد که به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به محیط تنش کم‌آبی شناخته شد و ژنوتیپ‌های ۶۷ (با میانگین ۲/۱۸)، ۱۲ (با میانگین ۲/۰۹)، ۹۶ (با میانگین ۱/۹۳)، ۲۴ (با میانگین ۱/۸۲) و ۸ (با میانگین ۱/۶۴) به ترتیب به میانگین‌های ۲/۱۸ و ۲/۰۸ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در شاخص STI، مقادیر عددی پایین نشان‌دهنده حساس بودن ژنوتیپ بودن ژنوتیپ به شرایط تنش کم‌آبی است که بر این اساس ژنوتیپ ۴۷ با مقدار STI برابر ۰/۲۲ حساس‌ترین ژنوتیپ به شرایط تنش کم‌آبی بود. ژنوتیپ‌های ۵۲ (با میانگین ۰/۲۴)، ۵۷ (با میانگین ۰/۲۸)، ۴۳ (با میانگین ۰/۲۹)، ۴۴ (با میانگین ۰/۳۰) و ۵۰ (با میانگین ۰/۳۱) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. شاخص تحمل به تنش ژنوتیپ-های را انتخاب می‌کند که در هر دو محیط بدون تنش و تنش، واجد عملکرد بالایی باشند (Fernandez, 1992)؛ لذا بر اساس نظر فرناندز بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها؛ شاخص STI است زیرا این شاخص می‌تواند گروه ژنوتیپ-هایی را که در هر دو محیط دارای عملکرد بالایی هستند از گروه ژنوتیپ‌هایی واجد عملکرد بالا فقط در محیط تنش و یا گروه واجد عملکرد بالا فقط در محیط بدون تنش هستند تفکیک کند. پژوهشگران بسیاری شاخص تحمل به تنش را به‌عنوان یکی از مؤثرترین شاخص‌ها در جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی کرده‌اند (Murri et al., 2013; Tahmasebpour et al., 2019; Zarei et al., 2015; Shanazari et al., 2021).

تجزیه کلاستر

دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ۱۰۰ ژنوتیپ گندم نان بهاره بر اساس مقادیر استانداردشده صفات در شکل ۲ و ۳ آمده است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه کلاستر با استفاده از روش حداقل واریانس وارد بر مبنای فاصله اقلیدسی ۲۱۲ به‌عنوان معیار تشابه ژنوتیپ‌های موردمطالعه به شش گروه تقسیم شدند (شکل ۲). گروه اول تحت شرایط نرمال آبیاری دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۹، ۲۱، ۱۰، ۳۹، ۶۵، ۱۸، ۲۷، ۷۰ و ۹۲ بودند. این گروه ژنوتیپی از نظر کلیه صفات به‌جز طول ریشک و عملکرد سنبله دارای انحراف مثبت از میانگین کل بودند (جدول ۵). پراکنش جغرافیایی این گروه ژنوتیپی از نظم خاصی برخوردار نبودند. گروه دوم تحت شرایط آبیاری نرمال دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۳۱، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۳۴،۳۵، ۳۶، ۲۰، ۴۰، ۴۲، ۴۳، ۸۳، ۵۳، ۳۷، ۶۰ و ۲۴ بودند. تعداد گره، تعداد میانگره و برگ در ساقه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، پنجه بارور و نابارور، طول ریشک و سنبله در ژنوتیپ‌های گروه دوم دارای انحراف مثبت بیشتر از میانگین کل این صفات بودند از ویژگی‌های نامطلوب و ضعیف این گروه تولید پنجه نابارور بالاتر از میانگین کل بود. گروه سوم تحت شرایط نرمال آبیاری دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۹، ۳۲، ۱۴، ۳، ۴، ۳۳، ۷، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۳۸، ۶۱، ۷۵، ۶۷، ۶۸، ۲۶، ۵۲، ۴۷، ۷۷، ۷۸، ۱۲ و ۲۸ بودند. ویژگی بارز این گروه دارای انحراف مثبت میانگین عملکرد سنبله نسبت به میانگین کل بود. گروه چهارم تحت شرایط نرمال آبیاری دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۲۳، ۲۵، ۴۱، ۵۴، ۱۱، ۶۶، ۸۱، ۷۲، ۷۳، ۶۹، ۸۲، ۸۴، ۸۵، ۸، ۴۸، ۹۰، ۸۶، ۸۹ و ۹۱ بودند، از ویژگی‌های ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور بالاترین میانگین نسبت به میانگین کل مربوط به صفات طول غلاف

جدول ۴. میزان شاخص تحمل به تنش کم‌آبی (STI) در ژنوتیپ‌های گندم

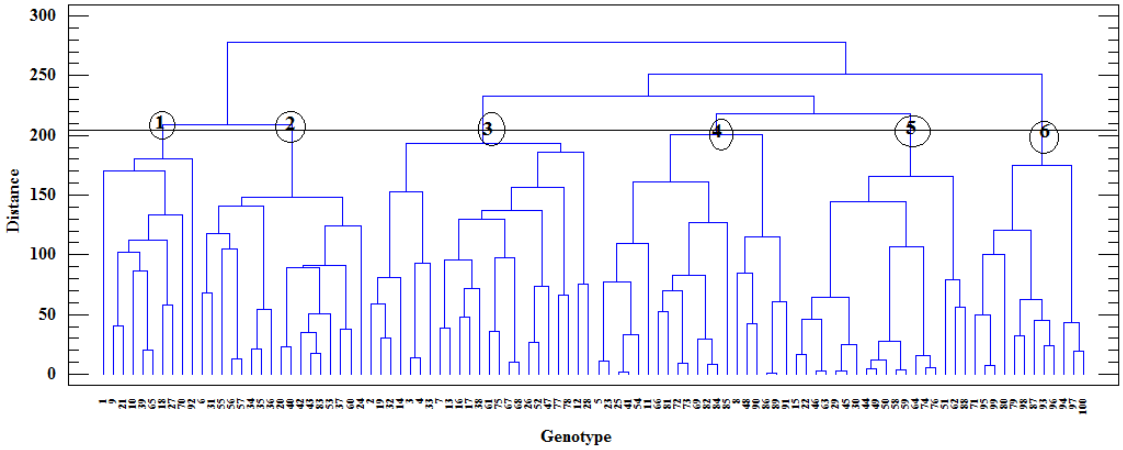
Table 4. The index of water deficit stress tolerance (STI) in the wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	STI	ژنوتیپ Genotype	STI	ژنوتیپ Genotype	STI	ژنوتیپ Genotype	STI	ژنوتیپ Genotype	STI
1	1.20	21	0.81	41	1.47	61	0.70	81	1.04
2	0.42	22	0.61	42	0.38	62	0.93	82	0.34
3	0.84	23	0.97	43	0.29	63	0.60	83	0.59
4	0.64	24	1.83	44	0.30	64	0.36	84	0.47
5	0.65	25	1.28	45	0.44	65	0.40	85	0.89
6	1.10	26	0.45	46	0.40	66	0.67	86	0.92
7	0.54	27	1.57	47	0.22	67	2.18	87	1.16
8	1.65	28	0.80	48	1.14	68	1.29	88	0.93
9	0.99	29	0.48	49	0.72	69	0.36	89	1.17
10	0.39	30	0.35	50	0.31	70	0.49	90	1.19
11	2.26	31	0.47	51	0.33	71	0.83	91	0.87
12	2.09	32	0.94	52	0.24	72	1.08	92	0.48
13	0.53	33	0.80	53	0.42	73	0.78	93	1.51
14	1.29	34	0.34	54	0.43	74	0.43	94	1.58
15	0.59	35	0.36	55	0.87	75	0.45	95	0.91
16	1.00	36	0.38	56	0.35	76	0.66	96	1.93
17	1.08	37	0.45	57	0.28	77	1.07	97	0.98
18	0.49	38	1.08	58	0.99	78	1.06	98	1.30
19	0.48	39	0.40	59	0.41	79	0.84	99	1.21
20	0.82	40	0.60	60	0.54	80	1.00	100	1.36

برگ پرچم، طول پدانکل، تعداد پنجه بارور و عملکرد سنبله و کم‌ترین میانگین نسبت به میانگین کل مربوط به صفات عرض برگ پرچم و تعداد میانگره بودند بنابراین گزینش این ژنوتیپ‌ها برای برنامه‌های آتی به‌نژادی مناسب است. گروه پنجم تحت شرایط نرمال آبیاری دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۲۲، ۴۶، ۶۳، ۲۹، ۴۵، ۳۰، ۴۴، ۴۹، ۵۰، ۵۸، ۵۹، ۶۴، ۷۴، ۷۶، ۵۱، ۶۲ و ۸۸ بودند، از ویژگی‌های ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور بالاترین مقادیر صفات طول پدانکل، طول ریشک و طول سنبله نسبت به میانگین کل داشتند. گروه ششم تحت شرایط نرمال آبیاری دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۷۱، ۹۵، ۹۹، ۸۰، ۷۹، ۹۸، ۸۷، ۹۳، ۹۶، ۹۴، ۹۷ و ۱۰۰ بودند، از ویژگی‌های ژنوتیپ‌های مذکور بالاترین مقادیر صفات عملکرد سنبله و کم‌ترین صفات طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم، تعداد گره و میانگره، تعداد برگ در ساقه، طول اولین میانگره و طول پدانکل و ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور در بوته را به خود اختصاص داند لذا می‌توان اظهار داشتند گزینش این ژنوتیپ‌ها برای برنامه‌های آتی به‌نژادی ازجمله تولید ارقام پاکوتاه با عملکرد بالا مناسب باشد. اکثر ژنوتیپ‌های موجود در این گروه ژنوتیپی (۵۰٪) از نظر پراکنش جغرافیایی مربوط به کشور ایران بودند.

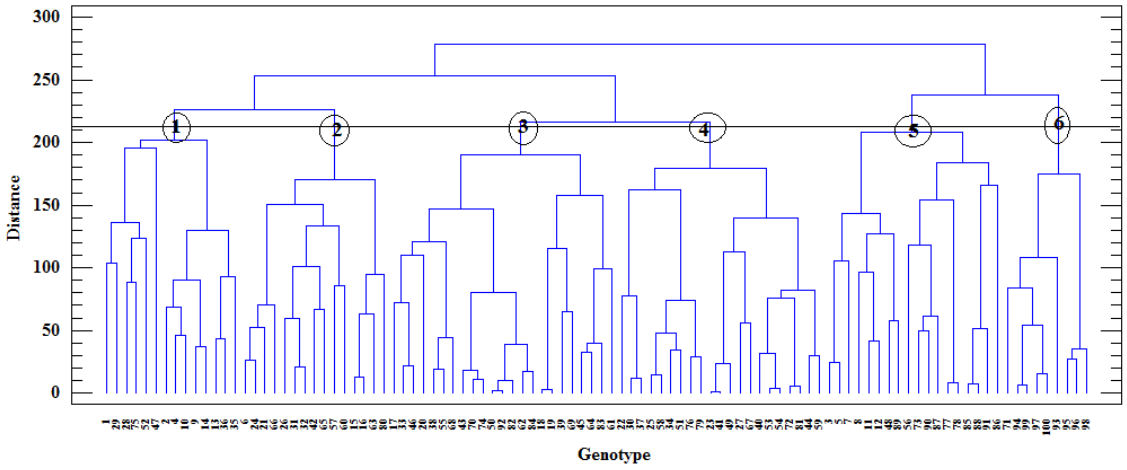
با استفاده از فاصله اقلیدسی ۲۱۲ و بر اساس ۱۶ صفات مورفولوژیکی به همراه عملکرد سنبله استانداردشده، ۱۰۰ ژنوتیپ موردمطالعه در شرایط تنش کم‌آبی در شش گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۳). گروه اول تحت شرایط تنش کم آبی دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲۹، ۲۸، ۷۵، ۵۲، ۴۷، ۲، ۴، ۱۰، ۹، ۱۴، ۱۳، ۳۶ و ۳۵ بودند. از ویژگی‌های ژنوتیپ های مذکور بالاترین میزان صفات طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم و سطح برگ پرچم را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). با توجه به شاخص STI و عملکرد سنبله ژنوتیپ ۴۷ که حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش کم‌آبی بود، در این گروه ژنوتیپی قرار گرفت. اغلب گروه ژنوتیپی حساس از نظر پراکنش جغرافیایی در این کلاستر قرار گرفت. گروه دوم تحت شرایط تنش کم‌آبی دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۲۴، ۲۱، ۶۶، ۲۶، ۳۱، ۳۲، ۴۲، ۶۵، ۵۷، ۶۰، ۱۵، ۱۶، ۶۳ و ۸۰ بودند. گروه سوم تحت شرایط تنش کم‌آبی دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۳۳، ۴۶، ۲۰، ۳۸، ۵۵، ۶۸، ۴۳، ۷۰، ۷۴، ۵۰، ۹۲، ۸۲، ۶۲، ۸۴، ۱۸، ۱۹، ۳۹، ۶۹، ۴۵، ۶۴، ۸۳ و ۶۱ بودند. گروه چهارم تحت شرایط تنش کم‌آبی دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳۰، ۳۷، ۲۵، ۵۸، ۳۴، ۵۱، ۷۶، ۷۹، ۲۳، ۴۱، ۴۹، ۲۷، ۶۷، ۴۰، ۵۳، ۵۴، ۷۲، ۸۱،۴۴ و ۵۹ بودند. صفات موردمطالعه در این آزمایش طول پدانکل، ارتفاع بوته و عملکرد سنبله دارای انحراف مثبت از میانگین کل بودند. گروه پنجم تحت شرایط تنش کم‌آبی دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۵، ۷، ۸، ۱۱، ۱۲، ۴۸، ۸۹، ۵۶، ۷۳، ۹۰، ۸۷، ۷۷،

۷۸، ۸۵، ۸۸، ۹۱ و ۸۶ بودند. گروه ششم تحت شرایط تنش کم‌آبی دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۷۱، ۹۴، ۹۹، ۹۷، ۱۰۰، ۹۳، ۹۵، ۶۹ و ۹۸ بودند، از نظر ویژگی‌های ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور بالا بودن مقادیر صفات تعداد پنجه نابارور، طول ریشک و عملکرد سنبله دارای انحراف مثبت از میانگین کل و کم بودن مقادیر صفات طول و عرض برگ پرچم، طول غلاف برگ پرچم، سطح برگ پرچم، طول اولین میانگره، طول پدانکل، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و طول سنبله نسبت به میانگین کل بودند؛ بنابراین می‌توان اظهار داشت که گزینش این ژنوتیپ‌ها برای برنامه‌های آتی به‌نژادی از جمله تولید واریته‌های پاکوتاه با عملکرد بیشتر برای کشت گندم در شرایط تنش کم‌آبی مناسب هستند. از نظر پراکنش جغرافیایی بیشتر ژنوتیپ‌های واقع‌شده در کلاستر ششم (بیش از ۷۷ درصد آنان) متعلق به کشور ایران بودند. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای در محیط تنش آبی از نظر پراکنش جغرافیایی گروه‌های متنوعی دیده شد.



شکل ۲. دندروگرام ژنوتیپ‌های گندم نان بهاره بر اساس صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه به روش حداقل واریانس وارد در شرایط بدون تنش. برای اسامی ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

Fig. 2. Dendrogram of spring bread wheat genotypes based on the morphological and grain yield traits applying minimum variance ward's method under non stress condition. For names of genotypes see Table 1



شکل ۳. دندروگرام ژنوتیپ‌های گندم نان بهاره بر اساس به صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه به روش حداقل واریانس وارد در شرایط تنش کم‌آبی. برای اسامی ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

Fig. 3. Dendrogram of spring bread wheat genotypes based on the morphological and grain yield traits applying minimum variance ward's method under water deficit stress condition. For names of genotypes see Table 1

جدول ۵. میانگین و انحراف معیار صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه برای هشت کلاستر ژنوتیپ گندم نان بهاره تحت شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی

Table 5. Mean and standard deviation of the morphological traits and grain yield for eight cluster of spring bread wheat genotype under non-stress (NS) and water deficit stress (WD) conditions.

شماره کلاستر Number of cluster		1	2	3	4	5	6	میانگین Total
تعداد ارقام Number of variety	بدون تنش (NS)	10	17	23	21	18	12	-
	تنش کم‌آبی (WD)	14	15	23	21	18	9	-
طول برگ پرچم Flag leaf length (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	25.34±3.03	19.89±2.42	23.62±3.74	15.99±2.11	21.44±3.08	15.33±2.20	20.24±4.48
	تنش کم‌آبی (WD)	18.43 ±3.26	15.37±1.93	16.51±1.88	13.92±1.56	13.59±2.20	11.93±2.05	15.13±2.83
عرض برگ پرچم Flag leaf width (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	1.45±0.18	1.13±0.17	1.46±0.30	1.05±0.13	1.07±0.13	1.06±0.10	1.20±0.26
	تنش کم‌آبی (WD)	1.38±0.28	1.14±0.17	1.21±0.18	0.98±0.13	0.97±0.12	0.92±0.16	1.11±0.23
طول غلاف برگ پرچم Flag leaf sheath length (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	25.57±3.09	19.48±2.24	23.86±3.63	19.08±2.82	21.47±3.50	18.30±2.70	21.23±3.88
	تنش کم‌آبی (WD)	22.12±2.36	20.75±1.90	22.21±1.65	22.35±1.71	19.79±2.22	15.82±1.41	21.00±2.95
سطح برگ پرچم Flag leaf area (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	26.28±3.80	16.46±3.24	25.54±7.86	12.36±2.59	16.85±3.89	11.95±2.51	18.24±7.27
	تنش کم‌آبی (WD)	18.87±6.01	12.89±2.88	14.60±2.73	9.98±1.71	9.69±2.34	8.18±2.42	12.51±4.57
تعداد گره Number of node (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	5.07±0.41	5.00±0.00	4.00±0.00	3.95±0.22	4.00±0.00	3.75±0.45	4.24±0.53
	تنش کم‌آبی (WD)	4.07±0.27	5.00±0.00	4.04±0.14	4.00±0.00	3.47±0.86	3.33±0.50	4.01±0.64
تعداد میان گره Internode Number (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	3.85±0.34	4.00±0.00	3.00±0.00	2.95±0.22	3.00±0.00	2.79±0.50	3.22±0.50
	تنش کم‌آبی (WD)	3.11±0.29	4.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	2.31±0.46	2.33±0.50	2.98±0.59
تعداد برگ در ساقه Number of per steam (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	4.80±0.35	5.00±0.00	4.00±0.00	3.95±0.22	4.00±0.00	3.75±0.45	4.21±0.49
	تنش کم‌آبی (WD)	4.07±0.27	5.00±0.00	4.00±0.00	3.98±0.11	3.25±0.43	3.33±0.50	3.96±0.60
طول اولین میان گره First internode length (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	11.19±4.18	9.40±1.32	10.15±1.61	9.64±1.08	9.70±1.34	7.51±0.64	9.63±1.97
	تنش کم‌آبی (WD)	8.52±1.13	7.83±1.10	7.83±1.10	8.13±1.03	8.47±0.92	6.51±0.80	8.12±1.12
طول پدانکل Peduncle length (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	31.08±4.74	30.79±5.82	30.29±4.17	35.37±4.88	31.67±4.29	23.60±4.34	30.91±5.65
	تنش کم‌آبی (WD)	22.47±5.99	23.43±5.01	8.20±0.88	28.29±3.51	29.16±6.52	19.43±3.40	26.34±5.85
ارتفاع بوته Plant height (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	73.72±5.40	78.68±7.70	73.22±7.62	78.57±6.43	76.15±7.21	55.18±7.82	73.63±10.03
	تنش کم‌آبی (WD)	62.84±10.04	67.66±5.90	29.31±3.77	67.84±4.44	65.78±6.53	46.44±5.42	65.64±8.89

جدول ۵. ادامه

Table 5. Continued

شماره کلاستر	Number of cluster	1	2	3	4	5	6	میانگین Total
تعداد ارقام Number of variety	بدون تنش (NS)	10	17	23	21	18	12	-
	تنش کم‌آبی (WD)	14	15	23	21	18	9	-
تعداد پنجه Tiller number (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	11.85±3.94	11.85±1.63	11.11±2.56	11.20±3.06	8.69±1.82	8.38±2.12	10.57±2.83
	تنش کم‌آبی (WD)	12.79±3.30	11.87±2.79	71.41±3.78	13.17±2.85	11.57±3.23	10.44±2.83	12.84±3.43
تعداد پنجه بارور Fertile tiller number (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	8.70±2.58	8.91±1.09	8.09±1.72	9.25±2.43	7.45±1.30	7.17±1.96	8.30±1.96
	تنش کم‌آبی (WD)	6.79±2.63	5.97±2.21	15.15±3.64	7.45±1.82	6.74±2.16	6.94±2.19	6.75±2.22
تعداد پنجه نابارور Infertile tiller number (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	3.15±1.76	2.97±1.58	3.00±1.92	1.93±1.02	1.25±0.83	1.21±0.54	2.27±1.58
	تنش کم‌آبی (WD)	6.00±4.72	5.38±2.68	8.63±2.85	5.48±1.93	4.83±2.61	3.50±1.60	5.99±3.21
طول ریشک Awn length(Mean±SD)	بدون تنش (NS)	2.02±3.37	7.54±3.12	3.43±3.39	4.66±3.73	8.47±1.34	6.66±2.33	5.53±3.69
	تنش کم‌آبی (WD)	1.30±2.42	3.84±3.29	6.18±2.81	6.38±2.08	3.29±3.29	6.73±1.02	4.72±3.23
طول سنبله Spike length (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	13.96±2.22	13.31±2.62	12.98±2.60	12.38±1.23	14.41±1.47	10.49±1.52	12.97±2.30
	تنش کم‌آبی (WD)	11.04±2.81	11.21±2.06	11.67±1.32	10.35±1.12	10.97±2.31	9.49±1.43	10.91±1.94
عملکرد سنبله Yield Spike (Mean±SD)	بدون تنش (NS)	1.28±0.26	1.34±0.45	1.64±0.42	1.64±0.40	1.46±0.36	1.88±0.23	1.53±0.41
	تنش کم‌آبی (WD)	0.90±0.28	1.11±0.25	1.00±0.25	1.20±0.41	1.40±0.33	1.58±0.27	1.17±0.37

استفاده از تجزیه کلاستر برای مشخص نمودن فاصله ژنتیکی و بهره‌گیری از مواد آزمایشی (دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌ها، به دست آوردن هتروزیس و تفکیک متجاوز و غیره) در برنامه‌های بهنژادی به‌وسیله بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (Moosavi et al., 2013; Majidimehr and Khoshchereh, 2016; Khodadadi et al., 2011; Tavana and Saba, 2016).

بر اساس مطالعات حمزه و همکاران (Hamze et al., 2020) با انجام تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد لاین‌های و ترکیب گندم نان را در هر دو شرایط محیطی آبیاری کامل و تنش کم‌آبی آخر فصل به چهار گروه دسته بندی کردند که ژنوتیپ‌های ۷، ۱۷، ۲۷، ۳۲، ۴۰، ۵۰، ۵۸، ۶۲، ۶۷، ۶۹، ۸۳، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۳۸ در کلاستر شماره چهار قرار گرفتند که بالاترین صفات فنولوژیک، تخصیص مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. آقایی و همکاران (Aghaei et al., 2015) در مقایسه عملکرد و سایر صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم در منطقه اصفهان با انجام تجزیه خوشه‌ای ۲۰ ژنوتیپ موردنظر را به سه گروه دسته‌بندی کردند.

نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه دو ژنوتیپ شماره ۶۷ (با منشأ جغرافیایی کشور ایران) و ژنوتیپ شماره ۱۱ (با منشأ جغرافیایی کشور نپال) از مقادیر بالای عملکرد دانه و شاخص STI برخوردار بودند بنابراین می‌توان دو ژنوتیپ مذکور علاوه بر مکانیسم‌های تحمل به تنش خشکی، توانایی تولید عملکرد قابل‌قبول در شرایط آبیاری نرمال را نیز دارند.

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های موردمطالعه در هر دو شرایط محیطی را در شش گروه مجزا و متفاوت قرار دارد، به‌طوری‌که بیشترین تفاوت فاصله ژنتیکی و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی بین خوشه اول (دربرگیرنده

ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲۹، ۲۸، ۷۵، ۵۲، ۴۷، ۲، ۴، ۱۰، ۹، ۱۴، ۱۳، ۳۶ و ۳۵) و ششم (۷۱، ۹۴، ۹۹، ۹۷، ۱۰۰، ۹۳، ۹۵، ۶۹ و ۹۸) مشاهده گردید، می‌توان از ژنوتیپ‌های مذکور در برنامه‌های آتی به نژادی مانند تلاقی و بالا بردن هتروزیس بهره جست.

در این مطالعه مقدار وراثت‌پذیری عمومی برآورد شده برای عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی به ترتیب برابر ۷۴/۳۶ و ۶۸/۷۵ درصد بود. می‌توان نتیجه گرفت نقش عوامل ژنتیکی در کنترل صفت مذکور بیشتر از عوامل محیطی بود.

سپاسگزاری

منابع مالی این پژوهش توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تأمین‌شده که بدین‌وسیله اعلام قدردانی می گردد و همچنین منابع گیاهی این مطالعه از موسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی از کشور آلمان (IPK-Gatersleben) تهیه شد که بدین وسیله تقدیر می‌گردد.

منابع

Abid, M., Ali, S., Qi, L. K., Zahoor, R., Tian, Z., Jiang, D., Sinder, J.L., Dai, T., 2018. Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L.). Scientific Reports-Nature. 8, 4615. https://doi.org/10.1038/s41598-018-21441-21447

Abolqasemi, Z., Darvishzadeh, R., Kazemi, H., Besharat, S., Bayat, M., 2015. Genetic diversity of oilseed sunflower lines and sequential path analysis based on grain yield and other arable characteristics. Biotechnology Journal of Tarbiat Modarres University. 6, 1-30. [In Persian with English Summary].

Abozari-Gazafrodi, A., Henarnezhad, R., Fotokian, M.H., 2008. The investigation of genetic diversity with morphological data in rice varieties (*Oryza sativa* L.). Pajouhesh & Sazandagi. 78, 110-117. [In Persian with English Summary].

Aghaei, S., Tohid Nejad, A., Nasr Esfahani. M., 2015. Yield and other agronomic traits comparing in genotypes of durum wheat in Esfahan area. Breeding of Crop and Gardening Plants. 3, 69-77. [In Persian with English summary].

Akbari, L., Bahraminejad, S., Cheghamirza, K., 2021. Genetic analysis of physiological traits in bread wheat under normal and terminal water-deficit stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 13, 1031-1044. [In Persian with English Summary].

Allah, S.U., Khan, A.S., Ashfaq, W., 2011. Genetic analysis of physio-morphological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under water stress conditions. Cereal Research Communications. 39, 544–550.

Azene-Alemu, Y., Anley, A.M., Abebe, T.D., 2020. Genetic variability and association of traits in Ethiopian durum wheat (*Triticum turgidium* L. var drum) landraces at dabat research station, north Gondar. Cogent Food and Agriculture. 6, 1-21.

Bker, R.J., 1986. Selection Indices in Plant Breeding. CRC Publishing. 218p

Cooke, J., Leishman, M.R., 2016. Consistent alleviation of abiotic stress with silicon addition: a meta-analysis. Functional Ecology. 30, 1340-1357.

Crippa, I., Bermejo, C., Esposito, M.A., Martin, E.A., Cravero, V., Liberatti, D., Anido, F.S.L., Cointry, E.L., 2009. Genetic variability, correlation and path analyses for agronomic traits in Lentil genotypes. International Journal of Plant Breeding. 3, 76-80.

Dadras, A.R., Sabouri, H., Mohammadi-Nejad, G., Sabouri, A., Shoaei Deilami, M., 2013. Investigation of genetic diversity of barley and Virginia tobacco varieties using amplified fragment length polymorphism. Agricultural Biotechnology Journal. 5, 29-44. [In Persian with English Summary].

Dehghani, H., Khodadadi, M., 2018. Breeding of plants to tolerance abiotic stresses: drought and salinity. First edition, University Publication Center, 164p. [In Persian].

Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Tahmasebi, S., Lotf Ali Ayeneh, G.H.A., Akbari Moghadam¬, H., Mahmoudi, KH., Sayyahfar, M., Tabib Ghaffari, S.M., Zali, H., 2018. Yield stability evaluation of bread wheat promising lines

using multivariate methods. Cereal Research. 8, 333-344. [In Persian with English Summary].

Fernandez, G.C., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan, 13-18 August 1992, 257-270.

Hamze, H., Asghri, A., Mohamadi, S.A., Sofalian,O., Mohmadi, S., 2020. Grouping of spring wheat recombinant inbred lines in term of phonological and partitioning of assimilates in normal and water deficit conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12, 989-1002. [In Persian with English Summary].

Jobson, J., 2012. Applied multivariate data analysis: volume II: Categorical and Multivariate Methods. Springer Science and Business Media. 129.

Kakaei, M., 2019. Evaluation of diversity of bread wheat genotypes under different moisture conditions using diverse statistical methods. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12, 55-74. [In Persian with English Summary].

Katouzi, M., Navabpour, S., Sabouri, H., Ebadi, AA., 2021. Variation caused mutation and identification of new drought tolerant genotypes by crossing landrace mutant tarom in rice. Environmental Stresses in Crop Sciences. 14, 279-291. [In Persian with English Summary].

Khanchi, M., Esmaeilzadeh-Moghadam, M., 2016. Effect of drought on grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines in Karaj condition. Journal of Plant Production Science. 6, 25-32. [In Persian with English Summary].

Khodadai, M., Fotokian, M.H., Miransari, M., 2011. Genetic diversity of wheat (T*riticum aestivum* L.) genotypes based on cluster and principal component analyses for breeding strategies. Australian Journal of Crop Science. 5, 17-24.

Koocheki, A. and Sarmdnya. G.H., 1998. Crop Physiology. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad. Iran. 400 pp. [In Persian].

MajidiMehr, A., 2014. Identify and evaluate the factors influencing the selection of salt tolerant cultivars in *Oryza sativa* L. Master of Science Thesis in Agriculture. Yasouj University. 150p. [In Persian with English Summary].

Majidi-Mehr, A., Khoshchereh, H., 2016. Study of different genotypes of rice using multivariate analysis. Journal of Plant Echophysiology. 30, 118-128. [In Persian with English Summary].

Maqbool, M., Ali, A., Haq, T., Majeed, M., Lee, D., 2015. Response of spring wheat (T*riticum aestivum* L.) to induced water stress at critical growth stages. Official Journal of the University of Agriculture. 31, 53–58. https://doi.org/10.23959/sfowj-1000003

Mirmohammadi-Maibody, S.A.M., Golabadi, M., Golkar, P., 2015. Plant breeding for drought stress tolerance. Jihad Daneshgahi, Isfahan Industrial Branch. 232p. [In Persian].

Mohammadi, S., 2013. Relationship between grain yield and its components in bread wheat cultivars under full irrigation conditions and end of season moisture stress using multivariate statistical methods. Iranian Journal of Agricultural Research. 12, 109-99. [In Persian with English Summary].

Monajjem S., Zeinali, E., Ghaderi Far, F., Soltani, E., Hosseini Chaleshtari, M., 2016. Evaluation of the seed vigor diversity of rice genotypes (*Oryza sativa* L.). Journal of Crop Production. 8,121-142. [In Persian with English Summary].

Moosavi, S.S., Kian Ersi, F., Abdollahi, M.R., 2013. Application of multivariate statistical methods in detection of effective traits on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield under moisture stress condition. Cereal Research. 3, 119-130. [In Persian with English Summary].

Motazedi, S., Sefazadeh, S., Haghparast, R., Zakerin, H.R., Jabbari, H., 2019. Identification of effective traits on grain yield of bread wheat genotypes in rainfed and supplementary irrigation. Journal of Crop Breeding. 11(30), 68-87. [In Persian with English Summary].

Murri, S., Emam, Y., Surshojani, H., 2013. Evaluation of terminal drought tolerance in wheat using yield, yield components and quantitative indices of drought tolerance. Environmental Stresses in Crop Sciences. 5, 32-19. [In Persian with English Summary].

Nielsen, Nh., Backes, G., Stougaard, J., Andersen, Su., Jahoor, A., 2014. Genetic diversity and population structure analysis of European hexaploid bread wheat (T*riticum aestivum* L.) Varieties. PloS One. 9:4:e94000.

Ogunniyan, D.J., Olakojo, S.A., 2014. Genetic variation, heritability, genetic advance and agronomic character association of yellow elite

inbred lines of maize (*Zea mays* L.). Nigerian Journal of Genetics. 28, 24-28.

Rawson, H.M., Richards, R.A., Munns, R., 1988. An examination of selection criteria for salt tolerance in wheat, barley and triticale genotypes. Australian Journal Agricultural Research. 39, 759-772.

Sarto, M.V.M., Sarto, J.R.W., Rampim, L., Bassegio, D., da Costa, P. F., Inagaki, A.M., 2017. Wheat phenology and yield under drought: a review. Australian Journal Crop Science. 11, 941–946.

SAS Institute. 2002. SAS user's guide: Statistics. Ver 9.1. SAS Institute Cary, NC.

Shanazari, M., Golkar, P., Mirmohammady Maibody, S. A. M., Shahsavand-Hassani, H., 2021. Using Drought Tolerance Indices in Evaluation of Some Wheat, Triticale and Tritipyrum Genotypes. Journal of Crop Production and Processing. 10, 45-68. [In Persian with English Summary].

Singh, G.P., Chaudhary, H.B., Yadav. R., 2008. Genetics of flag leaf angle, width, length and area in bread wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agricultural Science. 78, 436-438

Singh, T.P., RaigerKumari, H.L., Singh, J., Deshmukh. P.S., 2014. Evaluation of Chickpea genotypes for variability in seed protein content and yield components under restricted soil moisture condition. Indian Journal of Plant Physiology. 19, 273-280

StatGraphics. 2019. Statistical analysis and data visualization system (revised version). Stat Point Technologies, Incorporation

Tahmasebpour, B., Jahanbkhsh, S., Tarinejad, A.R., Mohammadi, H., 2019. Identification of common wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought stress tolerance. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12, 663-672. [In Persian with English Summary]

Tavana, S., Saba, J., 2016. Grouping wheat Lines and their Group Selection under Rainfed Conditions. Journal of Crop Breeding. 8, 159-164. [In Persian with English Summary]

United states Department of Agriculture, world agricultural production. 2020. Www. Apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.

Yarahmadi, S., Nematzade, Gh.A., Sabouri, H., Najafi-Zarini, H., 2021. Selection of agro-morphological traits related to spring wheat yield in dryland conditions as selection indices. Environmental Stresses in Crop Sciences. 13, 1019-1030. [In Persian with English Summary].

Yarnia, M., Arabifard, N., Rahimzadeh Khoei, F., Zandi, P., 2011. Evaluation of drought tolerance indices among some winter rapeseed cultivars. African Journal of Biotechnology. 10, 10914-10922.

Zadocs, J.C., Changh, T.T., Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Seed Research. 14, 415-421..

Zarei, L., Farshadfar, E., Haghparast, R., Rajabi, R., Mohammadi Sarab Badieh, M., 2015. Evaluation of physiological, phonological and morphological traits related to drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research. 5, 327-340. [In Persian with English Summary].