Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Multivariate Analysis of Recombinant Inbred Lines of Durum Wheat (*Triticum durum*) in full irrigation and terminal drought stress conditions

Rashin Taheri[1], Zahra Khodarahmpour[2*], Manoochehr Khodarahmi[3], Mohammad Moradi[4]

[1] Ph.D. Student of Genetics and Plant Breeding, Dep. of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: rashintaheri61@yahoo.com
[2] Associate Prof., Dep. of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran. Email: Zahra.Khodarahmpour@iau.ac.ir
[3] Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: Khodarahmi_m@yahoo.com
[4] Assistant Prof., Dep. of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran. Email: Mo.moradi@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-4-7
Revised:
Accepted: 2023-8-7

Keywords:
Cluster analysis
Correlation
Factor analysis
Wheat

ABSTRACT

Background and objectives: Durum wheat is the only tetraploid plant that has high commercial value. Drought is the most important abiotic stress that significantly affects the growth, physiology and reproduction of plants. Accelerating the selection procedure to improve yield of new genotypes of wheat is necessary. Performance is a complex trait that is influenced by many factors, and usually due to its low heritability, direct selection for performance is not very effective, so it is better to use indirect selection to improve yield. By using some statistical methods, it is possible to obtain the relative contribution of each yield components in the seed yield.

Materials and Methods: In order to investigate recombinant inbred lines of durum wheat with their parents (Shotordandan and Dena) the experiment was conducted in the form of alpha lattice design in two replications for two cropping years (2016-2017 and 2017-2018) in the research farm of Islamic Azad University Ahwaz branch in two conditions of full irrigation and no irrigation after the pollination stage. In this research, morphophysiological and phenological traits were measured. Phenotypic and genotypic correlation coefficients between traits and factor analysis of relationships among traits were investigated and genotypes were grouped using cluster analysis by Wards method using standard data and Euclidean distance using SPSS ver 20 software.

Results: Based on the results of combined analysis, the interaction effect of genotype × year was significant only for spike length trait. The results of phenotypic and genotypic correlations in full irrigation and stress conditions showed that the grain yield in all conditions had a positive and significant correlation with spikes plant^{-1} and biological yield. Based on the results of factor analysis in the conditions of full irrigation

and drought stress at the end of the season, six and five factors were identified, respectively, and these factors explained 89.3 and 79.7 percent of the changes in the data. The results of cluster analysis put the evaluated recombinant pure lines in four clusters under full irrigation conditions and five clusters under stress conditions.

Conclusion: In general, genotypes 38, 11, 2, 8, 49, 34, 50, 41, 9, 63, 47, 59, 57, 1, 4, 35, and the parent of Shotordandan were introduced as better genotypes in terms studied traits. Selection based on grain yield is not enough due to low heritability, especially in drought stress conditions, so traits that have a high and significant correlation with grain yield in drought stress conditions can be used in breeding programs. The results of this research showed that there is a high diversity in relation to all the evaluated traits in the studied lines, which indicates the high breeding value of this population.

Cite this article: Taheri, R., Khodarahmpour, Z., Khodarahmi, M., Moradi, M. 2023. Multivariate Analysis of Recombinant Inbred Lines of Durum Wheat (*Triticum durum*) in full irrigation and terminal drought stress conditions. *Crop Production Journal*, 16 (3), 131-154.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.21105.2568
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تجزیه چند متغیره لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم دوروم (*Triticum durum* L.) در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل

راشین طاهری[۱]، زهرا خدارحم‌پور[۲]*، منوچهر خدارحمی[۳]، محمد مرادی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری ژنتیک و بهنژادی، گروه ژنتیک و بهنژادی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: rashintaheri61@yahoo.com
[۲] دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. رایانامه: Zahra.Khodarahmpour@iau.ac.ir
[۳] دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: khodarahmi_m@yahoo.com
[۴] استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. رایانامه: mo.moradi@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۸
تاریخ ویرایش:
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۶

واژه‌های کلیدی:
تجزیه به عامل‌ها
تجزیه خوشه‌ای
گندم
همبستگی

چکیده

سابقه و هدف: گندم دوروم تنها گیاه تتراپلوئیدی است که ارزش تجاری بالایی دارد. خشکی مهم‌ترین تنش غیرزیستی است که به طور قابل توجهی بر رشد، فیزیولوژی و تولید مثل گیاهان تأثیر منفی دارد. تسهیل در امر گزینش برای بهبود عملکرد در ژنوتیپ‌های گندم مهم و ضروری است. عملکرد صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل زیادی قرار دارد و معمولاً به علت پائین بودن وراثت‌پذیری آن، انتخاب مستقیم برای عملکرد چندان مؤثر نیست و لذا برای اصلاح عملکرد بهتر است از انتخاب غیرمستقیم استفاده شود. با استفاده از بعضی روش‌های آماری می‌توان سهم نسبی هر یک از اجزای تشکیل دهنده عملکرد را در مقدار عملکرد به دست آورد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه جهت بررسی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم دوروم به همراه والدین (شتر دندان و دنا) و گروه‌بندی آن‌ها، آزمایشی در قالب طرح آلفا لاتیس در دو تکرار به مدت دو سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز در دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری بعد از مرحله گرده‌افشانی اجرا شد. در این تحقیق صفات مورفوفیزیولوژیک و فنولوژیک اندازه‌گیری شدند. ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات و تجزیه عاملی روابط بین صفات مورد بررسی قرار گرفت و ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش WARD با استفاده از داده‌های استاندارد و فاصله اقلیدسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ گروه‌بندی شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × سال تنها برای صفت طول سنبله معنی‌دار بود. نتایج همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط آبیاری کامل و تنش نشان داد که عملکرد دانه بطور مشترک در کلیه شرایط با تعداد سنبله در بوته و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل به ترتیب، شش و پنج عامل مشخص شد که این عوامل ۸۹/۳ و ۷۹/۷ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند. نتایج تجزیه خوشه‌ای، لاین‌های خالص نوترکیب

مورد ارزیابی را در شرایط آبیاری کامل در چهار خوشه و در شرایط تنش در پنج خوشـه قـرار داد.

نتیجه‌گیری: در مجموع ژنوتیپ‌های ۳۸، ۱۱، ۲، ۸، ٤۹، ۳٤، ۵۰، ٤۱، ۹، ٦۳، ٤۷، ۵۹، ۵۷، ۱، ٤، ۳۵، و والد شتردندان به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفات مورد بررسی معرفی شدند. انتخاب براساس عملکرد دانه به دلیل وراثت‌پذیری پایین، خصوصاً در شرایط تنش خشکی، کافی نیست، بنابراین می‌توان صفاتی را که دارای همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی هستند، در برنامه‌های به نژادی در اولویت قرار داد. نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع بالایی در ارتباط با کلیه صفات مورد ارزیابی در لاین‌های مورد بررسی وجود دارد که نشان دهنده ارزش اصلاحی بالای این جمعیت است.

استناد: طاهری، ر.، خدارحم‌پور، ز.، خدارحمی، م.، مرادی، م. (۱٤۰۲). تجزیه چند متغیره لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم دوروم (*Triticum durum* L.) در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱٦ (۳)، ۱۵٤-۱۳۱.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21105.2568

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گندم دوروم (*Triticium turgidum* L. Subsp. Durum 2n=4X=28) تنها گیاه تتراپلوئیدی است که ارزش تجاری بالایی دارد و در سطح وسیعی نیز کشت می‌شود. گندم دوروم حدود ۱۰ درصد تولید گندم در دنیا را در جهان شامل می‌شود و حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد بیش‌تر از گندم نان ارزش اقتصادی دارد (۱).

از آنجایی که گندم دوروم در حوضه مدیترانه عمدتاً تحت شرایط دیم کشت می‌شود، میزان تولید آن تحت تأثیر تنش‌های زیستی (آفات و بیماری‌ها) و غیرزیستی (خشکی، سرما، شوری و ...) است (۲). خشکی مهم‌ترین تنش غیرزیستی است که به طور قابل توجهی بر رشد، فیزیولوژی و تولید مثل گیاهان تأثیر منفی دارد (۳). تنش خشکی، به‌ویژه تنش خشکی آخر فصل، همواره یکی از عوامل اصلی کاهش تولید محصول بوده است (٤). بروز تنش در هرکدام از مراحل تشکیل گامت‌ها، گرده‌افشانی و تشکیل جنین، رشد و نمو دانه را محدود کرده و موجب کاهش عملکرد می‌شود که بیش‌ترین خسارت در مراحل گلدهی و گرده‌افشانی به دلیل عقیم شدن گرده‌ها ایجاد می‌شود (۵). بنابراین، گزینش ژنوتیپ‌های گندم دوروم متحمل به خشکی، ابزار کلیدی مفیدی است که توسط اصلاح‌گران غلات برای افزایش تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد (٦). در برنامه‌های اصلاحی عملکرد دانه و اجزای آن به طور گسترده‌ای برای گزینش ارقام گندم دوروم متحمل به خشکی مورد استفاده قرار گرفته است (۷). استفاده از این ویژگی‌ها توأم با به‌کارگیری روش‌های آنالیز آماری و تجزیه چند متغیره مانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه کلاستر روش‌هایی مناسب برای غربال ژنوتیپ‌ها می‌باشد (۸).

حمزه و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی ۱٤۸ لاین اینبرد گندم نان به همراه والدین در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کم آبی انتهای فصل گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد(۹). عملکرد دانه با روز تا سنبله‌دهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد در هر دو شرایط همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط به چهار گروه دسته‌بندی شدند. در تجزیه به عامل‌ها، در هر دو شرایط چهار عامل وارد مدل شدند که در شرایط آبیاری کامل و تنش به ترتیب ۷۷/۸۵ و ٦۸/۷٦ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند (۹). اهری زاد و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی واکنش لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین (روشن و سوپرهد) به تنش خشکی و گروه‌بندی آن‌ها، گزارش کردند که اثر متقابل لاین در تنش برای کلیه صفات غیرمعنی‌دار بود(۱۰). تجزیه خوشه‌ای بر اساس کلیه‌ی صفات به روش WARD، لاین‌ها را به دو گروه تقسیم کرد (۱۰). ال لاواتی و همکاران (۲۰۲۱) ۱۷ گونه بومی گندم دوروم را همراه با پنج رقم شاهد با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات اگرومورفولوژیک و وجود رنگ‌دانه روی قسمت‌های مختلف گیاه در چهار گروه طبقه‌بندی کردند (۱۱). این محققین استفاده از ژنوتیپ گروه اول را برای بهبود روز تا گلدهی و غلاف برگ به عنوان نشانگر، ژنوتیپ‌های گروه دوم را برای بهبود عملکرد دانه با رنگ برگ به عنوان نشانگر، ژنوتیپ‌های گروه سوم را برای بهبود صفات تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله همراه با رنگ کلئوپتیل به عنوان نشانگر و ژنوتیپ‌های گروه چهارم را برای تعداد پنجه و طول دانه همراه با رنگ میانگره به عنوان نشانگر در برنامه‌های اصلاحی و دورگ‌گیری پیشنهاد کردند (۱۱).

با توجه به معضل کمبود بارندگی و آب آبیاری، جایگاه گندم در کشور و خشک‌سالی‌های پیاپی سال‌های اخیر، شناسایی لاین‌های متحمل به خشکی و آگاهی از روابط صفات با عملکرد دانه در شرایط تنش

رطوبتی حائز اهمیت خاصی است. بنابراین، این پژوهش به منظور بهره‌گیری از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره در بررسی تنوع ژنتیکی، تشخیص روابط صفات، تعیین صفات سهیم در توجیه تنوع عملکرد، گروه‌بندی و تعیین قرابت ژنتیکی لاین‌های گندم دوروم به تنش خشکی انتهای فصل اجرا شد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی و انتخاب لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم دوروم، از ارقام شتر دندان (بومی ایران) به عنوان والد مادری و رقم دنا (یک رقم اصلاحی و تجاری است که از ژرم پلاسم سیمیت در ایران معرفی شده است) به عنوان والد پدری استفاده شد. جهت بررسی لاین‌های به خلوص رسیده (F7) دو والد ذکر شده این تلاقی، با ٦٤ لاین خالص به خلوص رسیده (F7) (تولید شده در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) به همراه دو والد در قالب طرح آلفا لاتیس در دو تکرار به مدت دو سال زراعی ۱۳۹٦-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹٦ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز واقع در ویس (با مختصات جغرافیایی E °٤٨/٦٢١٧ و N °٣١/٣٠١٠)، در دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری بعد از مرحله گرده‌افشانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای جلوگیری از بارش‌های احتمالی در فصل پاییز و زمستان از پوشش پلاستکی استفاده گردید. عملیات کاشت بعد از انجام شخم و دیسک‌زنی در هفته‌ی آخر آبان (فاصله‌ی زمانی ۲۵ آبان ماه تا ۳۰ آبان ماه) به صورتی که در هر کرت چهار خط کاشت به طول هر کدام دو متر و فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، صورت گرفت. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی- لومی با میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب به‌ترتیب ppm ۵/۳، ۷ و ۲۲۰ در لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک بود. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت بذر صورت گرفت، آبیاری مزرعه با توجه به نیاز مزرعه در هر دو شرایط به صورت یکسان و همزمان انجام گرفت. در زمان گرده‌افشانی آبیاری در شرایط تنش خشکی انتهای فصل قطع شد، در قسمت آبیاری کامل آزمایش تا زمان رسیدگی، آبیاری‌های لازم انجام شد. جهت کودپاشی از کود اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاس در هنگام کاشت و کود اوره به عنوان کود سرک در ابتدای شروع مرحله طویل شدن ساقه استفاده گردید. آبیاری به روش نشتی شامل دو نوبت در پاییز با توجه به میزان بارندگی‌های پاییزه و پنج نوبت آبیاری در بهار بسته به شرایط آب و هوایی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ با علف‌کش گران‌استار به میزان ۲۰ گرم در هکتار و مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ با علف‌کش پوما سوپر به میزان ۱/۲ لیتر در هکتار در مرحله پنجه زنی تا شروع ساقه رفتن انجام شد.

در این تحقیق صفات مورفوفیزیولوژیک و فنولوژیک مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند:

الف- صفات مورفوفیزیولوژیک، در طول فصل کاشت و بعد از برداشت ده ساقه انتخاب و اندازه‌گیری صفات روی آن‌ها انجام شد، سپس میانگین ده عدد برای هر صفت ثبت گردید. این صفات شامل: ارتفاع بوته (فاصله سطح خاک تا نوک سنبله، بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها، برحسب سانتیمتر اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به عنوان ارتفاع بوته ثبت شد)، طول سنبله (فاصله یقه سنبله اصلی (ابتدای سنبله) تا نوک آن، بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها در ده ساقه برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شده و میانگین آن‌ها به عنوان طول سنبله منظور گردید)، طول پدانکل (برای اندازه‌گیری این صفت فاصله آخرین گره تا یقه سنبله در ساقه اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به عنوان طول پدانکل لحاظ گردید)، طول میانگره (برای اندازه‌گیری این صفت فاصله بین برگ پرچم تا یقه سنبله اندازه‌گیری شد)، تعداد سنبله در بوته (تعداد سنبله در ده بوته شمارش و میانگین آن‌ها به عنوان

تعداد سنبله در بوته ثبت گردید)، تعداد دانه در سنبله (جهت شمارش تعداد دانه در سنبله، پس از جداسازی دانه‌ها، تعداد دانه در هر یک از سنبله‌های اصلی شمارش و به عنوان تعداد دانه در سنبله اصلی ثبت گردید)، تعداد سنبلچه در سنبله (تعداد سنبلچه در هر سنبله شمارش و برای این صفت منظور گردید)، عملکرد بیولوژیک (وزن کل بخش هوایی هر واحد آزمایشی پس از برداشت با ترازو اندازه‌گیری شد و بر حسب تن در هکتار ثبت گردید)، عملکرد دانه (پس از برداشت و جدا کردن دانه از کاه وزن دانه برای هر واحد آزمایشی با دقت ۰/۰۱ توزین و برحسب تن در هکتار ثبت شد)، شاخص برداشت به صورت زیر محاسبه گردید (۱۲ و ۱۳):

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times 100$$

وزن هزار دانه (ابتدا هزار دانه از هر لاین شمارش و سپس توزین گردید)، انتقال مجدد (در چند مرحله از زمان گرده‌افشانی تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک ده ساقه اصلی به همراه سنبله جدا شده و جهت اندازه‌گیری انتقال مجدد توزین گردید).

ماده خشک رسیدگی (بدون دانه)-ماده خشک گرده‌افشانی=میزان انتقال مجدد

کارایی انتقال مجدد از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (۱٤ و ۱۵):

$$\text{کارایی انتقال مجدد} = \frac{\text{ماده خشک انتقال یافته}}{\text{ماده خشک گرده‌افشانی}} \times 100$$

ب-صفات فنولوژیک شامل: تعداد روز تا ظهور سنبله (فاصله زمانی بین کاشت تا ظهور سنبله در ۵۰ درصد بوته‌های هر یک از واحدهای آزمایشی ثبت شد). تعداد روز تا گرده‌افشانی (فاصله زمانی بین کاشت تا گرده‌افشانی ۵۰ درصد سنبله‌های واحدهای آزمایشی یادداشت شد). تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (فاصله زمانی بین کاشت تا زمان زرد شدن کامل ۵۰ درصد سنبله‌ها در هر یک از واحدهای آزمایشی به عنوان صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ثبت شد) یادداشت برداری گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها ابتدا برقراری فرضیات تجزیه واریانس شامل نرمال بودن خطاها توسط آزمون شاپیرو-ویلک، مستقل بودن خطاها به وسیله آزمون دوربین-واتسون و یکنواختی واریانس درون تیماری به کمک آزمون بارتلت مورد بررسی قرار گرفت. بعد از تجزیه مرکب، تجزیه واریانس جداگانه برای هر سال در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل برای صفات با استفاده از نرم‌افزارهای SAS ver 9.4 و META-R ver 3.4.1.، انجام گرفت. ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات و تجزیه عاملی روابط بین صفات مورد بررسی قرار گرفت و ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش WARD با استفاده از داده‌های استاندارد و فاصله اقلیدسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS .Ver 20 گروه‌بندی شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب لاین‌های خالص نوترکیب گندم دوروم طی دو سال زراعی تحت شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل بر پایه طرح لاتیس تفاوت معنی‌داری بین بلوک‌های ناقص داخل تکرار برای هیچ‌کدام از صفات در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل وجود نداشت، لذا طرح به صورت مرکب بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی تجزیه شد. براساس نتایج حاصل (جدول ۱) اختلاف بین سال‌ها تنها برای صفات طول میانگره و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود، که نشان‌دهنده اختلاف بین سال‌ها از نظر این صفات بود. بین سال‌ها از لحاظ سایر صفات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بین شرایط آبیاری کامل و تنش، از لحاظ صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و از لحاظ صفات ارتفاع

بوته، طول میانگره و تعداد سنبله اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. از لحاظ سایر صفات اختلاف معنی‌داری بین شرایط آبیاری کامل و تنش وجود نداشت. اثر متقابل سال × شرایط آبیاری برای هیچ کدام از صفات معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد اختلاف شرایط آبیاری برای هیچ کدام از صفات از سالی به سال دیگر متفاوت نبوده است. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمام صفات اندازه‌گیری شده اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. اثر متقابل ژنوتیپ × سال تنها برای صفت طول سنبله معنی‌دار بود که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو سال زراعی فقط برای این صفت واکنش متفاوتی داشته‌اند. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط آبیاری برای صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول میانگره، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد در سطح احتمال یک درصد بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط آبیاری کامل و تنش بود. لذا باید ارقام و لاین‌های خالص نوترکیب مورد مطالعه برای این صفات در شرایط آبیاری کامل و تنش به طور جداگانه انتخاب شوند. برای سایر صفات ژنوتیپ‌ها واکنش یکسانی در شرایط آبیاری کامل و تنش داشتند. اثر متقابل ژنوتیپ × سال × شرایط آبیاری برای هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. با توجه به اینکه اثر ژنوتیپ در مکان معنی‌دار بود، ژنوتیپ‌های گندم دوروم برای شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی باید به صورت جداگانه انتخاب شوند و احتمالا تجزیه و تحلیل روابط بین صفات نیز برای شرایط بدون تنش نمی‌تواند کارایی بالایی برای شرایط تنش داشته باشد.

طباطبایی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب گندم نان در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی در دو سال زراعی، بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمام صفات مورد بررسی گزارش کردند (۱۶).

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات: بررسی ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری کامل نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد سنبله در بوته داشت. وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد و همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد دانه در بوته نشان داد. همبستگی تعداد دانه در بوته با انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد منفی بود. همبستگی بین تعداد سنبلچه در سنبله با طول سنبله و طول سنبله با روز تا گرده‌افشانی نیز مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط تنش نیز همبستگی عملکرد دانه با تعداد سنبله در بوته مثبت و معنی‌دار بود. همچنین، عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همبستگی عملکرد بیولوژیک با صفت تعداد سنبله در بوته و همبستگی طول سنبله با دو صفت روز تا ظهور سنبله و روز تا گرده‌افشانی نیز مثبت و معنی‌دار بود. همانند شرایط آبیاری کامل در شرایط تنش نیز وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد و همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد دانه در بوته داشت. با توجه به اینکه عملکرد یک صفت پلی‌ژنیک بوده و محیط تأثیر زیادی بر آن دارد، در نتیجه امکان گزینش مستقیم برای این صفت وجود ندارد. به همین دلیل می‌توان از صفاتی که همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دارند در گزینش استفاده کرد. همبستگی مثبت بین تعداد سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله با عملکرد در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (۱۷).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب میانگین مربعات صفات مختلف لاین‌های خالص نوترکیب گندم دوروم تحت شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل در دو سال زراعی.

Table 1. Composite variance analysis of mean of square of different traits of durum wheat recombinant inbred lines under in full irrigation and terminal drought stress conditions in two crop years.

منابع تغییر	S. O. V	درجه آزادی Df	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در بوته Spike.plant^{-1}	تعداد سنبلچه در سنبله Spiklet.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
سال	Year	1	15.3^{ns}	1.1^{ns}	917.5ns	1.7**	0.59^{ns}	0.22^{ns}	0.001^{ns}	1.3^{ns}
تنش	Stress	1	528*	0.03^{ns}	3905.5*	9.3**	11816**	422**	404**	226**
سال × تنش	Year×Stress	1	3.3^{ns}	0.03^{ns}	5.52ns	0.0001^{ns}	2.2^{ns}	0.00^{ns}	0.05^{ns}	0.003^{ns}
تکرار (سال × تنش)	Replication (Year×Stress)	4	214.9^{ns}	0.5	14330.7	3.4	7.5	60.4	1.8	11.8
ژنوتیپ	Genotype	65	2913**	4.9**	674706.8**	15.8**	14251**	3729**	4**	212.4**
ژنوتیپ × سال	Genotype×Year	65	12.5^{ns}	1.4*	7691.04ns	1.2^{ns}	29.6^{ns}	2.6^{ns}	0.02^{ns}	1.9^{ns}
ژنوتیپ × تنش	Genotype×Stress	65	63.7**	0.33^{ns}	323417.05**	3.1**	1597.6**	1743**	2.07**	32.3**
ژنوتیپ × سال × تنش	Genotype×Year×Stress	65	14.8^{ns}	0.33^{ns}	7988.5ns	1.0^{ns}	25.6^{ns}	2.9^{ns}	0.02^{ns}	2.1^{ns}
خطای آزمایشی	Experimental error	260	69.5	0.92	1189.5	1.1	1.4	5.8	0.5	7.9

منابع تغییر	S. O. V	درجه آزادی Df	طول پدانکل Peduncle length	طول میانگره Internode length	تعداد دانه در بوته Grain.plant^{-1}	انتقال مجدد Retransmit	کارایی انتقال مجدد Retransmission efficiency	روز تا ظهور سنبله Day to heading	روز تا گرده‌افشانی Day to pollination	روز تا رسیدگی Day to maturity
سال	Year	1	102^{ns}	1322**	10.3^{ns}	0.3^{ns}	0.31^{ns}	17.8^{ns}	13.7^{ns}	1493**
تنش	Stress	1	8.1^{ns}	0.5*	9541.3**	220826**	269488**	0.4^{ns}	0.68^{ns}	22412**
سال × تنش	Year×Stress	1	1.8^{ns}	0.006^{ns}	0.18^{ns}	0.04^{ns}	0.5^{ns}	0.4^{ns}	0.68^{ns}	4.4^{ns}
تکرار (سال × تنش)	Replication (Year×Stress)	4	76	8.2	3.75	3.4	0.36	133	152.3	13.8
ژنوتیپ	Genotype	65	310**	34.3**	256.3**	165.8**	96.9**	100.5**	102.4**	27.3**
ژنوتیپ × سال	Genotype×Year	65	3.9^{ns}	0.8^{ns}	3.3^{ns}	0.21^{ns}	0.5^{ns}	11.7^{ns}	13.4^{ns}	0.32^{ns}
ژنوتیپ × تنش	Genotype×Stress	65	8.4**	0.05**	59.6**	93.2**	65.9**	13.7^{ns}	15.4^{ns}	34.9**
ژنوتیپ × سال × تنش	Genotype×Year×Stress	65	4^{ns}	0.26^{ns}	3.34^{ns}	0.17^{ns}	0.5^{ns}	13.7^{ns}	15.4^{ns}	0.225^{ns}
خطای آزمایشی	Experimental error	260	19	2.2	5.7	12.7	4.2	55.8	61.6	0.69

ns, * and ** Not significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۲- ضرایب همبستگی فنوتیپی (بالای قطر) و همبستگی ژنتیکی (پایین قطر) صفات مختلف در لاین‌های خالص نوترکیب گندم دوروم در شرایط آبیاری کامل.

Table 2. Coefficients of phenotypic correlation (above diameter) and genetic correlation (bottom diameter) of different traits in durum wheat recombinant inbred lines in full irrigation condition.

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-	0.127	-0.42**	0.791**	0.362**	0.321**	-0.091	-0.004	0.068	0.145	0.113	-0.030	0.204	0.208	-0.216	-0.216
2	0.139	-	-0.55**	0.26*	-0.005	0.246**	-0.065	-0.116	-0.054	-0.107	0.067	-0.112	0.942**	0.911**	0.892**	0.946**
3	-0.436**	-0.558**	-	0.022	0.092	-0.093	0.135	0.038	-0.025	-0.23	0.107	0.143	-0.579**	-0.572**	-0.356**	-0.407**
4	0.778**	0.271*	0.017	-	0.45**	0.410**	0.031	0.17	0.05	0.105	0.056	0.031	0.294*	0.290*	0.053	0.050
5	0.329**	-0.009	0.093	0.420**	-	-0.60**	-0.188	-0.071	-0.0008	-0.015	-0.147	-0.045	-0.017	0.037	-0.094	-0.096
6	0.317**	0.253*	-0.099	0.407**	-0.637**	-	0.235*	0.119	0.073	0.128	-0.216	0.12	0.290*	0.307*	0.170	0.163
7	-0.051	-0.095	0.25*	0.171	-0.235	0.461**	-	0.687**	0.206	0.283*	0.036*	0.581**	-0.016	-0.003	-0.019	-0.019
8	-0.005	-0.12	0.036	0.014	-0.079	0.125	0.999**	-	0.241*	0.302*	0.036	0.440**	-0.016	-0.003	-0.035	-0.111
9	0.041	-0.054	-0.028	0.017	-0.002	0.046	0.427**	0.254*	-	0.806**	-0.202	0.158	-0.058	-0.093	-0.08	-0.140
10	0.127	-0.108	-0.018	0.084	-0.035	0.125	0.458**	0.312*	0.845**	-	-0.114	0.339**	-0.141	-0.144	-0.058	-0.088
11	-0.143	-0.067	0.102	-0.086	0.164	-0.263*	0.56**	-0.042	-0.278	-0.163	-	0.181	-0.074	-0.075	0.009	0.227
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.123	-0.122	-0.092	-0.133
13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-	0.990**	-0.091	-0.129
14	0.035	-0.113	0.147	0.031	-0.054	0.13	0.999**	0.456**	0.177	0.365**	0.175	–	–	-	-0.072	-0.042
15	0.226	0.964**	-0.599**	0.32**	-0.018	0.304*	0.038	-0.061	-0.09	-0.148	-0.08	–	–	-0.127	-	0.934**
16	0.228	0.942**	-0.597**	0.314*	-0.042	0.324**	0.086	-0.054	-0099	-0.151	-0.08	–	–	-0.127	0.993**	-

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

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

۱= تعداد سنبله در بوته، ۲= وزن هزار دانه، ۳= تعداد دانه در بوته، ٤= عملکرد دانه، ٥= عملکرد بیولوژیک، ٦= شاخص برداشت، ۷= طول سنبله، ۸= تعداد سنبلچه در سنبله، ۹= طول پدانکل، ۱۰= طول میانگره، ۱۱= ارتفاع، ۱۲- روز تا ظهور سنبله، ۱۳= روز تا گرده‌افشانی، ١٤= روز تا رسیدگی، ١٥= انتقال مجدد، ١٦= کارایی انتقال مجدد (با توجه به عدم وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای دو صفت روز تا ظهور سنبله و روز تا گرده‌افشانی در شرایط آبیاری کامل، همبستگی ژنتیکی این دو صفت برآورد نشد).

1. Spike.plant^{-1}, 2. 1000 grain weight, 3. Grain.plant^{-1}, 4. Grain yield, 5. Biological yield, 6. Harvest index, 7. Spike length, 8. No Spiklet.spike^{-1}, 9. Peduncle length, 10. Internode length, 11. Height, 12. Day to heading, 13. Day to pollination, 14. Day to maturity, 15. Remobilization, 16. Remobilization efficiency (Due to the lack of genetic diversity between the investigated genotypes for the two traits of day to spike emergence and day to pollination under full irrigation conditions, the genetic correlation of these two traits was not estimated).

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی (بالای قطر) و همبستگی ژنتیکی (پایین قطر) صفات مختلف در لاین‌های خالص نوترکیب گندم دوروم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل.

Table 2 . Coefficients of phenotypic correlation (above diameter) and genetic correlation (bottom diameter) of different traits in durum wheat recombinant inbred lines in terminal drought stress condition.

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-	-0.234	-0.336**	0.829**	0.524**	0.405**	-0.061	0.68	0.229	0.132	-0.314*	0.121	0.122	0.177	-0.216	-0.216
2	-0.251*	-	-0.414**	0.49	-0.074	0.149	-0.035	-0.083	-0.092	-0.075	-0.005	-0.119	-0.114	-0.038	0.892**	0.946**
3	-0.324**	-0.429**	-	-0.044	0.133	-0.175	0.008	-0.033	-0.085	-0.158	0.111	-0.052	-0.054	0.13	-0.356**	-0.407**
4	0.826**	0.042	-0.041	-	0.667**	0.464**	-0.070	0.048	0.159	0.035	-0.298*	0.59	0.63	0.176	0.053	0.05
5	0.488**	-0.086	0.157	0.639**	-	-0.332**	-0.195	-0.112	-0.001	-0.060	-0.075	-0.024	-0.019	0.068	-0.094	-0.096
6	0.419**	0.150	-0.188	0.476**	-0.361**	-	0.145	0.176	0.244*	0.123	-0.276*	0.078	0.077	0.108	0.17	0.163
7	-0.078	-0.037	0.020	-0.085	-0.265*	0.207	-	-0.374**	0.287*	0.238	0.293*	0.533**	0.527**	-0.075	-0.019	-0.019
8	0.090	-0.082	-0.053	0067	-0.118	0.203	0.053	-	0.219	0.228	0.093	0.402**	0.398**	-0.224	-0.035	0.111
9	0.220	-0.098	-0.084	0.133	-0.051	0.258*	0.326**	0.239*	-	0.803**	0.188	0.206	0.215	-0.037	-0.080	-0.140
10	0.116	-0.079	-0.158	0.001	-0.114	0.137	0.287*	0.273*	0.849**	-	-0.135	0.312*	0.322**	-0.103	-0.058	-0.088
11	-0.333**	-0.007	0.117	-0.321**	-0.063	-0.307*	0.362**	0.117	-0.235	-0.178	-	0.284*	0.285*	-0.014	0.009	0.227
12	0.159	-0.164	-0.064	0.055	-0.012	0.040	0.872**	0.585**	0.174	0.354**	0.246*	-	0.999**	-0.067	-0.092	-0.133
13	0.164	-0.161	-0.066	0.062	-0.002	0.035	0.883**	0.594*	0.183	0.371**	0.249*	0.999**	-	-0.065	-0.091	-0.129
14	0.193	-0.039	0.013	0.197	0.093	0.102	-0.093	0.242	-0.072	-0.142	-0.004	-0.099	-0.099	-	-0.072	-0.042
15	-0.242*	0.925**	-0.364**	0.058	-0.099	0.176	-0.023	-0.036	-0.114	-0.092	0.008	-0.158	-0.160	-0.063	-	0.934**
16	-0.232	0.963**	-0.423**	0.051	-0.103	0.165	-0.036	-0.119	-0.162	-0.113	0.023	-0.204	-0.202	-0.039	0.954**	-

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

۱= تعداد سنبله در بوته، ۲= وزن هزار دانه، ۳= تعداد دانه در بوته، ٤= عملکرد دانه، ٥= عملکرد بیولوژیک، ٦= شاخص برداشت، ۷= طول سنبله، ۸= تعداد سنبلچه در سنبله، ۹= طول پدانکل، ۱۰= طول میانگره، ۱۱= ارتفاع، ۱۲- روز تا ظهور سنبله، ۱۳= روز تا گرده‌افشانی، ١٤= روز تا رسیدگی، ١٥= انتقال مجدد، ١٦= کارایی انتقال مجدد.

1. Spike.plant^{-1}, 2. 1000 grain weight, 3. Grain.plant^{-1}, 4. Grain yield, 5. Biological yield, 6. Harvest index, 7. Spike length, 8. No Spiklet.spike^{-1}, 9. Peduncle length, 10. Internode length, 11. Height, 12. Day to heading, 13. Day to pollination, 14. Day to maturity, 15. Remobilization, 16. Remobilization efficiency.

ضرایب همبستگی ژنتیکی بین صفات در لاین‌های خالص نوترکیب در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل طی دو سال زراعی نشان داد که در شرایط آبیاری کامل همبستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه با تعداد سنبله مثبت و معنی‌دار بود (جداول ۲ و ۳). وزن هزار دانه همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری با انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد داشت. همبستگی شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک منفی و معنی‌دار بود. همبستگی ژنتیکی طول پدانکل با طول سنبله و طول سنبله با تعداد سنبلچه در سنبله و با روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز مثبت و معنی‌دار بود.

لازم به ذکر است که با توجه به عدم وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای دو صفت روز تا ظهور سنبله و روز تا گرده‌افشانی در شرایط آبیاری کامل، همبستگی ژنتیکی این دو صفت برآورد نشد. همبستگی ژنتیکی عملکرد دانه نیز با تعداد سنبله در بوته در شرایط تنش مثبت و معنی‌دار بود. همچنین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک نیز همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری داشت. همبستگی ژنتیکی طول سنبله با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، روز تا ظهور سنبله و روز تا گرده‌افشانی مثبت و معنی‌دار بود. وزن هزار دانه نیز همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری با انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد داشت (جداول ۲ و ۳). بر اساس ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات در شرایط تنش خشکی انتهای فصل از بین لاین‌های خالص نوترکیب لاین‌هایی که تعداد سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و عملکرد بیولوژیک بیش‌تری دارند دارای عملکرد دانه بالاتری می‌باشند. همبستگی مثبت بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک می‌تواند بیانگر وجود لینکاژ ژنی با ژن‌هایی با آثار چندگانه باشد که امکان انتخاب غیرمستقیم و دقیق را برای پژوهشگر فراهم می‌کند. حسین‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی نشان دادند در شرایط تنش خشکی در گندم دوروم عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (۱۸)، اما آسنگ و هرواردن (۲۰۰۳) عنوان کردند روابط عملکرد و اجزای عملکرد در گندم به اثرات عوامل محیطی بر رشد گیاه وابسته است (۱۹). همبستگی مثبت بین وزن هزار دانه با انتقال مجدد توسط اکبری و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است (۲۰). به‌طورکلی، سه منبع اصلی در طول دوره پر شدن دانه گندم برای تجمع مواد معدنی (کربن، نیتروژن و..) در دانه ذکر شده است که از جمله آن می‌توان به فتوسنتز جاری اندام‌های مختلف، انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده در اندام‌های رویشی قبل از مرحله گرده‌افشانی و انتقال مجدد بخش ناچیزی از مواد معدنی ذخیره‌شده پس از مرحله گرده‌افشانی اشاره کرد (۲۱). نتایج بررسی رضایی مرادالا و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که تنش خشکی سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در پر کردن دانه را تا ۲۳ درصد افزایش داد. بر اساس نتایج این بررسی در شرایط تنش خشکی همبستگی عملکرد دانه با انتقال مجدد مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی منفی بین وزن هزار دانه با تعداد دانه در هر دو شرایط کاملا منطقی است چرا که با افزایش تعداد دانه سهم آن‌ها از مواد فتوسنتزی کاهش یافته و وزن دانه و در نتیجه وزن هزار دانه گیاه کاهش خواهد یافت (۲۲). در آزمایش ال تابال (۲۰۱۱) همبستگی بین عملکرد و اجزای آن یعنی ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله مثبت و معنی‌دار گزارش شد (۲۳).

تجزیه به عامل‌ها: جدول ٦ نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس ماتریس ضرایب همبستگی را در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل نشان می‌دهد. در شرایط آبیاری کامل بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، شش عامل مشخص شد. این عوامل ۳/ ۸۹ درصد از تغییرات داده‌ها را در بر گرفتند. عامل اول دارای ضرایب مثبت و بزرگ‌تر از ۰/۵ برای صفات وزن هزار

دانه، انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد و ضریب منفی و بزرگتر از ۰/۵ برای تعداد دانه در بوته بود; بنابراین این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر وزن هزار دانه نام‌گذاری کرد. میزان اشتراک برای تمامی صفات وارد شده به عامل اول در حد بالایی بوده که این نشان دهنده تأثیر خوب و قابل قبول فاکتورهای مشترک برای این صفات می‌باشد. در صورت بهبود و افزایش عامل اول، انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد افزایش پیدا می‌کنند و به دلیل وجود همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین این صفات و وزن هزار دانه، وزن هزار دانه افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین با کاهش تعداد دانه سهم مواد تخصیص یافته به هر دانه افزایش پیدا کرده و وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. عامل دوم دارای ضریب مثبت و بزرگ‌تر از ۰/۵ برای صفات عملکرد دانه، تعداد سنبله در بوته و تعداد سنبلچه در سنبله بود، این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر عملکرد دانه نامید. میزان اشتراک برای تمامی صفات وارد شده به عامل دوم نیز در حد بالایی بوده که این نشان دهنده تاثیر خوب و قابل قبول فاکتورهای مشترک برای این صفات می‌باشد. برای بهبود عملکرد دانه می‌بایست از عامل دوم استفاده گردد. عامل سوم نیز دارای ضرایب مثبت و بزرگ‌تر از ۰/۵ برای صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک بود و می‌توان آن را به عنوان عامل مؤثر بر فنولوژی معرفی کرد که میزان اشتراک برای صفات این عامل نیز بالا بود. این نشان دهنده تاثیر خوب و قابل قبول فاکتورهای مشترک برای این صفات می‌باشد. عامل چهارم با داشتن ضریب بزرگ و مثبت برای صفات طول پدانکل و طول میانگره به عنوان عامل مؤثر بر مورفولوژی در نظر گرفته شد. عامل پنجم دارای ضریب بزرگ و مثبت برای شاخص برداشت و ضریب بزرگ و منفی برای عملکرد بیولوژیک بود، لذا این عامل را می‌توان به عنوان عامل مؤثر بر شاخص برداشت معرفی نمود که با توجه به علامت متضاد دو صفت در این عامل با افزایش عملکرد بیولوژیک به دلیل بزرگ شدن مخرج کسر، شاخص برداشت کاهش پیدا می‌کند. عامل ششم نیز دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات طول سنبله و ارتفاع بود و می‌توان آن را عامل مؤثر بر ارتفاع نامگذاری کرد. در صورت نیاز به بهبود ارتفاع می‌بایست از عامل ششم استفاده گردد.

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در لاین‌های‌خالص نوترکیب گندم دوروم مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل نشان داد با در نظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، پنج عامل شناسایی شد که ۷۹/۷ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند (جدول ٦). عامل اول که بیش‌ترین حجم از تغییرات داده‌ها را در بر می‌گیرد دارای ضریب بزرگ و مثبت برای عملکرد دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبلچه در سنبله و عملکرد بیولوژیک بود. بنابراین این عامل را می‌توان عامل عملکرد و اجزای عملکرد نام‌گذاری کرد. این ضرایب نشانگر آن است که ژنوتیپ‌های برخوردار از مقادیر بالای عامل اول، دارای عملکرد دانه بیش‌تری خواهند بود. از آنجاییکه، این صفات در جهت مثبت، عامل اول را تحت تأثیر قرار دادند، انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات می‌تواند منجر به عملکرد بالاتر در گیاه شود، از این‌رو، عامل اول می‌تواند به عنوان یک معیار مهم در گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالاتر در شرایط تنش خشکی انتهای فصل پیشنهاد گردد. با وجود آن که خصوصیات مورفولوژیکی متعددی در مقاومت یا تحمل گندم دوروم به تنش خشکی تأثیر دارند، اما به دلیل ناشناخته بودن بسیاری از آنها هنوز عملکرد دانه و اجزای آن به عنوان بهترین معیار در پیشبرد ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط تنش در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین، عامل اول که شامل عملکرد و صفات بسیار نزدیک به آن بود، بهترین معیار انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط تنش خواهد بود.

جدول ٦- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مختلف لاین‌های اینبرد گندم دوروم در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل.

Table 6. Results of factor analysis for different traits of durum wheat recombinant inbred lines in full irrigation and terminal drought stress conditions.

صفات / شرایط	Full irrigation آبیاری کامل						Terminal drought stress تنش خشکی انتهای فصل				
	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor	عامل چهارم Fourth factor	عامل پنجم Fifth factor	عامل ششم Sixth factor	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor	عامل چهارم Fourth factor	عامل پنجم Fifth factor
تعداد سنبله در بوته Spike.plant^{-1}	0.097	0.962	0.031	0.025	-0.012	-0.190	0.944	-0.109	0.014	0.101	0.204
وزن هزار دانه 1000 grain weight	0.95	0.048	-0.089	-0.013	0.059	0.014	-0.098	0.957	-0.057	-0.046	-0.012
تعداد دانه در بوته Grain.plant^{-1}	-0.66	-0.177	-0.090	0.033	0.016	0.530	-0.219	-0.534	-0.037	-0.182	-0.236
عملکرد دانه Grain yield	0.126	0.905	0.078	0.086	0.036	0.268	0.930	0.111	-0.018	0.013	0.079
عملکرد بیولوژیک Biological yield	-0.031	0.43	-0.042	0.008	-0.848	0.180	0.736	-0.049	-0.093	-0.118	-0.619
شاخص برداشت Harvest index	0.163	0.34	0.009	0.072	0.905	0.054	0.279	0.196	0.060	0.140	0.832
طول سنبله Spike length	0.03	-0.031	0.49	0.193	0.307	0.600	-0.117	0.004	0.718	0.129	0.156
تعداد سنبلچه در سنبله Spiklet.spike^{-1}	0.097	0.962	0.031	0.025	-0.012	-0.190	0.944	-0.109	0.014	0.101	0.204
طول پدانکل Peduncle length	0.034	0.017	0.096	0.953	0.010	-0.055	0.123	-0.064	0.149	0.867	0.129
طول میانگره Internode length	-0.072	0.097	0.259	0.897	0.059	-0.033	0.029	-0.024	0.220	0.894	0.031
ارتفاع Height	0.004	-0.057	0.190	-0.248	-0.270	0.658	-0.285	0.001	0.537	-0.383	-0.272
روز تا ظهور سنبله Day to heading	0.093	-0.006	0.966	0.097	-0.057	0.024	0.099	-0.062	0.924	0.174	-0.005
روز تا گرده‌افشانی Day to pollination	-0.088	-0.006	0.960	0.121	-0.049	0.035	0.103	-0.058	0.922	0.181	-0.010
روز تا رسیدگی Day to maturity	-0.082	0.006	0.870	0.137	0.122	0.225	0.220	-0.096	-0.039	-0.379	0.365
انتقال مجدد Remobilization	0.975	0.082	-0.111	-0.044	0.060	0.025	-0.084	0.949	-0.043	-0.051	-0.003
کارایی انتقال مجدد Remobilization efficiency	0.963	0.104	-0.106	-0.052	0.079	0.029	-0.082	0.970	-0.047	-0.081	0.021
مقدار ویژه Eigen value	4.2	3.365	2.479	1.818	1.401	1.026	3.840	3.192	2.869	1.673	1.178
درصد واریانس Variance%	26.25	21.032	15.491	11.365	8.756	6.414	23.998	19.953	17.933	10.457	7.361
درصد واریانس تجمعی Cumulative variance%	26.25	47.28	62.77	74.14	82.89	89.31	23.998	43.951	61.884	72.341	79.701

عامل دوم دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای ارتفاع وزن هزار دانه، انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد و ضریب بزرگ و منفی برای تعداد دانه در واحد سطح بود. بنابراین این عامل را می‌توان به عنوان عامل وزن هزار دانه نام‌گذاری کرد. عامل سوم دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات طول سنبله، ارتفاع، تعداد روز تا ظهور سنبله و گرده‌افشانی بود، لذا این عامل به عنوان عامل مؤثر بر ارتفاع نامگذاری شد. با افزایش تعداد روز تا ظهور سنبله و گرده‌افشانی، طول دوره رشد رویشی گیاه افزایش پیدا کرده و گیاه از منابع جهت بهبود رشد رویشی و افزایش ارتفاع بهره خواهد برد. عامل چهارم دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات طول پدانکل و طول میانگره بود. به این ترتیب این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر مورفولوژی معرفی نمود. عامل پنجم دارای ضریب بزرگ و مثبت برای صفت شاخص برداشت بود. جهت بهبود شاخص برداشت گیاه باید از این عامل استفاده کرد.

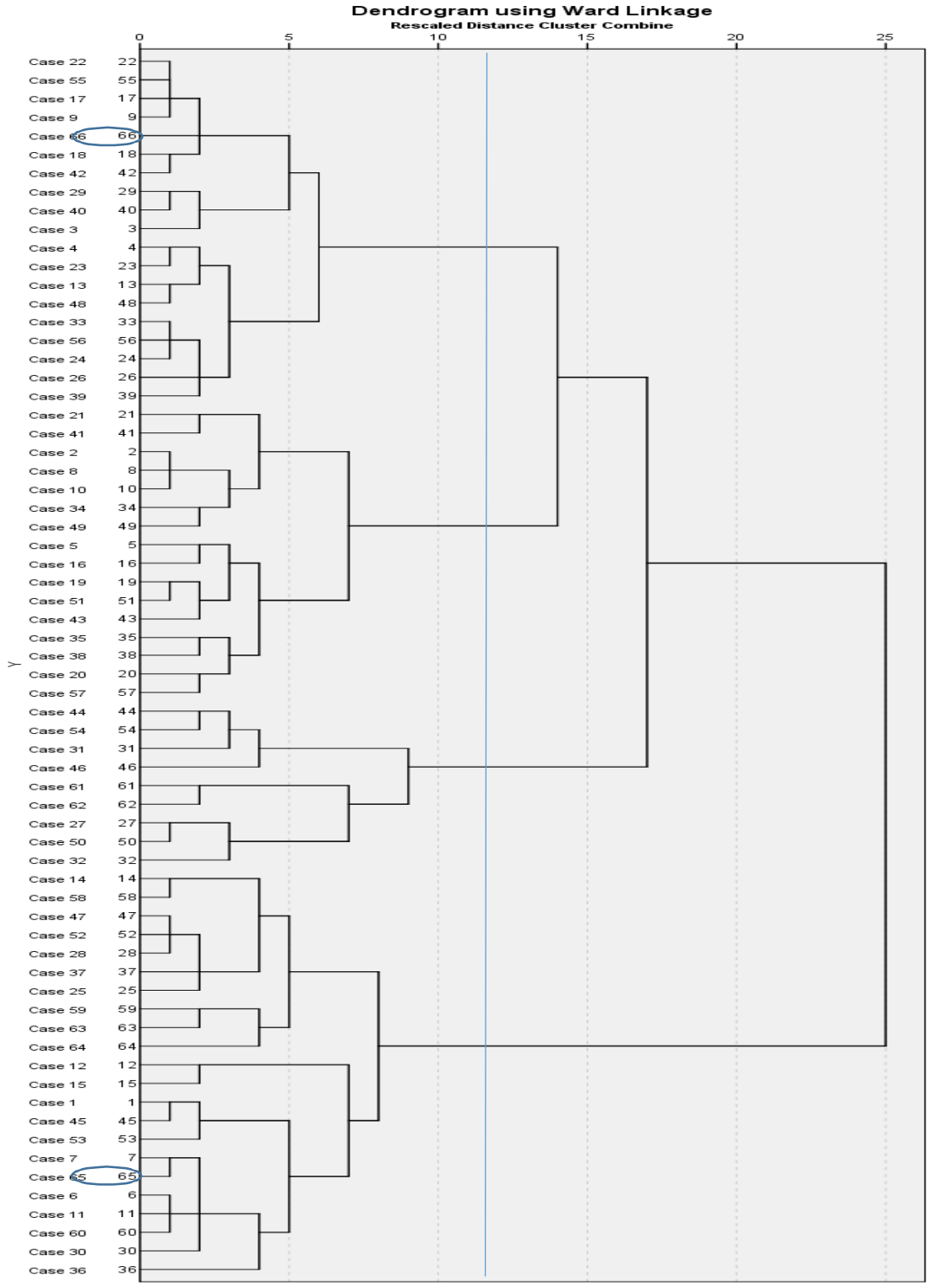
حمزه و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی ۱۴۸ لاین اینبرد گندم نان به همراه والدین در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کم آبی انتهای فصل گزارش کردند که در تجزیه به عامل‌ها، در هر دو شرایط چهار عامل وارد مدل شدند که در شرایط آبیاری کامل و تنش به ترتیب ۷۷/۸۵ و ٦٨/٧٦ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند (۹). در مطالعه ژنوتیپ گندم دوروم توسط حیدری نژاد و همکاران (۲۰۱۸) پنج عامل با داشتن ریشه‌های بزرگ‌تر از یک معنی‌دار شده و ٨٤/٦٥ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول به عنوان عامل مؤثر بر خصوصیات برگ پرچم، عامل دوم عامل مؤثر بر ارتفاع و عامل سوم عامل مؤثر بر زیست‌توده نامگذاری شد (٢٤).

تجزیه خوشه‌ای: تجزیه خوشه‌ای به روش Ward با استفاده از داده‌های استاندارد شده، لاین‌های خالص نوترکیب مورد ارزیابی در شرایط آبیاری کامل در چهار خوشه قرار داد (شکل A1) درصد انحراف میانگین خوشه‌ها از میانگین کل نیز محاسبه شد (جدول ۷). این انحرافات می‌تواند نشان‌دهنده وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها در جمعیت باشد. بر اساس این حالت گروه‌بندی، لاین‌های شماره ۲۲، ٥٥، ۱۷، ۹، ۱۸، ٤٢، ۲۹، ٤٠، ۳، ٤، ۲۳، ۱۳، ٤٨، ۳۳، ٥٦، ٢٤، ٢٦، ۳۹ و والد دنا (شماره ٦٦) در گروه اول، لاین‌های شماره ۲۱، ٤١، ۲، ۸، ۱۰، ۳٤، ٤۹، ٥، ١٦، ۱۹، ٥١، ٤۳، ۳٥، ۳۸، ۲۰ و ٥٧ در گروه دوم، لاین‌های شماره ٤٤، ٥٤، ۳۱، ٤٦، ٦١، ٦٢، ۲۷، ٥٠ و ۳۲ در گروه سوم و لاین‌های شماره ١٤، ٥٨، ٤٧، ٥٢، ۲۸، ۳۷، ۲٥، ٥۹، ٦۳، ٦٤، ۱۲، ١٥، ۱، ٤٥، ٥۳، ۷، ٦، ۱۱، ٦٠، ۳٠، ٣٦ و والد شتردندان (شماره ٦٥) در گروه چهارم قرار گرفتند.

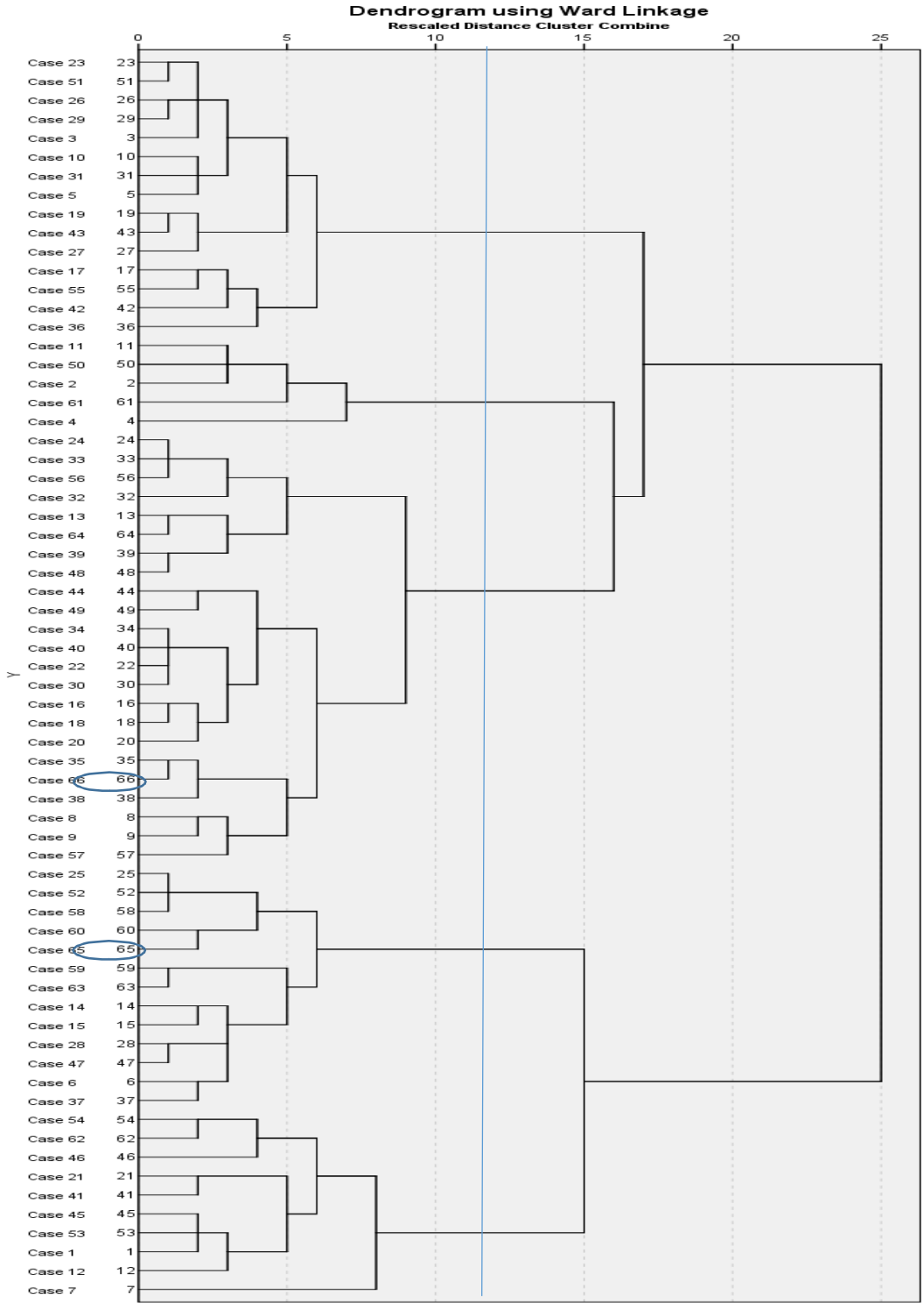
براساس نتایج مقایسه میانگین صفات در گروه‌ها مشخص شد که ژنوتیپ‌های گروه اول با داشتن انحراف از میانگین مثبت برای تمام صفات غیر از تعداد سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد، دارای بیش‌ترین مقدار برای صفات طول سنبله، طول پدانکل، طول میانگره، روز تا ظهور سنبله و روز تا گرده‌افشانی بودند، ژنوتیپ‌های این گروه با شروع دیرهنگام رشد زایشی به رشد رویشی خود ادامه داده‌اند اما به دلیل برخورد با تنش خشکی و گرمایی انتهای فصل فرصت انتقال مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی را نداشته‌اند و لذا عملکرد پایینی داشته‌اند. ژنوتیپ‌های گروه دوم با داشتن انحراف از میانگین مثبت برای تمام صفات غیر از تعداد دانه در بوته، از لحاظ صفات تعداد سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد سنبلچه در سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بیش‌ترین مقدار را داشتند. ژنوتیپ‌های گروه سوم با داشتن انحراف از میانگین مثبت برای صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع و صفات فنولوژیک شامل روز تا ظهور سنبله، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک و انحراف از میانگین منفی برای سایر صفات، بیشترین مقدار را برای صفات تعداد دانه در بوته و ارتفاع و کم‌ترین مقدار را برای صفات انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد، تعداد سنبله، وزن هزار

دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و طول پدانکل داشتند. ژنوتیپ‌های قرار گرفته در این گروه به دلیل عدم قدرت انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه‌های زیادی که تولید کردند دارای کمترین عملکرد بودند. ژنوتیپ‌های گروه چهارم برای تمام صفات غیر از تعداد سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد، برای سایر صفات دارای انحراف از میانگین کل منفی بودند. این ژنوتیپ‌ها بیش‌ترین وزن هزار دانه را داشتند و به همراه ژنوتیپ‌های گروه دوم بیش‌ترین مقدار میانگین را برای صفات انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد داشتند. بنابراین، می‌توان گفت ژنوتیپ‌های گروه چهارم با انتقال کارآمد مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها، توانستند دانه‌های درشت تولید کنند (جدول ۷).

لاین‌های مورد بررسی بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر حسب صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی انتهای فصل و برش دندروگرام حاصل در پنج گروه قرار گرفتند (شکل B1). بر اساس این گروه‌بندی لاین‌های شماره ۲۳، ۵۱، ۲۶، ۲۹، ۳، ۱۰، ۳۱، ۵، ۱۹، ۴۳، ۲۷، ۱۷، ۵۵، ۴۲ و ۳۶ در گروه اول، لاین‌های شماره ۱۱، ۵۰، ۲، ۶۱ و ۴ در گروه دوم، لاین‌های شماره ۲۴، ۳۳، ۵۶، ۳۲، ۱۳، ۶۴، ۳۹، ۴۸، ۴۴، ۴۹، ۳۴، ۴۰، ۲۲، ۳۰، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۳۵، ۳۸، ۸، ۹، ۵۷ و والد دنا (شماره ۶۶) در گروه سوم، لاین‌های شماره ۲۵، ۵۲، ۵۸، ۶۰، ۵۹، ۶۳، ۱۴، ۱۵، ۲۸، ۴۷، ۶، ۳۷ و والد شتردندان (شماره ۶۵) در گروه چهارم و لاین‌های شماره ۵۴، ۶۲، ۴۶، ۲۱، ۴۱، ۴۵، ۵۳، ۱، ۱۲ و ۷ در گروه پنجم قرار گرفتند. ژنوتیپ‌هایی که در گروه اول قرار گرفتند برای تمام صفات غیر از تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، طول پدانکل، طول میانگره، ارتفاع و روز تا ظهور سنبله و روز تا گرده‌افشانی انحراف از میانگین کل منفی داشتند. اما مقدار میانگین برای صفات طول سنبله، طول میانگره و ارتفاع در آن‌ها بالا و مقدار میانگین برای صفات تعداد سنبله، علمکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت پایین بود. ژنوتیپ‌هایی که در گروه دوم قرار گرفتند با داشتن انحراف از میانگین مثبت برای تمام صفات غیر از وزن هزار دانه، طول سنبله، طول پدانکل، طول میانگره، روز تا ظهور سنبله، روز تا گرده‌افشانی و انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد، دارای بیش‌ترین مقدار میانگین برای صفات تعداد سنبله، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و کمترین مقدار میانگین برای صفات وزن هزار دانه، انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد بودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این ژنوتیپ‌ها به دلیل ضعف در انتقال مواد ذخیره‌ای نتوانسته‌اند دانه‌های درشت تولید کنند اما به دلیل تولید تعداد سنبله و دانه زیاد در نهایت عملکرد بالایی داشته‌اند. ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه سوم با داشتن انحراف از میانگین مثبت برای تمام صفات غیر از تعداد دانه در بوته و ارتفاع، بیش‌ترین مقدار میانگین را برای صفات شاخص برداشت، تعداد سنبلچه در سنبله و طول پدانکل به خود اختصاص دادند. این ژنوتیپ‌ها کمترین مقدار میانگین را برای صفات ارتفاع، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، روز تا ظهور سنبله و گرده‌افشانی داشتند. ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه چهارم برای صفات تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، طول پدانکل، طول میانگره، ارتفاع، روز تا ظهور سنبله و روز تا گرده‌افشانی دارای انحراف از میانگین منفی و برای سایر صفات انحراف از میانگین مثبت داشتند. به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های قرار گرفته در این گروه به دلیل شروع زود هنگام دوره زایشی فرصت کافی برای رشد رویشی نداشته‌اند. ژنوتیپ‌های گروه پنجم نیز تنها برای وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، ارتفاع، انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد دارای انحراف از میانگین مثبت بودند، ژنوتیپ‌های این گروه کمترین مقدار میانگین را برای صفات تعداد سنبله در بوته، طول پدانکل و طول میانگره داشتند (جدول ۷).


Dendrogram using Ward Linkage
Rescaled Distance Cluster Combine
0
5
10
15
20
25
Case 22 22
Case 55 55
Case 17 17
Case 9 9
Case 66 66
Case 18 18
Case 42 42
Case 29 29
Case 40 40
Case 3 3
Case 4 4
Case 23 23
Case 13 13
Case 48 48
Case 33 33
Case 56 56
Case 24 24
Case 26 26
Case 39 39
Case 21 21
Case 41 41
Case 2 2
Case 8 8
Case 10 10
Case 34 34
Case 49 49
Case 5 5
Case 16 16
Case 19 19
Case 51 51
Case 43 43
Case 35 35
Case 38 38
Case 20 20
Case 57 57
Case 44 44
Case 54 54
Case 31 31
Case 46 46
Case 61 61
Case 62 62
Case 27 27
Case 50 50
Case 32 32
Case 14 14
Case 58 58
Case 47 47
Case 52 52
Case 28 28
Case 37 37
Case 25 25
Case 59 59
Case 63 63
Case 64 64
Case 12 12
Case 15 15
Case 1 1
Case 45 45
Case 53 53
Case 7 7
Case 65 65
Case 6 6
Case 11 11
Case 60 60
Case 30 30
Case 36 36
Y

A



B

شکل ۱- دندروگرام لاین‌های خالص نوترکیب همراه با والدین گندم دوروم با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward در شرایط آبیاری کامل (A) و تنش خشکی انتهای فصل (B) (شماره ٦٥: رقم شتر دندان و شماره ٦٦= رقم دنا).

Figure 1. Dendrogram of recombinant inbred lines with parents durum wheat using cluster analysis by Ward's method under full irrigation and terminal drought stress condition.

جدول ۷- میانگین و درصد انحراف از میانگین کل هر گروه از لاین‌های گندم دوروم در تجزیه خوشه‌ای در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل.

Table 7. Mean and percentage deviation from the total mean of each group of durum wheat recombinant inbred lines in cluster analysis in full irrigation and terminal drought stress conditions.

شرایط Condition	خوشه Cluster	تعداد ژنوتیپ No. genotype	ارتفاع Height	طول سنبله Spike length	طول پدانکل Peduncle length	طول میانگره Internode length	روز تا ظهور سنبله Day to heading	روز تا گرده‌افشانی Day to pollination	روز تا رسیدگی Day to maturity	تعداد سنبله در بوته Spike. plant^{-1}
آبیاری کامل Full irrigation	1	19	115.5	8.3	53.7	18.9	112.2	118.2	147.9	173.4
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		3.3	5.8	5.7	6.2	2.2	2.04	1.5	-10.2
	2	16	111.1	8.04	51.1	18.2	111.9	117.9	148.2	232.9
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-0.62	3.1	0.67	2.3	1.9	1.7	1.7	20.6
	3	9	116.7	7.5	47.4	16.9	111.5	117.4	147.1	157
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		4.4	-3.9	-6.7	-5.03	1.5	1.4	-0.94	18.7
	4	22	107.2	7.4	49.4	16.9	105.6	111.6	141.5	195.9
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-4.2	-5.6	-2.6	-4.9	-3.8	-2.9	-2.9	1.5
	میانگین کل Total mean		111.8	7.8	50.8	17.8	109.8	115.8	145.7	193.1
تنش خشکی انتهای فصل Terminal drought stress	1	15	122.8	8.3	52.3	18.9	112.5	118.5	132.2	150.3
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		11.8	6.07	3.5	6.4	2.4	2.3	-0.4	-19.9
	2	5	110.5	7.4	50.01	17.5	109.9	115.8	135.6	246.7
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		0.62	-5.3	-1.06	-2.1	-0.03	-0.06	2.2	31.4
	3	23	106.1	8.2	54.4	18.9	112.1	118.1	132.4	209.9
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-3.34	4.5	7.5	5.8	1.99	1.9	-0.22	11.9
	4	13	91.3	6.9	50.4	17.6	104.9	110.9	132.9	198.7
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-16.8	-11.4	-0.29	-1.6	-4.5	-4.3	0.12	5.9
	5	10	122.5	7.65	39.6	14.3	107.4	113.3	132.6	148.8
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		11.5	-2.09	-21.6	-19.7	-2.3	-2.2	-0.11	-20.7
	میانگین کل Total mean		109.8	7.8	50.6	17.8	109.9	115.9	132.7	187.7

ادامه جدول ۷ .

Continued table 7.

شرایط Condition	خوشه Cluster	تعداد ژنوتیپ No. genotype	تعداد سنبلچه در سنبله Spiklet. spike^{-1}	تعداد دانه در بوته Grain. plant^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	انتقال مجدد Remobilization	کارایی انتقال مجدد Remobilization efficiency	عملکرد دانه Grain yield
آبیاری کامل Full irrigation	1	19	17.6	47.6	55.2	14.6	32.0	18.1	7.9	4.6
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		0.75	0.6	0.07	-15.3	6.2	0.21	-0.16	-8.9
	2	16	18.3	45.2	56.7	19.5	32.1	18.9	8.3	6.1
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		4.5	-4.5	2.9	12.8	6.4	4.1	4.3	19.9
	3	9	17.4	56.3	46.4	18.8	22.7	15	6.6	4.1
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-0.33	18.9	-15.8	9.1	-24.8	-17.4	-17.7	-19.2
	4	22	16.8	45	57.5	17.3	30.1	18.9	8.3	5.1
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-3.8	-4.9	4.3	0.21	0.14	4.3	4.3	1.0
	میانگین کل Total mean		17.5	47.4	55.1	17.3	30.2	18.2	8	5.05
تنش خشکی انتهای فصل Terminal drought stress	1	15	17.9	38.8	44.4	10.2	26.1	57.9	51.9	2.6
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		0.93	-0.07	-2.8	-11.8	-9.7	-1.9	-2.4	-21.5
	2	5	17.8	44.1	36.0	134.6	29.1	44.1	41.1	3.9
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		0.49	13.5	-21.0	16.7	-0.83	-25.3	-22.8	18.5
	3	23	18.2	37.7	46.7	11.7	31.7	60.5	54.3	3.7
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		2.5	-2.9	2.3	0.78	9.9	2.5	2.0	10.7
	4	13	16.8	38.0	47.8	12.7	28.9	62.1	55.4	2.8
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-5.4	-2.2	4.7	9.9	0.4	5.2	4.1	9.9
	5	10	17.7	40	47.2	10.9	26.2	60.9	55.8	2.8
	انحراف از میانگین کل Deviation of total mean		-0.38	2.9	3.4	-5.3	-9.1	3.2	4.9	-14.4
	میانگین کل Total mean		17.7	38.9	45.7	11.6	28.9	59.1	53.1	3.3

احمدی و همکاران (۲۰۲۰) بر اساس تجزیه خوشه‌ای ۱۵٤ لاین گندم دوروم را در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی آخر فصل در دو سال زراعی در شش گروه طبقه‌بندی کردند که لاین‌های قرار گرفته در گروه اول بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه را دارا بودند (۲٦). ال لاواتی و همکاران (۲۰۲۱) ۱۷ گونه

بومی گندم دوروم را همراه با پنج رقم شاهد با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات اگرومورفولوژیک و وجود رنگ‌دانه روی قسمت‌های مختلف گیاه در چهار گروه طبقه‌بندی کردند. این محققین استفاده از ژنوتیپ گروه اول را برای بهبود روز تا گلدهی و غلاف برگ به عنوان نشانگر، ژنوتیپ‌های گروه دوم را برای بهبود عملکرد دانه با رنگ برگ به عنوان نشانگر، ژنوتیپ‌های گروه سوم را برای بهبود صفات تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله همراه با رنگ کلئوپتیل به عنوان نشانگر و ژنوتیپ‌های گروه چهارم را برای تعداد پنجه و طول دانه همراه با رنگ میانگره به عنوان نشانگر در برنامه‌های اصلاحی و دورگ‌گیری پیشنهاد کردند (۱۱).

نتیجه‌گیری کلی

معرفی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار و متحمل به خشکی یکی از اهداف مهم امروزی برای هماهنگی با افزایش جمعیت جهان است (۲۷). بنابراین، گزینش ژنوتیپ‌های گندم دوروم متحمل به خشکی، ابزار کلیدی مفیدی است که توسط اصلاحگران غلات برای افزایش تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۸).تعیین تفاوت‌های ژنتیکی میان ژنوتیپ‌ها از نظر صفات کمی و کیفی، امکان انتخاب والدین مناسب برای به‌دست آوردن اثر هتروزیستی و افزایش احتمال شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در نسل‌های در حال تفکیک را میسر می‌سازد. نتایج همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط آبیاری کامل و تنش نشان داد که عملکرد دانه به‌طور مشترک در کلیه شرایط با تعداد سنبله در بوته و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. براساس نتایج تجزیه عاملی در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل به ترتیب، شش و پنج عامل مشخص شد که این عوامل ۳/ ۸۹ و ۷۹/۷ درصد از تغییرات داده‌ها را در بر گرفتند. در تنش خشکی، عامل اول دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای عملکرد دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبلچه در سنبله و عملکرد بیولوژیک بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای، لاین‌های خالص نوترکیب مورد ارزیابی در شرایط آبیاری کامل را در چهار خوشه و در شرایط تنش در پنج خوشه قرار داد. ژنوتیپ‌های ۳۸، ۱۱، ۲، ۸، ٤۹، ۳٤، ۵۰، ٤۱، ۹، ٦۳، ٤۷، ۵۹، ۵۷، ۱، ٤، ۳۵، و والد شتردندان را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل معرفی شدند. عملکرد دانه هدف عمده در انتخاب گیاهان زراعی برای تحمل خشکی به شمار می‌رود و با توجه به وجود لاین‌هایی با میانگین بالا در شرایط تنش خشکی، می‌توان با شناسایی آن‌ها، نسبت به بهبود لاین‌های متحمل به خشکی اقدام کرد. انتخاب براساس عملکرد دانه به دلیل وراثت‌پذیری پایین، خصوصاً در شرایط تنش خشکی، کافی نیست، بنابراین می‌توان صفاتی را که دارای همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی هستند در برنامه‌های به نژادی در اولویت قرار داد، که در این پژوهش صفت تعداد سنبله در بوته مشخص گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع بالایی در ارتباط با کلیه صفات مورد ارزیابی در لاین‌های مورد بررسی وجود دارد که نشان دهنده توان بالای اصلاحی و ارزش اصلاحی بالای این جمعیت و گزینش برای نسل‌های بعدی است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات کلیه دست اندرکاران در تهیه مواد ژنتیکی این پژوهش در بخش غلات، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Luo, L., Wang, Z., Huang, M., Hui, X., Wang, S., Zhao, Y., & Liu, J. (2018). Plastic film mulch increased winter wheat grain yield but reduced its protein content in dryland of northwest China. *Field Crops Researce,* 218, 69–77.
2. Xynias, I. N., Mylonas, I., Korpetis, E. G., Ninou, E., Tsaballa, A., Avdikos, I. D., & Mavromatis, A.G. (2020). Durum wheat breeding in the mediterranean region: current status and future prospects. *Agronomy,* 10(3), 1-27.
3. Lamaoui, M., Jemo, M., Datla, R., & Bekkaoui, F. (2018). Heat and drought stresses in crops and approaches for their mitigation. *Frontiers in Chem,* 6, 1-14.
4. Chauhan, J., Singhal, R. K., Chaudhary, S., & Sodani, R. (2017). Calmodulin in plant responses to abiotic stresses and signaling. *International Journal Pure* and Applied Bioscience, 5, 1122-1131.
5. Liu, X., Pan, Y., Zhu, X., Yang, T., Bai, J., & Sun, Z. (2018). Drought evolution and its impact on the crop yield in the North China plain. *Journal of Hydrology,* 564, 984-996.
6. Wang, J., Vanga, S. K., Saxena, R., Orsat, V., & Raghavan, V. (2018). Effect of climate change on the yield of cereal crops: A review. *Climate,* 6: 41.
7. Mwadzingeni, L., Shimelis, H., Tesfay, S., & Tsilo, T. J. (2016). Screening of bread wheat genotypes for drought tolerance using phenotypic and proline analysis. *Frontiers Plant Sciences,* 7, 1-12.
8. Sorkheh K., Shiran, B., Khodambashi, M., Moradi, H., Gradziel, T. M. & Martínez-Gómez, P. (2010). Correlations between quantitative tree and fruit almond traits and their implications for breeding. *Scientia Horticulture,* 125, 323–331.
9. Hamzeh, H., Asghari, A., Mohammadi, S. A., Sofalian, O., & Mohammadi, S. (2018). Effect of variations of phenological traits and phenological and photosynthetic materials allocation on grain yield of bread wheat under different moisture conditions. *Environmental Stresses in Crop Science,* 12(4), 989-1002. [In Persian]
10. Aharizad, S., Ahmadi, V., & Mohammadi, A. (2010). Response of bread wheat recombinant inbred lines to drought stress and their grouping. *Journal of Crop Weed Ecophysiology,* 4-3(15), 67-78. [In Persian]
11. Al Lawati, A. H., Nadaf, S. K., AlSaady, N. A., Al Hinai, S. A., Almamari, A., Al Adawi, M. H., Al Hinai, R. S., & Al Maawali, A. (2021). Genetic diversity of omani durum wheat (*Triticum turgidum* sub sp. *durum*) landraces. *The Open Agriculture Journal,* 15(21), 21-32.
12. Donald, C. M., & Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy,* 28, 361– 405.
13. Hay, R. K. M. (1995). Harvest index: A review of its use in plant breeding and crop physiology. *Annals of Applied Biology,* 126, 197–216.
14. Cox, M. C., Qualset, C. O., & Rains, D. W. (1990). Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. III: nitrogen translocation in relation to grain yield and protein. *Crop Science,* 26: 737 - 740.
15. Papakosta, D. K., & Gayians, A. A. (1991). Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal,* 83, 864 – 870.
16. Tabatabai, S. M. T., Solouki, M., Fakhery, B., Esmailzadeh-Moghaddam, M., & Mehdinezhad, N. (2018). Evaluation of grain yield of recombinant inbred lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) derived from SeriM82/Babax cross under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science,* 19(4), 270-283. [In Persian]
17. Taghizadegan, M., Norouzi, M., & Aharizad, S. (2015). Evaluation of wheat recombinant inbred lines based on morphological and agronomic traits. *Journal of Applied Crop Breeding,* 3(2), 129-137. [In Persian]
18. Hosseinzadeh, A., Khezri Afravi, M., Miri, S., & Peighambari. (2009).

Evaluation of different lines of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) under optimum and water limited condition. *Iranian Journal of Field Crop Science,* 40(3), 161-169. [In Persian]

19. Asseng, S., & Van Herwarden, A. F. (2003). Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. *Plant Science,* 256, 217 -229.
20. Akbari, Gh. A., Zarkhoni, R. A., Motaghi, S., Lotfi Far, A., Yousefi Rad, M., & Nasiri, M. (2009). Comparison of yield and yield components and photosynthetic material retransmission in old and new rice genotypes. *Plant Production and Technology,* 9(8), 21-32. [In Persian]
21. Bahrani, A. 2011. Remobilization of dry matter in wheat: Effects of nitrogen application and post-anthesis water deficit during grain filling. *International Conference on Biology, Environment and Chemistry,* pp. 155-160.
22. Rezaei Morad Aali, M., Eivazi, A. R. Mohammadi, S., & Shir-Alizadeh, SH. (2013). Effect of drought stress on dry matter remobilization and grain yield of winter bread wheat genotypes. *Iranian Journal of Crop Science,* 15(3), 262-276. [In Persian]
23. Al-Tabbal, J. A. (2011). Effect of water stress on the yield and yield component of durum wheat cultivars (*Triticum turgidum* L. var. durum). *International Journal of Academic Research,* 3(6), 98-113.
24. Farshadfar, E. 2010. Principals and methods of multivariate statistical. Kermanshah Univ. Press, 724 p.
25. Heidarinezhad, H., Esmaeili, A., Hosseinpour, T., & Eisvand, H. R. (2018). Factor analysis genetic correlation and path analysis of different traits in durum wheat genotypes. *Plant Ecophysiology,* 10(33), 117-126. [In Persian]
26. Ahmadi, Gh. H., Seiosemarde, A., Sohrabi, Y., & Jalal Kamali, M. R. (2020). Relationship between developmental traits and grain yield in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under terminal drought stress condition. *Applied Fields Crops Research,* 33(4), 84-99. [In Persian]
27. Singh, C., Gupta, A., Gupta, V., Kumar, P., Sendhil, R., Tyagi, B. S. Singh, G., Chatrath, R., Singh, G. P. (2019). Genotype x environment interaction analysis of multi-environment wheat trials in India using AMMI and GGE biplot models. *Crop Breeding and Applied Biotechnology,* 19, 309 -318.
28. Wang, J., Vanga, S. K., Saxena, R., Orsat, V., Raghavan, V. (2018). Effect of climate change on the yield of cereal crops: A review. *Climate,* 6, 41-48.