



Cluster Analysis and Genotype Clustering of Wheat under Drought Stress over Flowering Phase in the Greenhouse conditions

Behnam Tahmasebpour¹ | Sodabeh Jahanbakhsh^{2✉} | Ali Reza Tarinejad³ |
Hamid Mohammadi⁴ | Ali Ebadi⁵

1. Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: b.tahmasebpour@uma.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: jahanbakhsh@uma.ac.ir
3. Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. E-mail: tarinejad@azaruniv.edu
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. E-mail: hmohammadi@azaruniv.edu
5. Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: ebadi@uma.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received 28 November 2023 Received in revised form 29 November 2024 Accepted 1 December 2024 Published online 27 June 2025 Keywords: <i>Discriminant analysis</i> <i>Drought</i> <i>The morphological</i> <i>physiological traits</i>	Objective: Wheat, accounting for about 20% of global cultivated land, is vital for food security. With over 90% of Iran classified as arid or semi-arid, drought stress critically impacts crop yields, causing approximately 17% losses annually. Improving drought resilience and water-use efficiency in wheat is therefore essential. This study aims to assess drought tolerance in bread wheat genotypes based on their performance under normal and water-stressed conditions, and to identify morphological, phenological, and physiological traits linked to high yield for use in breeding programs. Methods: A split-plot experiment with three replications was conducted in a greenhouse to evaluate 30 wheat genotypes under normal irrigation and post-anthesis drought stress. Trait correlations, yield associations, and the relative importance of traits were analyzed using ANOVA, mean comparisons, cluster analysis (Euclidean distance and Ward's method), and factor analysis. Results: Cluster analysis grouped genotypes into four under normal conditions, with the first group (including cd-6, c-93-8, cd-3, etc.) exhibiting the highest average grain yield of 7.93 g per five plants. Under drought, the second group (Mihan, Eroum, c-93-3, etc.) achieved the highest yield of 2.18 g per five plants. The first two principal components explained 76.24% of data variability, effectively distinguishing sensitive cultivars (C-93-11, C-93-4) and drought-tolerant genotypes (Mihan, Eroum). Biplot analysis identified flag leaf area, vegetative growth rate, fertile tiller number, grain yield, grains per spike, and 1000-grain weight as key traits for genotype separation under both conditions. Conclusion: According to results, the first and second two components explained 76.24% of the changes in the primary data, that the morphological and physiological traits could be determined by the sensitive cultivars (C-93-11 and C-93 4) and separate the drought tolerant (Mihan and Eroum) from each other. Based on the results of Biplot analysis, flag leaf area, vegetative growth rate, number of fertile tillers, grain yield, number of grains per spike and 1000-grain weight had a determinative role in isolating genotypes under normal irrigation and stress conditions.

Cite this article: Tahmasebpour, B., Jahanbakhsh, S., Tarinejad, A. R., Mohammadi, H., & Ebadi, A. (2025). Cluster Analysis and Genotype Clustering of Wheat under Drought Stress over Flowering Phase in the Greenhouse conditions. *Journal of Crops Improvement*, 27 (2), 169-187. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.368625.2867>





تجزیه خوشه‌ای و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت شرایط تنش خشکی گلدهی در محیط گلخانه

بهنام طهماسب‌پور^۱ | سدابه جهانبخش^۲ | علیرضا تازی‌نژاد^۳ | حمید محمدی^۴ | علی عبادی^۵

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: b.tahmasebpour@uma.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: jahanbakhsh@uma.ac.ir
۳. گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. رایانامه: tarinejad@azaruniv.edu
۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. رایانامه: hmohammadi@azaruniv.edu
۵. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: ebadi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶

هدف: گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان به کشت آن اختصاص یافته است. براساس گزارش فائو حدود ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. تنش خشکی هرساله خسارت فراوانی را در محصولات زراعی ایجاد می‌کند و موجب کاهش ۱۷ درصدی عملکرد می‌گردد؛ ازاین‌رو انجام پژوهش‌ها در زمینه بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی و یافتن راهکارهای مناسب به‌منظور کمینه‌ساختن تلفات آب در بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین ارزیابی و تعیین میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان براساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی و بررسی اهمیت نسبی صفات ریخت‌شناسی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌منظور دستیابی به معیارهایی برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول به‌منظور استفاده در برنامه‌های به‌نژادی لازم و ضروری است. هدف این پژوهش بررسی روابط موجود بین صفات و استفاده از این روابط در گزینش ارقام پرمحصول تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی بود.

روش پژوهش: به‌منظور شناسایی همبستگی و روابط بین صفات مختلف در گندم نان، ۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی تحت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه با سه تکرار در شرایط آبیاری طبیعی و تنش رطوبتی شروع گلدهی بررسی شدند. پس از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، به‌منظور بررسی روابط موجود بین عملکرد و اجزای عملکرد، با سایر صفات و بررسی اهمیت نسبی صفات مؤثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به عامل‌ها انجام شد.

یافته‌ها: تجزیه خوشه‌ای براساس کلیه صفات در شرایط نرمال و تنش کمبود آب به‌روش وارد و با استفاده از فاصله مربع اقلیدسی انجام گرفت، در تجزیه خوشه‌ای تحت شرایط نرمال، چهار گروه ایجاد شد که ژنوتیپ‌های برتر از نظر وزن دانه در گروه اول (cd-6، cd-8، cd-3، cd-5، cd-7، cd-4، cd-4، cd-1، cd-9، cd-8، cd-6 و cd-9) با میانگین ۷/۹۳ گرم در واحد پنج بوته قرار گرفتند، اما تحت شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های گروه دوم (میهن، اروم، cd-3، cd-7، cd-9، cd-9، cd-3، cd-8، cd-2 و cd-7) دارای بیش‌ترین وزن دانه (۲/۱۸ گرم در واحد پنج بوته) بودند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش، دو مؤلفه اول و دوم ۷۶/۲۴ درصد از تغییرات کل داده‌های اولیه را توجیه کردند که صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توانستند ارقام حساس (C-93-11 و C-93-4) و متحمل به خشکی (میهن و اروم) را از هم تفکیک نمایند. براساس نتایج تجزیه بای‌پلات، صفات سطح برگ پرچم، سرعت رشد رویشی، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه نقش تعیین‌کننده در جداسازی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط نرمال و تنش داشتند.

کلیدواژه‌ها:

تجزیه تابع تشخیص

خشکی

صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

استناد: طهماسب‌پور، بهنام؛ جهانبخش، سدابه؛ تازی‌نژاد، علیرضا؛ محمدی، حمید و عبادی، علی (۱۴۰۴). تجزیه خوشه‌ای و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت شرایط تنش خشکی گلخانه. *به زراعی کشاورزی*، ۲۷ (۲)، ۱۶۹-۱۸۷.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.368625.2867>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

از بین غلات، گندم اهمیت بیش‌تری دارد، به‌طوری‌که گندم نان از مهم‌ترین غلات در سطح جهان و نیز در ایران به‌شمار می‌رود. حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان و نیز ۶/۷۰ میلیون هکتار از اراضی زیرکشت ایران به کشت آن اختصاص یافته است (فائو^۱؛ ۲۰۱۹؛ علیپور و همکاران، ۱۳۹۸). 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 (فائو، ۲۰۲۰). هم‌چنین گندم یکی از مهم‌ترین غلات نواحی خشک و نیمه‌خشک است و در تغذیه انسان نقش مهمی را ایفا می‌کند (علیمحمدی و همکاران^۲، ۲۰۰۹). براساس گزارش فائو حدود ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (فائو، ۲۰۲۰). در آینده نزدیک گسترش فعالیت‌های کشاورزی به مناطق با حاصلخیزی کم‌تر برای تأمین نیازهای فزاینده غذایی، موجب خواهد شد کمبود آب اهمیت بیش‌تری پیدا کند (فلکساز و همکاران^۳، ۲۰۱۳). کشور ایران در عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه و در نوار خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. میزان 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 کم‌باران 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 (میرمحمدی میبیدی و همکاران، ۲۰۱۵).

کاهش عملکرد محصولات زراعی بر اثر تنش‌های غیرزنده بین ۵۱ الی ۸۲ درصد تخمین زده شده است (کوک^۴ و لیشمن^۵، ۲۰۱۶). اغلب گیاهان در معرض تنش‌های 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 (یارنیا و همکاران، ۲۰۱۱). حساس‌ترین مرحله رشد به تنش خشکی در اکثر گیاهان معمولاً مرحله 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 طویل‌شدن ساقه تا پرشدن دانه به‌ویژه در زمان گلدهی است (میرمحمدی میبیدی و همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعات مختلف گزارش شده است که تنش کم‌آبی سبب کاهش تعداد پنجه در بوته (مقبول و همکاران^۶، ۲۰۱۵؛ آبیید و همکاران^۷، ۲۰۱۸)، کاهش شاخص سطح برگ (اکبری و همکاران، ۱۳۹۹)، کاهش تعداد پنجه در بوته و ارتفاع بوته (سارتو و همکاران^۸، ۲۰۱۷)، کاهش ارتفاع گیاه، طول سنبله، طول پدانکل و طول برگ پرچم (معتضدی و همکاران، ۱۳۹۸) می‌شود.

۲. پیشینه پژوهش

گندم به‌عنوان مهم‌ترین گیاه زراعی در جهان و ایران دارای ژنوتیپ‌های زیادی است که در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، لازمه استفاده کارا و صحیح از آن‌ها، شناسایی روابط ژنتیکی ژنوتیپ‌ها و تعیین سطح تنوع موجود می‌باشد (نظری و عبدالشاهی، ۱۳۹۳). تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری برای بررسی تنوع ژنتیکی

1. FAO
2. Ali-Mohamadi
3. Flexas
4. Cooke
5. Leishman
6. Maqbool
7. Abid
8. Sarto

در بین واریته‌های مختلف می‌باشد که از آن برای گروه‌بندی صفات و ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. پژوهش‌گران با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های موردبررسی را براساس شباهت آن‌ها از نظر تعدادی از صفات گروه‌بندی می‌کنند (فرشادفر، ۱۳۹۴). گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره برای به‌نژادگران گندم می‌تواند دارای ارزش کاربردی باشد. از این نظر که ممکن است ژنوتیپ‌ها بسته به هدف به‌نژادی از خوشه‌های مختلف انتخاب شود و همچنین برای تعریف استراتژی‌ها در جهت جمع‌آوری ژرم‌پلاسم کمک می‌کند (فاریس و همکاران^۱، ۲۰۰۶). نیک‌سرشت و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی لاین‌های پیشرفته گندم نان در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی با استفاده از تجزیه کلاستر به‌روش وارد براساس فاصله اقلیدسی ۳۶ لاین و رقم را به چهار گروه دسته‌بندی کردند. تقی‌زادگان و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان از نظر برخی صفات زراعی و مورفولوژیکی دریافتند لاین‌های مورد مطالعه از نظر همه صفات به جز وزن سنبله، سطح برگ پرچم و شاخص برداشت اختلاف معنی‌دار مشاهده کردند و همچنین با انجام تجزیه خوشه‌ای به‌روش وارد لاین‌های مورد مطالعه را به چهار گروه تقسیم‌بندی کردند.

یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل چندمتغیره، تجزیه به عامل‌هاست که حالتی تعمیم‌یافته از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است. اما برخلاف آن، بر مبنای یک مدل نسبتاً ویژه آماری استوار است. در این روش هدف اصلی توضیح رابطه بین متغیرها از طریق تعداد کمیت تصادفی غیر قابل مشاهده تحت عنوان عامل‌ها و در عین حال کاهش حجم داده‌هاست. در چنین شرایطی، عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن همبستگی بین صفات می‌شوند، شناسایی گردیده و براساس آن‌ها متغیرها به گروه‌هایی با همبستگی درون گروهی بالا دسته‌بندی می‌شوند (فرشادفر، ۱۳۹۴). کاویانی و همکاران (۱۳۹۲) با تجزیه عاملی بر روی صفات اندازه‌گیری شده توده‌های گندم دوروم، آن‌ها را در پنج عامل گروه‌بندی کردند. عامل اول شامل صفات مرتبط با عملکرد مانند وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله، عامل دوم عامل دوره رشد و عامل سوم تا پنجم به ترتیب عوامل ارتفاع بوته، خصوصیات برگ پرچم و عملکرد بود. تقی‌زادگان و همکاران (۱۳۹۴) با انجام تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل مهم را که در حدود ۸۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کرد شناسایی کردند. نیک‌سرشت و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی لاین‌های پیشرفته گندم نان در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل اول در شرایط نرمال رطوبتی ۸۰/۲۴ و در حالت تنش ۷۹/۶۲ درصد از واریانس کل را توجیه نمودند.

هدف از این پژوهش بررسی اهمیت نسبی صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و همچنین درک روابط و ساختار اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی گیاهان زراعی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها و در نهایت شناسایی بهترین ارقام از لحاظ عامل‌ها و فاکتورهای مؤثر در تجزیه به عامل‌ها می‌باشد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۶ دقیقه و ۵۹ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۴ دقیقه و ۱۴ ثانیه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریای آزاد، تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی (به‌عنوان فاکتور اصلی) با ۳۰ ژنوتیپ گندم نان به‌عنوان فاکتور فرعی تحت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار طی سال زراعی ۹۵-۹۶ انجام گرفت. در این بررسی ارقام میهن، اروم و حیدری به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی که تا حدودی به تنش خشکی آخر فصل در مناطق سرد متحمل هستند به‌عنوان شاهد در آزمایش‌ها گنجانده شدند (قاسمی، ۱۳۹۶). شجره ژنوتیپ‌ها در جدول (۱) درج شده است. ژنوتیپ‌ها درون گلدان‌های نایلونی (۲۸ سانتی‌متر قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) که از ۷ کیلوگرم خاک مزرعه با مشخصات جدول (۲) پر شده بود، کشت شدند.

جدول ۱. شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در آزمایش

ژنوتیپ‌ها	شجره	ژنوتیپ‌ها	شجره
cd-1	Zareh	c-93-7	Bow/Crow/3Rsh//Kal/Bb/3/Gun91
cd-2	Ald"s//Snb"s//Zm*2/3/Yaco/Parus//Parus	c-93-8	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1
cd-3	Bow/Crow/3Rsh//Kal/Bb/3/Gun91	c-93-9	Bluegil-2/Bucur//Sirena
cd-4	Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1	c-93-10	Ajvina
cd-5	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1	c-93-11	Gul96/Shark-1
cd-6	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1	c-94-3	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos
cd-7	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos	c-94-4	Ga961565-27-6/La95283Ca-78-1-2
cd-8	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos	c-94-6	Charger/OWL 85224*-3H-*O-*HOH//Alvd
cd-9	Eryt 1554.90/MV17	c-94-7	Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1
cd-10	Gul96/Shark-1	c-94-8	Bluegil-2/Bucur//Sirena
cd-11	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s//Snb"s**2/5/Opata*2/Wulp	c-94-9	Or2071681
c-93-3	Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1	MV 17	Mv-17
c-93-4	Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1	Heydari	Ghk"s//Bow"s//90Zhong87// Shiroodi cultivar
c-93-5	Eryt 1554.90/MV17	Mihan	87Zhong-90/Bkt
c-93-6	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s//Snb"s**2/5/Opata*2/Wulp	Eroum	Her/Alvand//NS732

کدهای cd-1 تا cd-11 مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش آ تست یا ARWYT سال ۹۴ و کدهای C-93 تا C-94 به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش یکنواخت سراسری URWYT سال ۹۳ و ۹۴ مناطق سرد می‌باشند.

جدول ۲. نتایج تجزیه خاک گلخانه قبل از اجرای آزمایش

رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	اسیدیته	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	ماده آلی	نیترژن کل (درصد)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک)
۱۳	۲۴	۶۳	۷/۷۸	۴/۶۸	۰/۹۸	۰/۰۹	۴۸۶	۳۱

در هر گلدان ۱۰ عدد بذر کشت و بعد از جوانه‌زنی و در مرحله شروع پنجه‌دهی با انجام تنک، به پنج بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. در گلخانه در شرایط نرمال و بدون اعمال تنش، گلدان‌ها بسته به نیاز و شرایط گلخانه‌ای هر ۴-۵ روز یک بار آبیاری شدند. اما اعمال تنش در مرحله گلدهی از طریق توزین وزن خاک گلدان‌ها تعیین گردید. بدین صورت قبل از انجام آزمایش میزان ۷ کیلوگرم خاک در آون ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس وزن خاک توزین و دوباره خاک موردنظر در گلدان ریخته شد و به‌طور کامل آبیاری شد و بعد از خروج آب ثقیلی دوباره گلدان موردنظر توزین شد. پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری‌شده در ظرفیت زراعی تعیین شد. بنابراین در تیمارهای تنش کمبود آب، آبیاری در FC ۵۰ درصد به گلدان‌ها اعمال شد (حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶). گلدان‌ها به‌ترتیب در دمای ۲۵ و ۱۶ درجه سانتی‌گراد روز و شب، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری و بعد از رشد مناسب بوته‌ها در مرحله پنجه‌زنی ورنالیزه شدند. با توجه به این‌که ژنوتیپ‌ها پاییزه بودند، در مرحله پنجه‌زنی به مدت یک ماه تحت تنش سرمایی در شروع زمستان با بازکردن پنجره گلخانه قرار گرفتند تا بتوانند به ساقه بروند. نور موردنیاز گلخانه به‌صورت مصنوعی با شدت ۷۰۰۰ لوکس از طریق لامپ‌های سدیمی سفید و زرد تأمین شدند. در گلخانه، کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در آب آبیاری به گلدان‌ها در سه نوبت (مرحله کاشت-مرحله پنجه‌دهی-مرحله ساقه‌دهی) و در هر مرحله دو گرم به هر گلدان (به‌صورت محلول در آب آبیاری) از طریق پیمانه با احتساب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص برای هر گلدان به ابعاد (۲۸ سانتی‌متر قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) محاسبه و توزیع شد.

در طول فصل رشد، صفات فنولوژیکی مانند تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پرشدن دانه برای هر کرت فرعی (گلدان) ثبت گردید و در زمان رسیدگی گیاه (اواسط تا اواخر مردادماه) از متوسط پنج بوته صفات ارتفاع بوته، مساحت برگ پرچم، طول پدانکل (طول گردن سنبله)، طول سنبله، تعداد

سنبلچه در سنبله، وزن سنبله بارور، وزن سنبله غیربارور، تعداد سنبله بارور و غیربارور، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک بوته، وزن هزاردانه، طول ریشک، طول ساقه، وزن ساقه، وزن دانه بوته، وزن دانه (گرم در واحد پنج بوته)، وزن کاه (گرم در واحد پنج بوته)، وزن سنبله‌های بوته، تعداد دانه در سنبلچه، وزن دانه در سنبلچه، وزن سنبله بارور و غیر بارور، وزن دانه در سنبله، وزن سنبله‌های بوته، تراکم سنبله، شاخص برداشت سنبله، سرعت رشد رویشی و سرعت پرشدن دانه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و تعداد ریشه اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، ابتدا دو رقم حساس و دو رقم متحمل به تنش رطوبتی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش، از بین ۳۰ ژنوتیپ مطالعه شده در شرایط گلخانه و مزرعه، انتخاب و نمونه‌برداری از این چهار رقم انجام شد و سپس نمونه‌ها با انجماد سریع در ازت مایع، بلافاصله به فریزر -۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و تا زمان استفاده و اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک در آن نگهداری شدند. غلظت پروتئین با روش برادفورد^۱ (۱۹۷۶)، فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) با روش کار^۲ و میشر^۳ (۱۹۷۶)، غلظت مالون‌دی‌آلدهید (MDA)^۴ با روش روش آکاوا و همکاران^۵ (۱۹۷۹)، غلظت کلروفیل‌های a ، b و کل و میزان کاروتنوئیدهای برگ با روش آرنون^۶ (۱۹۶۷)، فعالیت سینتیک (جنبشی) آنزیم کاتالاز (CAT)^۷ با روش چنس^۸ و مهلی^۹ (۱۹۹۵)، میزان پرولین برگ با روش باتس و همکاران^{۱۱} (۱۹۷۳) و میزان پراکسید هیدروژن^{۱۲} (H_2O_2) با روش آلکسیوا و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد.

تجزیه به عامل‌ها براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک انجام شد. تجزیه خوشه‌ای در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی به‌طور مجزا انجام شد. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس صفات مورد ارزیابی تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward و UPGMA بر مبنای ضریب توان دوم فاصله اقلیدسی استفاده شد. برای تعیین نقطه برش در دندروگرام، از تجزیه تابع تشخیص استفاده گردید. برای نشان دادن هر یک از خوشه‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی، درصد انحراف میانگین هر یک از خوشه‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی، درصد انحراف میانگین هر یک از خوشه‌ها از میانگین کل محاسبه شد. کلیه تجزیه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۳) و SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهشی

۴.۱. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول (۳) درج شده است. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ کلیه صفات در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند که نشان دهنده تنوع ژنتیکی بالا برای این صفات در بین ژنوتیپ‌ها بوده

1. Bradford
2. Peroxidase
3. Kar
4. Mishra
5. Malondialdehyde
6. Ohkawa
7. Arnon
8. Catalase
9. Chance
10. Maehly
11. Bates
12. Hydrogen peroxide
13. Alexieva

و می‌توان از این تنوع در برنامه‌گزینش برای مقاومت به تنش خشکی بهره‌برداری کرد (جدول ۳). اثر تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی بر صفات وزن دانه و وزن هزاردانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ × تنش برای کلیه صفات غیرمعنی‌دار بود که بیانگر عدم تأثیر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مختلف تحت تأثیر ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش در ژنوتیپ‌های موردآزمایی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			وزن دانه
		تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در سنبله	وزن هزاردانه	
تنش	۱	۶/۱ _{ns}	۲/۷ _{ns}	۱۶۲۴/۷ ^{**}	۱۴۳۴/۱۱ ^{**}
خطای اصلی	۴	۳۸/۲ _{ns}	۰/۷ _{ns}	۱۲۹/۹ ^{**}	۰/۵۸ _{ns}
ژنوتیپ	۲۹	۱۶۹/۷ ^{**}	۹/۶ ^{**}	۸۴/۴ ^{**}	۱/۳۰ ^{**}
ژنوتیپ × تنش	۲۹	۲۰/۹ _{ns}	۲/۶ _{ns}	۴۰/۰ _{ns}	۰/۴۶ _{ns}
خطای فرعی	۱۱۶	۳۴/۱	۳/۶	۳۰/۷	۰/۳۶
ضریب تغییرات (درصد)		۲۵/۶	۱۳/۲	۱۹/۰	۱۲/۸

ns و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات مربوط به سطوح تنش و ژنوتیپ‌ها در جدول‌های (۴) و (۵) درج شده است. ژنوتیپ‌های اروم، c-94-3 و cd-3 به ترتیب با میانگین ۵/۸، ۵/۵ و ۵/۵ گرم در واحد پنج بوته، بالاترین وزن دانه و ژنوتیپ‌های c-94-9، c-93-11 و cd-10 به ترتیب با میانگین ۴/۲، ۳/۸ و ۴/۰ گرم در واحد پنج بوته کم‌ترین وزن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). تنش خشکی در زمان شروع گلدهی روی اجزای عملکرد، به‌ویژه وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در بوته تأثیر منفی داشته و باعث کاهش آن‌ها می‌شود.

با مراجعه به جدول (۵) مشاهده گردید که بیش‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ‌های cd-10 (۳۶/۳ گرم) و cd-8 (۳۵/۵ گرم) و کم‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ MV 17 (۲۱/۹ گرم) بود. از سوی دیگر، وزن هزاردانه در شرایط نرمال (۳۲/۱ گرم) بیش‌تر از مقدار آن در شرایط تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی (۲۶/۱ گرم) بود (جدول ۴). اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف از لحاظ وزن هزاردانه می‌تواند تأییدی بر کنترل وزن هزاردانه به صورت ژنتیکی باشد. ژنوتیپ‌های میهن و اروم با میانگین ۳۱/۳ و ۳۱ دانه در سنبله بیش‌ترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). این ژنوتیپ‌ها از لحاظ وزن کاه، وزن دانه، طول ریشک نیز برتر بودند. ژنوتیپ‌های c-93-11، cd-10 و cd-11 با میانگین ۱۳/۵، ۱۴ و ۱۴/۵ دانه در سنبله پایین‌ترین مقدار را برای این صفت دارا بود (جدول ۵). یافته‌های جدول (۴) نشان داد که بین شرایط نرمال و شرایط تنش خشکی از لحاظ تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. چنین به نظر می‌رسد که پتانسیل تشکیل دانه در سنبله از مراحل قبل از گلدهی (دابل‌ریج) شکل می‌گیرد. با این وجود آبیاری در مراحل پس از ساقه‌دهی از طریق تأثیر در لقاح می‌تواند تعداد دانه در سنبله را افزایش دهد. ژنوتیپ‌های MV 17 و c-93-10 به ترتیب با میانگین ۱۷/۸ و ۱۶/۵ سنبله در سنبله بیش‌ترین و ژنوتیپ cd-11 با میانگین ۱۱/۷ سنبله در سنبله کم‌ترین تعداد سنبله را داشت (جدول ۵). برخی خصوصیات سنبله مانند تعداد سنبله در سنبله، رابطه مستقیم با تعداد دانه در سنبله دارد. محدودیت آب در زمان گرده‌افشانی ممکن است با کاهش تعداد سنبله یا کاهش باروری سنبله‌ها وزن دانه گندم را کاهش دهد. هرچند که تعداد سنبله در افزایش وزن دانه نقش دارد، اما همه گلچه‌ها بارور نیستند و تعداد گلچه‌های بارور سنبله رابطه مستقیم و معنی‌داری با عوامل اکولوژیک و ژنوتیپ دارد.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مربوط به سطوح مختلف تنش خشکی در گلخانه

شرایط آبیاری (تنش)		صفات
تنش گلدهی	نرمال	
۱۴/۵ a	۱۴/۲ a	تعداد سنبلچه در سنبله
۲۲/۶ a	۲۳/۰ a	تعداد دانه در سنبله
۲۶/۱ b	۳۲/۱ a	وزن هزاردانه (گرم)
۱/۹ b	۷/۵ a	وزن دانه (گرم در واحد ۵ بوته)

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مربوط به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم

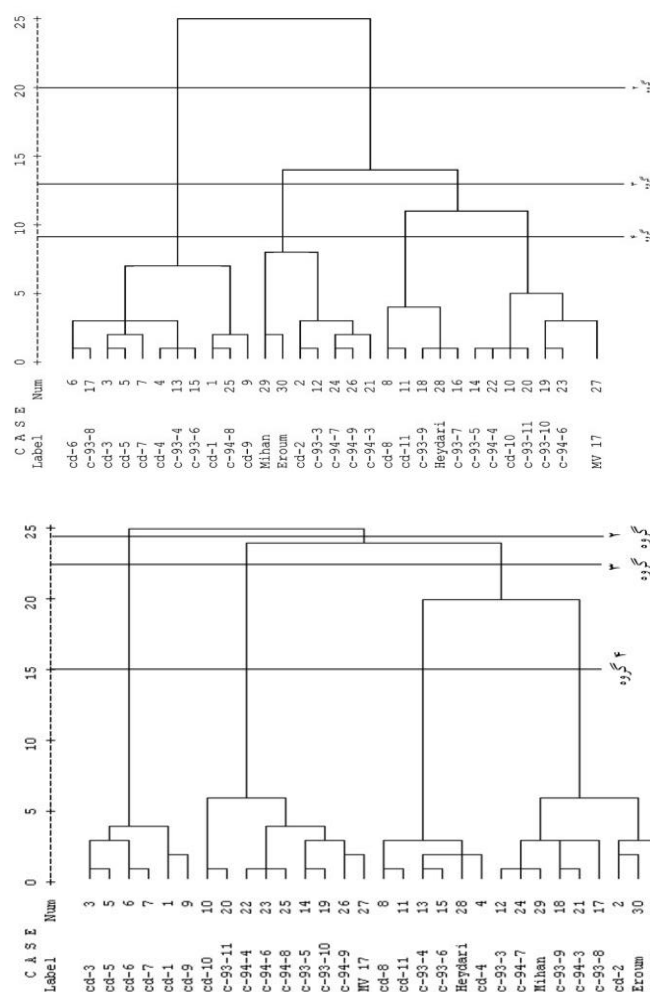
ژنوتیپ		صفات		
ژنوتیپ	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (گرم)	وزن دانه (گرم در واحد پنج بوته)
cd-1	۱۵/۰ b-d	۳۰/۲ a-c	۲۶/۲ d-g	۴/۹ b-f
cd-2	۱۵/۳ b-c	۲۹/۳ a-d	۲۶/۵ d-g	۵/۰ a-f
cd-3	۱۳/۸ b-f	۲۸/۸ a-d	۲۹/۸ a-f	۵/۵ a-c
cd-4	۱۳/۸ b-f	۱۹/۸ e-k	۲۵/۰ abc	۵/۱ a-e
cd-5	۱۳/۷ c-f	۲۶/۰ a-g	۳۲/۶ a-e	۵/۲ a-d
cd-6	۱۴/۳ b-e	۲۵/۰ a-g	۲۵/۶ e-g	۵/۱ a-f
cd-7	۱۳/۸ b-f	۲۱/۵ d-k	۳۲/۳ a-e	۴/۷ c-g
cd-8	۱۲/۳ d-f	۱۵/۲ i-k	۳۵/۵ a-b	۴/۳ e-h
cd-9	۱۴/۷ b-e	۲۶/۵ a-g	۳۱/۷ a-e	۵/۱ a-e
cd-10	۱۵/۲ b-c	۱۴/۰ k	۳۶/۳ a	۴/۰ g-h
cd-11	۱۱/۷ f	۱۴/۵ j-k	۳۳/۹ a-d	۴/۳ e-h
c-93-3	۱۵/۳ b-c	۲۶/۸ a-f	۲۹/۶ a-g	۴/۶ d-h
c-93-4	۱۳/۷ c-f	۲۰/۳ e-k	۳۲/۰ a-e	۴/۷ c-g
c-93-5	۱۵/۲ b-c	۱۸/۳ g-k	۳۰/۹ a-f	۴/۴ d-h
c-93-6	۱۴/۰ b-f	۱۸/۸ e-k	۲۹/۵ a-g	۴/۵ d-h
c-93-7	۱۲/۸ c-f	۲۴/۷ a-g	۲۳/۷ f-g	۴/۶ d-h
c-93-8	۱۵/۲ b-c	۲۹/۳ a-d	۲۵/۸ e-g	۵/۲ a-d
c-93-9	۱۳/۵ c-f	۱۹/۲ e-k	۲۷/۰ d-g	۴/۴ d-h
c-93-10	۱۶/۵ a-b	۲۰/۷ e-k	۲۷/۹ b-g	۴/۳ f-h
c-93-11	۱۴/۲ b-f	۱۳/۵ k	۳۲/۸ a-e	۲/۸ h
c-94-3	۱۴/۵ b-e	۲۷/۰ a-e	۲۷/۹ b-g	۵/۵ a-b
c-94-4	۱۲/۲ e-f	۱۵/۷ h-k	۳۰/۶ a-f	۴/۶ d-h
c-94-6	۱۴/۷ b-e	۱۸/۷ f-k	۲۷/۰ d-g	۴/۵ d-h
c-94-7	۱۵/۲ b-c	۲۴/۳ a-g	۲۹/۶ a-g	۴/۵ d-h
c-94-8	۱۴/۳ b-e	۲۳/۵ a-h	۲۷/۹ b-g	۴/۴ d-h
c-94-9	۱۴/۵ b-e	۲۵/۲ a-g	۲۳/۲ f-g	۴/۲ f-h
MV 17	۱۷/۸ a	۲۲/۲ c-j	۲۱/۹ g	۴/۳ f-h
حیدری	۱۳/۲ c-f	۲۳/۲ b-i	۲۹/۱ a-g	۴/۶ d-h
میهن	۱۵/۳ b-c	۳۱/۳ a	۲۳/۷ f-g	۵/۰ a-f
اروم	۱۵/۳ b-c	۳۱/۰ a-b	۲۷/۲ c-g	۵/۸ a

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

۲.۴. تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط نرمال در گلخانه

تجزیه خوشه‌ای ۳۰ ژنوتیپ در محیط عادی براساس صفات مورد ارزیابی با روش WARD انجام شد (شکل ۱). بر مبنای تجزیه تابع تشخیص، بیش‌ترین تمایز بین گروهی در حالت چهارخوشه‌ای به‌دست آمد و حداکثر اختلاف بین گروه‌های به‌وجودآمده از لحاظ تابع اول دیده شد (جدول ۶). برش دندوگرام حاصل از فاصله ۹ واحد مربع اقلیدسی منجر به تشکیل چهار گروه گردید. خوشه‌ای که در مورد صفتی میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل داشته باشد، برای انتخاب

ژنوتیپ‌های برتر مناسب خواهد بود (جدول ۷). گروه اول شامل ۱۱ ژنوتیپ (cd-6، cd-93-8، cd-3، cd-5، cd-7، cd-4، cd-93-4، cd-93-6، cd-1، cd-9، و cd-94-8) بود. درصد انحراف از میانگین کل این گروه برای تمام صفات مورد بررسی از ارزش بالاتر نسبت به میانگین کل برخوردار بود. بنابراین، از ژنوتیپ‌های موجود در این گروه می‌توان برای بهبود وزن دانه و سایر صفات زراعی استفاده نمود. در گروه دوم هفت ژنوتیپ (MV 17، cd-93-5، cd-94-4، cd-10، cd-93-11، c-93-10 و c-94-6) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و وزن کاه ارزش بیشتری از میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. گروه سوم شامل هفت ژنوتیپ (میهن، اروم، cd-2، cd-93-3، c-94-7، c-94-9 و c-94-3) بود. این خوشه در مورد صفات طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، طول دوره پرشدن دانه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، مساحت برگ پرچم، شاخص برداشت بیش‌ترین درصد انحراف از میانگین کل مثبت را داشت. بنابراین برای افزایش شاخص برداشت، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله می‌توان از ژنوتیپ‌های برتر این خوشه در دورگ‌گیری‌ها استفاده کرد. در گروه چهارم، پنج ژنوتیپ (cd-8، cd-11، cd-93-9، حیدری و c-93-7) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه فقط از نظر سرعت پرشدن دانه ارزشی بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها را داشت.



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس کلیه صفات در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان به روش WARD تحت شرایط نرمال (شکل بالا) و تنش کمبود آب (شکل پایین) در گلخانه

سطح تنش	تعداد گروه	آماره ویلکس لامبدا	درصد واریانس تراکمی	مقادیر ویژه	سطح احتمال
		۰/۰۰۴	۷۳/۷	۱۷/۰۳۱	۰/۰۰۰۰
نرمال	۴	۰/۰۷۲	۹۳/۵	۴/۵۹۲	۰/۰۰۰۰
		۰/۴۰۰	۱۰۰	۱/۵۰۰	۰/۰۰۰۰
		۰/۰۴۱	۵۱/۸	۳/۱۲۸	۰/۰۰۰۰
تنش	۴	۰/۱۶۸	۸۰/۵	۱/۷۳۱	۰/۰۰۰۰
		۰/۴۶۰	۱۰۰	۱/۱۷۶	۰/۰۰۰۰

وزن بیولوژیک (گرم در واحد پیچ پوتنه)	طول پدناکل (سانتی متر)	طول ریشک (سانتی متر)	طول سنبله (سانتی متر)	تعداد سنبلهچه در سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	سرعت رشد رویشی (گرم در روز)	سرعت پرشدن دانه (گرم در روز)
۲۰/۰۳۹	۷/۶۶۴	۵/۴۲۱	۷/۴۹۱	۱۴/۰۳۰	۲۵/۰۹۱	۳۳/۸۹۳	۰/۰۲۱	۰/۰۸۰
۴/۹۶۰	۱۹/۸۲۵	۷/۹۰۲	۵/۹۱۰	-۱/۵۰۲	۹/۰۹۱	۵/۶۱۵	۵	۲/۵۶۴
۶/۲۰۷	۶/۲۷۲	۵/۵۸۹	۷/۷۵۰	۱۴/۸۳۳	۲۶/۳۸۹	۲۳/۶۳۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۶
۱۰/۷۳۱	۴/۵۶۸	۱۲/۵۴۵	۸/۱۰۴	۲/۲۷۴	۱۶/۵۹۵	۹/۳۹۰	۱۴/۲۸۶	۶/۶۶۷
۱۹/۲۱۱	۴/۲۷۶	۳/۲۷۶	۶/۷۸۶	۱۴/۸۱۰	۱۷/۱۴۳	۳۱/۹۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۷۳
۰/۶۲۳	-۳۳/۱۴۶	-۳۴/۷۹۳	-۴/۰۵۸	۳/۹۷۴	-۲۵/۴۶۵	-۰/۵۷۳	-۱۰	-۶/۴۱۰
۶/۰۲۳	۶/۱۲۲	۵/۷۱۹	۷/۴۰۰	۱۴/۷۷۸	۲۷/۳۷۰	۲۴/۱۹۴	۰/۰۰۸	۰/۰۱۶
۷/۴۳۸	۲/۰۶۷	۱۵/۱۶۳	۳/۲۲۲	۱/۹۹۵	۲۰/۹۳۰	-۷/۲۳۹	۱۴/۲۸۶	۶/۶۶۷
۱۸/۸۳۴	۶/۷۱۴	۶/۱۰۵	۷/۱۱۹	۱۴/۹۵۲	۲۸/۰۴۸	۳۰/۲۴۸	۰/۰۲۰	۰/۰۷۸
-۱/۳۵۱	۴/۹۷۲	۲۱/۵۱۷	۰/۶۵۰	۴/۹۷۱	۲۱/۹۴۸	-۵/۷۴۳	۰	۰
۵/۴۰۶	۵/۴۸۵	۳/۵۳۰	۷/۱۷۰	۱۵/۰۷۴	۱۸/۶۶۷	۲۶/۶۹۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳
-۳/۵۶۸	-۸/۵۵۳	-۲۸/۹۱۷	۰/۰۱۴	۴/۰۳۸	-۱۷/۵۲۳	۲/۲۵۰	۰	-۱۳/۳۳۳
۱۷/۲۰۵	۶/۱۲۷	۵/۰۸۷	۶/۴۹۳	۱۲/۹۳۳	۱۹/۵۳۳	۳۰/۹۶۷	۰/۰۱۹	۰/۰۸۰
-۹/۸۸۴	-۴/۲۰۷	۱/۲۵۴	-۸/۲۰۰	-۹/۲۰۴	-۰/۱۵۱	-۰/۰۳۵	-۵	۲/۵۶۴
۴/۶۷۹	۶/۳۰۶	۵/۳۶۷	۶/۲۳۹	۱۲/۸۳۳	۱۷/۷۲۲	۳۰/۴۴۶	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳
-۱۶/۵۳۶	۵/۱۳۵	۸/۰۷۵	-۱۲/۹۷۳	-۱۱/۴۲۹	-۲۱/۶۹۸	۱۶/۷۳۲	-۱۴/۲۸۶	-۱۳/۳۳۳
۱۹/۰۹۲	۶/۳۹۶	۵/۰۳۴	۷/۰۷۳	۱۴/۲۴۴	۲۳	۳۲/۰۹۱	۰/۰۲۰	۰/۰۷۸
۵/۶۰۶	۵/۹۹۸	۴/۹۶۶	۷/۱۶۹	۱۴/۴۸۹	۲۲/۶۳۳	۲۶/۰۸۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۵

ادامه جدول ۷. میانگین گروه‌ها و درصد انحراف آن‌ها از میانگین کل در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان براساس کلیه صفات تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه

شخص برداشت (درصد)	وزن کاه (گرم در واحد پنج پونته)	وزن دانته (گرم در واحد پنج پونته)	مساحت برگ پرچم (سانتی مترمربع)	ارتفاع پونته (سانتی متر)	حجم ریشه (میلی لیتر)	وزن خشک ریشه (گرم)	طول دوره پرشدن دانته	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	سطح تنش	ژنوتیپ ها و گروه ها
۴۰/۰۲۲	۱۲/۱۰۸	۷/۹۳۱	۹/۳۰۵	۵۸/۳۶۴	۵/۷۸۰	۳/۳۱۳	۳۴/۰۳۰	۱۲۸/۸۸	میانگین	گروه یک شامل ژنوتیپ های cd-6، cd-93-8، cd-3، cd-5، cd-7، cd-4، cd-93-4، cd-93-6، cd-1 و cd-94-8 و cd-9
-۰/۴۴۵	۴/۷۱۳	۵/۳۳۹	-۱/۸۵۶	۱۳/۳۷۷	-۷/۱۹۳	-۲/۵۸۷	۰/۳۵۱	-۱/۷۴۶	درصد انحراف از میانگین کل	
۳۱/۹۱۷	۴/۲۵۷	۱/۹۵۰	۹/۵۹۸	۶۱/۲۷۸	۹/۵۰۰	۶/۴۳۰	۳۱/۱۶۷	۱۳۰/۳۳	میانگین	گروه یک شامل ژنوتیپ های cd-3، cd-5، cd-6، cd-7، cd-1 و cd-9
-۵/۸۰۵	۱۴/۳۷۴	۳/۵۰۳	۸/۸۹۵	۱۸/۶۰۲	۶/۲۷۶	۱/۹۵۰	-۱/۳۳۶	-۰/۴۰۵	درصد انحراف از میانگین کل	
۳۶/۹۱۷	۱۲/۲۲۲	۶/۹۸۸	۷/۹۸۱	۴۷/۸۵۷	۶/۳۱۰	۳/۳۸۸	۳۴/۱۹۱	۱۳۵/۱۰	میانگین	گروه دو شامل ژنوتیپ های cd-5، cd-93-5، cd-94-4، cd-10، cd-93-11، cd-93-10، cd-94-6 و MV 17
-۸/۱۶۹	۵/۶۹۹	-۷/۱۸۶	-۱۵/۸۲۱	-۷/۰۳۴	۱/۳۱۷	-۰/۳۸۲	۰/۸۲۶	۲/۹۹۶	درصد انحراف از میانگین کل	
۳۶/۶۸۸	۳/۸۴۱	۲/۱۸۲	۱۱/۰۹۶	۴۸/۵۹۳	۸/۵۳۷	۶/۲۱۸	۳۱/۸۸۹	۱۳۰/۵۶	میانگین	گروه دو شامل ژنوتیپ های cd-3، cd-93-3، cd-94-7، cd-93-9، cd-93-8، cd-94-3، cd-93-7، اروم، cd-93-8 و cd-2
۸/۲۷۵	۳/۱۹۷	۱۵/۸۱۷	۲۵/۸۹۱	-۵/۹۵۰	-۴/۴۹۷	-۱/۴۱۱	۰/۹۵۰	-۰/۲۲۹	درصد انحراف از میانگین کل	
۴۲/۷۵۸	۱۱/۰۶۸	۷/۷۶۶	۱۳/۵۵۳	۴۷	۷/۷۷۴	۳/۷۲۹	۳۵/۱۴۳	۱۳۱/۷۶	میانگین	گروه سه شامل ژنوتیپ های میهن، اروم، cd-2، cd-93-3، cd-94-7، cd-94-9 و cd-94-3
۶/۳۶۱	-۴/۲۸۱	۳/۱۴۸	۴۲/۹۴۹	-۸/۶۹۹	۲۴/۸۲۳	۹/۶۴۴	۳/۶۳	۰/۴۵۰	درصد انحراف از میانگین کل	
۲۸/۸۹۵	۳/۸۳۵	۱/۵۷۱	۸/۱۳۹	۴۹	۸/۹۶۳	۶/۳۱۲	۳۰/۴۴۴	۱۳۴/۳۳	میانگین	گروه سه شامل ژنوتیپ های cd-10، cd-93-11، MV 17، cd-94-4، cd-94-6، cd-94-8، cd-93-5، cd-93-10، cd-93-9 و cd-94-9
-۱۴/۷۲۴	۳/۰۳۶	-۱۶/۶۱۴	-۷/۶۵۸	-۵/۱۶۲	۰/۲۶۸	۰/۰۷۹	-۳/۶۲۵	۲/۶۵۲	درصد انحراف از میانگین کل	
۴۱/۶۰۹	۱۰/۱۳۴	۷/۰۷۲	۶/۲۶۸	۴۷/۶۶۷	۴/۹۳۳	۳/۱۵۱	۳۱/۵۳۳	۱۲۹/۸۷	میانگین	گروه چهار شامل ژنوتیپ های cd-8، cd-11، cd-93-9، cd-93-7 و حیدری
۳/۵۰۲	-۱۲/۳۵۸	-۶/۰۷۰	-۳۳/۸۸۹	-۷/۴۰۳	-۲۰/۷۹۳	-۷/۳۵۱	-۷/۰۱۲	-۰/۹۹۱	درصد انحراف از میانگین کل	
۳۹/۱۲۶	۲/۸۳۹	۱/۸۴۱	۵/۶۱۸	۵۰/۶۶۷	۸/۹۴۴	۶/۳۰۸	۳۳/۲۷۸	۱۲۶/۶۱	میانگین	گروه چهار شامل ژنوتیپ های cd-8، cd-11، cd-4، cd-93-4، cd-93-6 و حیدری
۱۵/۴۷۰	-۲۳/۷۲۴	-۲/۲۸۲	-۳۶/۲۶۰	-۱/۹۳۵	۰/۰۵۶	۰/۰۱۶	۵/۳۴۷	-۳/۲۴۸	درصد انحراف از میانگین کل	
۴۰/۲۰۱	۱۱/۵۶۳	۷/۵۲۹	۹/۴۸۱	۵۱/۴۷۸	۶/۲۲۸	۳/۴۰۱	۳۳/۹۱۱	۱۳۱/۱۷	میانگین کل نرمال	
۳۳/۸۸۴	۳/۷۲۲	۱/۸۸۴	۸/۸۱۴	۵۱/۶۶۷	۸/۹۳۹	۶/۳۰۷	۳۱/۵۸۹	۱۳۰/۸۶	میانگین کل تنش	

۳.۴. تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط تنش خشکی در گلخانه

شکل (۱) دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را در شرایط تنش کم‌آبی نشان می‌دهد. بر مبنای تجزیه تابع تشخیص، بیش‌ترین تمایز بین گروهی در حالت چهار خوشه‌ای به‌دست آمد (برش از نقطه ۱۵ واحد) و حداکثر اختلاف بین گروه‌های به‌وجودآمده از لحاظ تابع اول دیده شد (جدول ۶). برش دندروگرام از فاصله ۱۵ واحد مربع اقلیدسی منجر به تشکیل چهار گروه گردید.

خوشه اول شامل شش ژنوتیپ cd-3، cd-5، cd-6، cd-7، cd-1 و cd-9 بود (جدول ۷). درصد انحراف از میانگین کل این خوشه برای صفات وزن بیولوژیک، طول سنبله، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، ارتفاع بوته، سرعت پرشدن دانه، سرعت رشد رویشی و وزن کاه مثبت و برای صفت وزن هزاردانه منفی و بیشترین بود. از ژنوتیپ‌های موجود در این

گروه می‌توان برای بهبود وزن بیولوژیک بوته استفاده نمود. در خوشه دوم نه ژنوتیپ (c-93-3، c-94-7، c-94-9، c-93-9، c-94-3، c-93-8، cd-2، اروم و c-93-7) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه از نظر طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، مساحت برگ پرچم، وزن دانه، سرعت پرشدن دانه، سرعت رشد رویشی ارزشی بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها را داشتند. ژنوتیپ‌های موجود در این گروه دارای بیش‌ترین وزن دانه (۲/۱۸۲ گرم در واحد پنج بوته) نسبت به سایر گروه‌ها می‌باشند. خوشه سوم شامل نه ژنوتیپ (cd-10، c-93-11، MV 17، c-94-4، c-94-6، c-94-8، c-93-5، c-93-10 و c-94-9) بود. این خوشه فقط در مورد صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بیش‌ترین درصد انحراف از میانگین کل مثبت را داشت. در خوشه چهارم شش ژنوتیپ (cd-8، cd-11، cd-4، حیدری، c-93-4 و c-93-6) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه از نظر طول پدانکل، وزن هزاردانه، طول دوره پرشدن دانه و شاخص برداشت ارزشی بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها را داشتند.

۴.۴. تجزیه به عامل‌ها تحت شرایط نرمال در گلخانه

در تجزیه به عامل‌ها مقدار آماره KMO برابر ۰/۵۸ و آزمون اسفیریستی بارتلت معنی‌دار شد که بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای تجزیه به عامل‌ها بود. با در نظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، در این پژوهش هفت عامل شناسایی شدند که ۸۳/۸۲ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند. ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ صرف نظر از علامت مربوطه به‌عنوان ضرایب معنی‌دار در نظر گرفته شدند (جدول ۸).

جدول ۸. ضرایب عاملی، واریانس نسبی و تجمعی، مقادیر ویژه و میزان اشتراک عامل‌ها در صفات مورد ارزیابی در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط نرمال در گلخانه

صفات	ضرایب عاملی				صفات	ضرایب عاملی				میزان اشتراک
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم		عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	
وزن بیولوژیک	۰/۳۶	۰/۴۶	-۰/۵۲	۰/۰۴	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/۹۵	۰/۰۴	-۰/۵۲	۰/۰۴	۰/۹۵
وزن خشک تک بوته (گرم)	۰/۸۸	۰/۰۸	-۰/۰۲	۰/۰۷	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/۹۶	۰/۰۷	-۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۹۶
طول پدانکل (سانتی‌متر)	۰/۵۲	۰/۰۹	-۰/۴۴	-۰/۲۱	مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)	۰/۷۲	-۰/۲۱	-۰/۴۴	-۰/۲۱	۰/۷۲
طول ریشک (سانتی‌متر)	۰/۶۰	-۰/۲۰	۰/۰۷	-۰/۱۳	وزن دانه (گرم در واحد ۵ بوته)	۰/۹۱	-۰/۱۳	۰/۰۷	-۰/۱۳	۰/۹۱
طول ساقه (سانتی‌متر)	۰/۵۳	-۰/۴۴	-۰/۱۷	-۰/۲۶	شاخص برداشت سنبله (درصد)	۰/۹۰	-۰/۲۶	-۰/۱۷	-۰/۲۶	۰/۹۰
وزن ساقه (گرم)	۰/۶۰	۰/۲۳	۰/۱۸	-۰/۵۸	تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر)	۰/۹۵	-۰/۵۸	۰/۱۸	-۰/۵۸	۰/۹۵
طول سنبله (سانتی‌متر)	۰/۳۸	۰/۲۷	-۰/۳۲	-۰/۴۵	شاخص برداشت (درصد)	۰/۷۷	-۰/۴۵	-۰/۳۲	-۰/۴۵	۰/۷۷
وزن سنبله بارور (گرم)	۰/۸۳	۰/۲۱	۰/۰۹	-۰/۱۳	سرعت پرشدن دانه (گرم در روز)	۰/۹۶	-۰/۱۳	۰/۰۹	-۰/۱۳	۰/۹۶
تعداد سنبله در سنبله	-۰/۱۷	۰/۷۹	-۰/۰۷	-۰/۱۸	وزن کاه سنبله (گرم)	۰/۹۲	-۰/۱۸	-۰/۰۷	-۰/۱۸	۰/۹۲
وزن دانه تک بوته (گرم)	۰/۸۶	۰/۰۹	-۰/۱۱	۰/۳۶	سرعت رشد رویشی (گرم در روز)	۰/۹۷	۰/۳۶	-۰/۱۱	۰/۳۶	۰/۹۷
تعداد دانه در سنبله	۰/۶۸	۰/۳۸	-۰/۰۳	۰/۲۶	شاخص باروری	۰/۹۵	۰/۲۶	-۰/۰۳	۰/۲۶	۰/۹۵
وزن هزاردانه (گرم)	۰/۲۲	-۰/۴۳	-۰/۱۱	۰/۰۸	وزن کاه (گرم در واحد پنج بوته)	۰/۸۸	۰/۰۸	-۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۸۸
تعداد روز تا رسیدگی	-۰/۴۳	۰/۵۹	۰/۱۹	۰/۳۷	تراکم سنبله	۰/۹۷	۰/۳۷	۰/۱۹	۰/۳۷	۰/۹۷
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	-۰/۳۹	-۰/۴۷	۰/۵۸	۰/۱۰	وزن دانه در سنبله (گرم)	۰/۹۴	۰/۱۰	۰/۵۸	۰/۱۰	۰/۹۴
طول دوره پرشدن دانه	-۰/۱۴	۰/۲۸	-۰/۵۴	۰/۴۸	تعداد دانه در سنبله	۰/۹۵	۰/۴۸	-۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۹۵
تعداد روز تا سنبله‌دهی	-۰/۲۸	۰/۶۷	۰/۳۷	۰/۲۵	وزن سنبله بارور (گرم)	۰/۹۲	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۹۲
تعداد ریشه	۰/۵۷	-۰/۱۰	۰/۳۹	-۰/۳۷	مقدار ویژه	۰/۷۹	-۰/۳۷	۰/۳۹	-۰/۳۷	۰/۷۹
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۷۸	۰/۱۵	واریانس نسبی	۰/۸۷	۰/۱۵	۰/۷۸	۰/۱۵	۰/۸۷
حجم ریشه (میلی‌لیتر)	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۷۵	۰/۱۴	واریانس نسبی تجمعی	۰/۸۶	۰/۱۴	۰/۷۵	۰/۱۴	۰/۸۶
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۰/۶۰	-۰/۲۱	-۰/۳۴	-۰/۳۰		۰/۸۲	-۰/۳۰	-۰/۳۴	-۰/۳۰	۰/۸۲

مقدار ویژه عامل پنجم تا هفتم: ۶/۳۶ واریانس نسبی عامل پنجم تا هفتم: ۱۷/۶۶ واریانس نسبی تجمعی عامل پنجم تا هفتم: ۸۳/۸۲

در عامل اول که بیش‌ترین حجم از تغییرات داده‌ها را در برمی‌گیرد (۲۷/۷۴ درصد) صفات وزن خشک بوته، طول پدانکل، طول ریشک، طول ساقه، وزن ساقه، وزن سنبله بارور، وزن دانه بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد ریشه، ارتفاع بوته، وزن دانه، شاخص برداشت سنبله، سرعت پرشدن دانه، سرعت رشد رویشی، وزن دانه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبلچه و وزن سنبلچه بارور دارای ضرایب مثبت و بزرگ و صفت شاخص باروری دارای ضریب منفی و بزرگ بودند. بنابراین این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل مؤثر بر وزن دانه و صفاتی که بالاترین همبستگی را با وزن دانه داشتند، معرفی کرد. عامل دوم ۱۵/۹۱ درصد از تغییرات را توجیه کرد. تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا سنبله‌دهی، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، تراکم ساقه در جهت مثبت بر روی این عامل اثرگذار بودند. بنابراین این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل فنولوژیکی، برگی و ساقه‌ای مؤثر بر وزن دانه معرفی کرد. در عامل سوم که ۱۳/۸۵ درصد از تغییرات را تبیین کرد، وزن بیولوژیک و طول دوره پرشدن دانه در جهت منفی و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، وزن دانه در سنبلچه و وزن سنبلچه بارور در جهت مثبت بر روی این عامل اثرگذار بودند. بنابراین این عامل به‌عنوان عامل مؤثر بر ریشه و وزن دانه در برابر وزن بیولوژیک و طول دوره پرشدن دانه نام‌گذاری شد. عامل چهارم با توجیه ۸/۶۵ درصد از تغییرات، دارای ضریب مثبت برای شاخص برداشت سنبله و ضریب منفی برای وزن ساقه بود. بنابراین، می‌توان آن را عامل مؤثر بر وزن ساقه معرفی کرد.

۴.۵. تجزیه به عامل‌ها تحت شرایط تنش خشکی در گلخانه

میزان KMO به‌دست‌آمده (۰/۷۲) و نیز معنی‌داربودن آزمون کرویت بارتلت بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای انجام تجزیه به عامل‌ها بود. تجزیه به عامل‌ها براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک انجام شد. در هر عامل صفاتی که ضرایب آن‌ها بزرگ‌تر از ۰/۵ بود، به‌عنوان صفات توجیه‌کننده آن عامل در نظر گرفته شد. براساس نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها (جدول ۹)، ۳۶ متغیر در شش عامل تعریف شدند که در مجموع ۸۱/۵۱ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول با ۳۲/۱۲ درصد از بیش‌ترین واریانس برخوردار بود. در عامل اول وزن بیولوژیک، وزن خشک بوته، وزن ساقه، طول سنبله، وزن سنبله بارور، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن دانه بوته، تعداد دانه در سنبله، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، وزن دانه، شاخص برداشت سنبله، تراکم ساقه، سرعت پرشدن دانه، وزن کاه سنبله، سرعت رشد رویشی، وزن کاه و تعداد دانه در سنبلچه با ضرایب عاملی مثبت اهمیت بیش‌تری داشتند. صفات وزن هزاردانه و شاخص باروری با ضرایب عاملی منفی در عامل اول تأثیر داشتند. بنابراین عامل مذکور را می‌توان عامل مؤثر بر تولید و وزن دانه نامید. قرارگرفتن متغیرها با ضریب مثبت در یک عامل، تأییدی بر رابطه مثبت این صفات با وزن دانه داشت.

عامل دوم ۲۱/۶۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد. طول ریشک، طول دوره پرشدن دانه، وزن دانه، شاخص برداشت، وزن دانه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبلچه و وزن سنبلچه بارور با ضریب مثبت در این عامل اهمیت زیاد داشتند. صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، عرض برگ پرچم و تراکم ساقه با ضریب منفی در این عامل ظاهر شدند. عامل سوم ۸/۶۰ درصد از کل تغییرات را تبیین نمود. در این عامل ارتفاع بوته تنها صفاتی بود که ضریب منفی بالایی داشت، بنابراین این عامل کاهنده ارتفاع گیاه نام‌گذاری شد. عامل چهارم با توجیه ۷/۳۶ درصد از تغییرات، دارای ضرایب مثبت و بزرگ برای تعداد ریشه، وزن خشک ریشه و حجم ریشه بود. بنابراین می‌توان آن را عامل مؤثر بر ریشه معرفی کرد. انتخاب براساس این عامل موجب افزایش تعداد، حجم و وزن خشک ریشه می‌شود.

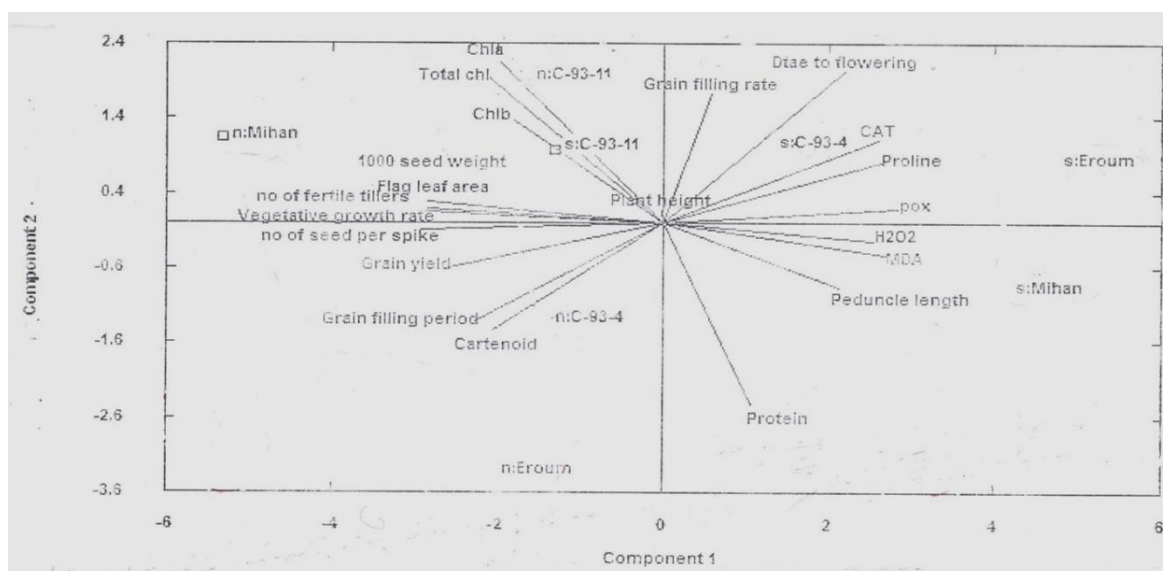
جدول ۹. ضرایب عاملی، واریانس نسبی و تجمعی، مقادیر ویژه و میزان اشتراک عامل‌ها در صفات مورد ارزیابی در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط تنش خشکی در گلخانه

صفات	ضرایب عاملی				صفات	ضرایب عاملی				میزان اشتراک
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم		عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	
وزن بیولوژیک	۰/۸۱	۰/۰۳	-۰/۳۷	-۰/۲۶	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/۹۲	-۰/۲۶	-۰/۳۷	-۰/۱۷	۰/۹۱
وزن خشک تک بوته (گرم)	۰/۹۰	-۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۳	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/۹۶	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۸۹
طول پلانکل (سانتی‌متر)	۰/۱۱	۰/۲۵	-۰/۴۴	-۰/۳۷	مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)	۰/۶۶	-۰/۳۷	-۰/۴۴	-۰/۱۳	۰/۹۴
طول ریشک (سانتی‌متر)	۰/۱۲	۰/۵۹	۰/۰۱	-۰/۰۲	وزن دانه (گرم در واحد ۵ بوته)	۰/۷۲	-۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۹۱
طول ساقه (سانتی‌متر)	۰/۳۲	۰/۲۵	-۰/۴۶	۰/۲۰	شاخص برداشت سنبله (درصد)	۰/۹۰	۰/۲۰	-۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۹۶
وزن ساقه (گرم)	۰/۶۶	-۰/۴۲	-۰/۱۷	۰/۰۴	تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر)	۰/۸۴	۰/۰۴	-۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۷۵
طول سنبله (سانتی‌متر)	۰/۷۸	-۰/۱۳	-۰/۳۱	-۰/۰۷	شاخص برداشت (درصد)	۰/۷۷	-۰/۰۷	-۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۸۲
وزن سنبله بارور (گرم)	۰/۸۴	۰/۲۴	۰/۳۱	-۰/۰۳	سرعت پرشدن دانه (گرم در روز)	۰/۹۵	-۰/۰۳	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۹۷
تعداد سنبلچه در سنبله	۰/۶۳	-۰/۵۹	۰/۱۴	۰/۰۹	وزن کاه سنبله (گرم)	۰/۹۵	۰/۰۹	۰/۱۴	-۰/۰۱	۰/۸۱
وزن دانه تک بوته (گرم)	۰/۷۳	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۲۸	سرعت رشد رویشی (گرم در روز)	۰/۹۹	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۱۴	۰/۹۶
تعداد دانه در سنبله	۰/۸۷	۰/۲۸	-۰/۰۷	-۰/۰۳	شاخص باروری	۰/۹۵	-۰/۰۳	-۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۹۰
وزن هزاردانه (گرم)	-۰/۵۲	۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۳۳	وزن کاه (گرم در واحد پنج بوته)	۰/۸۴	۰/۳۳	۰/۴۵	-۰/۰۲۴	۰/۹۰
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۰۵	-۰/۷۳	۰/۴۲	-۰/۱۷	تراکم سنبله	۰/۹۱	-۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۱۵	۰/۷۳
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۱۱	-۰/۸۶	۰/۲۶	۰/۰۴	وزن دانه در سنبلچه (گرم)	۰/۹۰	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۹۸
طول دوره پرشدن دانه	-۰/۱۴	۰/۷۱	۰/۰۴	-۰/۲۲	تعداد دانه در سنبلچه	۰/۶۷	-۰/۲۲	۰/۰۴	-۰/۱۶	۰/۹۱
تعداد روز تا سنبله‌دهی	۰/۲۴	-۰/۸۹	۰/۰۵	-۰/۱۰	وزن سنبلچه بارور (گرم)	۰/۹۰	-۰/۱۰	۰/۰۵	-۰/۰۹	۰/۹۶
تعداد ریشه	-۰/۱۴	-۰/۲۴	-۰/۳۰	۰/۵۱	مقدار ویژه	۰/۶۵	۰/۵۱	-۰/۳۰	۳/۱۰	۲/۶۵
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۰۴	-۰/۱۶	-۰/۴۵	۰/۶۹	واریانس نسبی	۰/۹۴	۰/۶۹	-۰/۴۵	۸/۶۰	۷/۳۶
حجم ریشه (میلی‌لیتر)	۰/۰۴	-۰/۱۶	-۰/۴۵	۰/۶۹	واریانس نسبی تجمعی	۰/۹۴	۰/۶۹	-۰/۴۵	۶۲/۴۰	۶۹/۷۷
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۰/۲۵	۰/۲۸	-۰/۵۷	۰/۲۶		۰/۸۸	۰/۲۶	-۰/۵۷	۵۳/۸۰	۳۲/۱۲

مقدار ویژه عامل پنجم و ششم: ۴/۳۳ واریانس نسبی عامل پنجم و ششم: ۱۱/۷۵ واریانس نسبی تجمعی عامل پنجم و ششم: ۸۱/۵۱

۴.۶. تجزیه بای‌پلات براساس صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

تجزیه بای‌پلات برای بررسی همزمان صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و جایگاه ژنوتیپ‌ها در ارتباط با آن‌ها استفاده شد (شکل ۲).



شکل ۲. نمایش دو بعدی صفات و ژنوتیپ‌های مورد بررسی براساس مؤلفه اول در مقابل مؤلفه دوم به‌دست‌آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

در این تجزیه دو مؤلفه اول ۷۶/۲۴ درصد از تغییرات کل داده‌های اولیه را توجیه کردند. صفات طول پدانکل، مالون‌دی‌آلدهید، پراکسید هیدروژن، پراکسیداز، محتوای پرولین، میزان کاتالاز، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و سرعت پرشدن دانه می‌توانند به‌عنوان شاخص خوبی برای جداسازی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و نرمال به‌کار روند. همچنین آن سوی محور صفات وزن هزاردانه، مساحت برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، سرعت رشد رویشی، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه، طول دوره پرشدن دانه، کاروتنوئید، غلظت کلروفیل b ، غلظت کلروفیل a و غلظت کلروفیل کل در این جداسازی نقش دارند. با توجه به کسینوس زاویه بین صفات در نمودار بای‌پلات، صفات وزن هزاردانه، مساحت برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، سرعت رشد رویشی، تعداد دانه در سنبله ارتباط بالایی با هم دارند، همچنین بین صفات غلظت کلروفیل a ، غلظت کلروفیل b و غلظت کلروفیل کل همبستگی بالایی وجود دارد. میزان کاروتنوئید و طول دوره پرشدن دانه نیز همبستگی خوبی با هم دارند. بین صفات مالون‌دی‌آلدهید، پراکسید هیدروژن و پراکسیداز از یک طرف و صفات محتوای پرولین و کاتالاز از طرف دیگر همبستگی بالایی وجود داشت. میزان کاروتنوئید با طول دوره پرشدن دانه نیز همبستگی خوبی دارد.

۵. بحث

سعیدی^۱ و عبدلی^۲ (۲۰۱۵) با بررسی تعدادی از ارقام گندم گزارش کردند که وقتی ارقام با تنش رطوبتی بعد از مرحله گلدهی مواجه می‌شوند دمای کانوپی در آن‌ها افزایش می‌یابد. صبا و همکاران^۳ (۲۰۱۸) با ارزیابی ۳۶ لاین پیشرفته گندم در طول سه سال متوالی تحت شرایط دیم گزارش کردند که برای اصلاح وزن دانه در بوته گندم تحت شرایط دیم، گزینش برای دوره رویشی کوتاه‌تر و دوره پرشدن دانه طولانی‌تر پیشنهاد می‌شود. همچنین صبا و همکاران^۴ (۲۰۱۸) اعلام نمودند که افزایش طول دوره پرشدن دانه و کاهش صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی، ارتفاع بوته و طول سنبله سبب افزایش صفات تعداد سنبله در بوته و وزن هزاردانه و کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود.

استفاده از تجزیه کلاستر برای مشخص نمودن فاصله ژنتیکی و بهره‌گیری از مواد آزمایشی (دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌ها، به‌دست‌آوردن هتروزیس و تفکیک متجاوز و غیره) در برنامه‌های به‌نژادی به‌وسیله بسیاری از پژوهش‌گران گزارش شده است (مجیدی مهر و خوش‌چهره، ۱۳۹۶؛ موسوی و همکاران، ۱۳۹۲؛ خدادادی و همکاران^۵، ۲۰۱۱؛ توانا و صبا، ۱۳۹۵).

در تجزیه به‌عامل‌ها تحت شرایط نرمال در گلخانه، هفت عامل استخراج گردید که این عوامل در مجموع ۸۳/۸۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند که عامل اول با توجیه ۲۷/۷۴ درصد از تغییرات به‌عنوان عامل مؤثر بر وزن دانه؛ عامل دوم با توجیه ۱۵/۹۱ درصد از تغییرات به‌عنوان عامل فنولوژیکی، برگی و ساقه‌ای مؤثر بر وزن دانه؛ عامل سوم با توجیه ۱۳/۸۵ درصد از تغییرات به‌عنوان عامل مؤثر بر ریشه و وزن دانه در برابر عملکرد بیولوژیک و طول دوره پرشدن دانه و عامل چهارم با توجیه ۸/۶۵ درصد از تغییرات به‌عنوان عامل مؤثر بر وزن ساقه نام‌گذاری شدند. چنانچه گزینش ارقام براساس عامل اول انجام شود، ارقام انتخاب‌شده عملکرد دانه بالایی خواهند داشت. براساس تجزیه به‌عامل‌ها تحت شرایط تنش در گلخانه، شش عامل تعریف شد که در مجموع ۸۱/۵۱ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند که عامل اول با توجیه ۳۲/۱۲ درصد از کل تغییرات به‌عنوان عامل مؤثر بر تولید و عملکرد دانه؛ عامل دوم با توجیه ۲۱/۶۹ درصد از تغییرات به‌عنوان عامل ترکیبی؛ عامل سوم با توجیه ۸/۶۰ درصد از تغییرات به‌عنوان عامل کاهشدهنده

1. Saeidi
2. Abdoli
3. Saba
4. Saba
5. Khodadai

ارتفاع بوته و عامل چهارم با توجه ۷/۳۶ درصد از تغییرات به عنوان عامل مؤثر بر ریشه معرفی شدند. حیدری نژاد و همکاران (۱۳۹۷) با انجام تجزیه عاملی در ۱۸ ژنوتیپ گندم دوروم ۳ فاکتور به دست آوردند که فاکتور اول را عامل مؤثر بر برگ پرچم، فاکتور دوم را عامل مؤثر بر ارتفاع و فاکتور سوم را عامل زیست توده نام گذاری کردند. استنباط می شود که صفاتی با ضرایب عاملی مثبت و معنی دار در عوامل اول تا سوم به عنوان عامل مؤثر بر عملکرد دانه می توانند در گزینش اصلاحی مورد توجه قرار گیرند.

براساس تجزیه خوشه ای تحت شرایط نرمال در گلخانه ژنوتیپ C-94-8 (با عملکرد دانه ۷/۹۳ گرم در واحد پنج بوته) و تحت شرایط تنش خشکی گلدهی در گلخانه ژنوتیپ های میهن و C-94-3 (با عملکرد دانه ۲/۱۸ گرم در واحد ۵ بوته) جزو ژنوتیپ های برتر از نظر عملکرد دانه بودند که قابل استفاده در برنامه های به نژادی می باشند. صادق گلمقدم و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از تجزیه کلاستر، ۴۰۱ ژنوتیپ گندم نان را در ۱۸ گروه دسته بندی نمودند. نادری زرنقی و فتوت (۱۳۹۵) با ارزیابی ۱۹ ژنوتیپ گندم مورد مطالعه با استفاده از بررسی محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه و برخی صفات زراعی نشان دادند که گروه بندی در شرایط تنش شدید خشکی (۳۰FC درصد) ژنوتیپ های مورد را در سه گروه مجزا قرار می دهد. پردل مراغه^۱ (۲۰۱۳) برای بررسی تنوع ژنتیکی لاین های نویدبخش گندم با استفاده از صفات مورفولوژیکی، از تجزیه تابع تشخیص و تجزیه خوشه ای به روش وارد و بر مبنای فاصله اقلیدسی استفاده کرد. پورابوقداره و همکاران (۱۳۹۵) با گروه بندی ۴۱ جمعیت وحشی گندم براساس کلیه صفات مورد بررسی و همچنین عوامل جغرافیایی بیان کردند که نتایج هر دو تجزیه تا حد زیادی منطبق با یکدیگر بوده و جمعیت ها به دلیل داشتن ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی تقریباً یکسان در یک گروه قرار گرفتند.

۶. نتیجه گیری و پیشنهادها

بر مبنای تجزیه تابع تشخیص، بیشترین تمایز بین گروهی در حالت چهارخوشه ای به دست آمد و حداکثر اختلاف بین گروه های به وجود آمده از لحاظ تابع اول دیده شد. براساس تجزیه خوشه ای تحت شرایط نرمال در گلخانه ژنوتیپ C-94-8 و تحت شرایط تنش خشکی گلدهی، ژنوتیپ های میهن و C-94-3 جزو ژنوتیپ های برتر از نظر وزن دانه بودند که قابل استفاده در برنامه های به نژادی به عنوان یکی از والدین در برنامه های تلاقی می باشند. همچنین براساس نتایج تجزیه بای پلات، صفات مورد بررسی توانستند ژنوتیپ های حساس و متحمل به تنش خشکی را از هم تفکیک نمایند. در یک جمع بندی کلی می توان گفت براساس تجزیه به عامل ها تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه، عامل اول در اکثر موارد با توجه بیشترین تغییرات داده ها به عنوان عامل مؤثر بر وزن دانه و تولید محصول نام گذاری شد، در نتیجه گزینش براساس عامل اول و در بعضی موارد عامل های دوم و سوم سبب افزایش وزن دانه و تولید محصول می شود. پیشنهاد می شود این آزمایش با تعداد ارقام بیشتر در گندم نان و سایر گیاهان زراعی، در چند مکان و طی سال های مختلف انجام گیرد تا نتایج قابل تعمیم به سایر ارقام، مکان ها و شرایط آب و هوایی مختلف باشد.

۷. تشکر و قدردانی

از مسئولین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی به خاطر فراهم نمودن ژنوتیپ های مورد مطالعه برای انجام این پژوهش، تشکر و قدر دانی می گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- اکبری، لیلا؛ بهرامی‌نژاد، صحبت و چقامیرزا، کیانوش (۱۳۹۹). تجزیه ژنتیکی صفات فیزیولوژیک گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش کمبود آب آخر فصل. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۳(۴)، ۱۰۳۱-۱۰۴۴.
- پورابوقدره، علیرضا؛ مقدم، محمد؛ علوی‌کیا، سید سیامک و مهرابی، علی‌اشرف (۱۳۹۵). بررسی وراثت‌پذیری ویژگی‌های آگرو-مورفولوژیکی و ارتباط تنوع ژنتیکی با عوامل جغرافیایی در جمعیت‌های وحشی گندم اینکورن غرب و شمال غرب کشور. *دو فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران*، ۲۴(۲)، ۲۸۷-۳۰۴.
- تقی‌زادگان، مهدی؛ نوروزی، مجید و اهری‌زاد، سعید (۱۳۹۴). ارزیابی لاین‌های اینبرد نو ترکیب گندم نان از نظر صفات زراعی و مورفولوژیکی. *مجله اصلاح نباتات و باغبانی ایران*، ۳۲(۳)، ۱۳۷-۱۴۹.
- توانا، شهلا و صبا، جلال (۱۳۹۵). گروه‌بندی لاین‌های گندم و گزینش گروهی آن‌ها در شرایط دیم. *مجله پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۸(۲۰)، ۱۵۹-۱۶۴.
- حیدری‌نژاد، حدیث؛ اسماعیلی، احمد؛ حسین‌پور، طهماسب و عیسوند، حمیدرضا (۱۳۹۷). تحلیل عاملی، همبستگی ژنتیکی و روابط علیت صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گندم دوروم. *مجله اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۱۰(۳۳)، ۱۱۷-۱۲۶.
- صادق گلمقدم، رامین؛ خدارحمی، منوچهر و احمدی، غلامحسین (۱۳۹۲). بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها برای عملکرد دانه و سایر صفات مورفولوژیک گندم نان در شرایط تنش خشکی. *مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران*، ۷(۱)، ۱۳۳-۱۴۷.
- علی‌پور، هادی؛ عبدی، حسین؛ رحیمی، یوسف و بی‌همتا، محمدرضا (۱۳۹۸). بررسی عملکرد دانه و پایداری عملکرد ارقام گندم معرفی شده در بیش از نیم قرن اخیر در ایران. *مجله تحقیقات غلات*، ۹(۲)، ۱۵۷-۱۶۷.
- فرشادفر، عزت اله (۱۳۹۴). اصول و روش‌های آماری چند متغیره (چاپ دوم). انتشارات طاق بستان کرمانشاه، ۷۳۴ صفحه.
- قاسمی، م (۱۳۹۶). ارقام گندم تحمل به تنش خشکی پایان فصل در دشت اردبیل. مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل.
- کاوایانی، رضا؛ آقایی سربزره، مصطفی؛ بی‌همتا، محمدرضا و محمدی، محسن (۱۳۹۲). تنوع ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها برای صفات زراعی و مورفولوژیکی در توده‌های گندم دوروم. *مجله به‌نژادی نهال و بذر*، ۱-۲۹(۴)، ۶۷۳-۶۹۲.
- مجیدی مهر، احمد و خوش‌چهره، حنا (۱۳۹۶). مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف برنج با آمار چندمتغیره. *مجله اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۸(۳۰)، ۱۱۸-۱۲۸.
- معتضدی، سامان؛ سیف‌زاده، سعید؛ حق‌پرست، رضا؛ ذاکرین، حمیدرضا و جباری، حمید (۱۳۹۸). شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. *مجله پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۱(۳۰)، ۶۸-۸۷.
- موسوی، سید سعید؛ کیان ارثی، فرزاد و عبدالهی، محمد رضا (۱۳۹۲). کاربرد روش‌های آماری چند متغیره در شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد گندم نان تحت شرایط تنش رطوبتی. *مجله تحقیقات غلات*، ۳(۲)، ۱۱۹-۱۳۰.
- میرمحمدی میبدی، سیدعلی محمد؛ گل‌آبادی، مریم و گلکار، پوران‌دخت (۱۳۹۶). اصلاح گیاهان برای تحمل تنش خشکی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، ۲۳۴ صفحه.
- نادری زرنقی، رعنا و فتوت، رضا (۱۳۹۵). ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان پاییزه. *مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۴(۴۰)، ۹۴۵-۹۵۸.
- نظری، مریم و عبدالشاهی، روح‌اله (۱۳۹۳). بررسی تنوع ژنتیکی ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) از طریق صفات مورفوفیزیولوژیک و نشانگرهای مولکولی SSR. *مجله بیوتکنولوژی کشاورزی*، ۶(۱)، ۲۱۴-۲۳۱.

نیک‌سرشت، رضا؛ محمدی، عبدالله؛ مجیدی هروان، اسلام و مصطفوی، خداد (۱۳۹۳). بررسی لاین‌های پیشرفته گندم نان در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی (F7). *مجله بوم‌شناسی کشاورزی*، ۶(۱)، ۹۷-۱۰۷.

References

- Abid, M., Ali, Sh., Qi, L. K., Zahoor, R., Tian, Z., Jiang, D., Snider, 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(1), 1-15.
- 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(4), 1031-1044. (In Persian).
- Alexieva, V., Sergei, I., Mapelli, S., & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant Cell Environment*, 24, 1337-1344.
- Ali-Mohammadi, M., Rezai, A. M., & Mirmohammadi Maibodi, S. A. M. (2009). Evaluation of Some Physiological Traits and Grain Yield of Ten Iranian Bread Wheat Cultivars Under Two Irrigation Conditions. *Journal Of Science And Technology Of Agriculture And Natural Resources*, 48, 107-120.
- Alipour, H., Abdi, H., Rahimi, Y., & Bihamta, M. R. (2019). Investigating grain yield and yield stability of wheat cultivars introduced in Iran over the last half century. *Cereal Research*, 9(2), 157-167. (In Persian).
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
- Bates, L., Waldrem, R., & Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248.
- Chance, B., & Maehly, A. C. (1955). Assay of catalase and peroxidases. *Method Enzymol*, 11, 764-755.
- Cooke, J., & Leishman, M. R. (2016). Consistent alleviation of abiotic stress with silicon addition: a meta-analysis. *Functional Ecology*, 30, 1340-1357.
- FAO. (2019). Statistical data. Food and Agriculture Organization. From www.faostat.org.
- FAO. (2020). Food and Agriculture Organization. World food situation, Available at: <http://www.fao.org/world-food-situation/csdb>.
- Faris, H., Singh, A., Belay, H., & Johansson, E. (2006). Multivariate analysis of diversity of tetraploid wheat germplasm from Ethiopia. *Journal of Genetic Resources and Crop Evolution*, 53, 1089-1098.
- Farshadfar, E. (2015). Statistical multivariate principles and methods (second edition). Kermanshah Taq Bostan Publications, 734 pp. (In Persian).
- Flexas, J., Niinemets, U., Galle, A., Barbour, M. M., & Centritto, M. (2013). Diffusional conductances to CO as a target for increasing photosynthesis and photosynthetic water-use efficiency. *Photosynthesis Research*, 117, 1-3.
- Gasemi, M. (2017). Wheat cultivars of tolerance to end season drought stress in Ardabil plain. Agricultural research center, Ardabil. (In Persian)
- Heydarinejad, H., Esmaili, A., Hosseinpour, T., & Esvand, H. R. (2017). Factor analysis, genetic correlation and causal relationships of different traits in durum wheat genotypes. *Journal of Plant Ecophysiology*, 33, 126-117. (In Persian)
- Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54 (1), 87-92.
- Kar, M., & Mishra, D. (1976). Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase activities during Rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57, 315-319.
- Kaviani, R., Aghaee Sarbarzeh, M., Bihamta, M. R., & Mohammadi, M. (2013). Genetic diversity and factor analysis for agronomic and morphological traits in durum wheat stands. *The Seed and Plant Journal*, 1, 692-673. (In Persian).
- Khodadai, M., Fotokian, M. H., & Miransari, M. (2011). Genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based on cluster and principal component analyses for breeding strategies. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 17-24.
- Majidi-Mehr, A., & Khoshchereh, H. (2017). Study of different genotypes of rice using multivariate analysis. *Journal of Plant Ecophysiology*, 8(30), 118-128. (In Persian).

- Maqbool, M. M., Ali, A., UL-Haq, T., Majeed, M. N., & Lee, D. J. (2015). Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to induced water stress at critical growth stages. *Sarhad Journal of Agriculture*, 31, 53-58.
- Mirmohammadi Maibody, S. A. M., Golabadi, M., & Golkar, P. (2015). Plant breeding for drought stress tolerance. Jahad Publication. , Isfahan University of Technology. 234pp. (In Persian).
- 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).
- 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).
- NaderiZarnaghi, R., & Fotovat, R. (2017). Evaluation of drought tolerance of some winter wheat genotypes. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(4), 945-958. (In Persian)
- Nazari, M., & Abdolshahi, R. (2013). Evaluation of Genetic diversity in bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) using morpho-physiological traits and SSR markers. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 6(1), 214-231. (In Persian)
- Nikoseresht, R., Mohammadi, A., Majidi Hervan, E., & Mostafavi, K. H. (2015). Study on advanced bread wheat lines under two conditions of normal and drought stress (F7). *Journal of Agricultural Ecology*, 6 (1), 97-107. (In Persian)
- Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxidation in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Annals of Biochemistry*, 95, 351-358.
- Pordel-Maragheh, F. (2013). Assess the genetic diversity in some wheat genotypes through agronomic traits. *European Journal of Zoological Research*, 2(4), 71-75.
- Pour-Aboughadareh, A. R., Moghaddam, M., Alavikia, S. S., & Mehrabi, A. A. (2016). Assessing heritability of agro-morphological characters and relationship between genetic diversity with geographical factors in Einkorn wild wheat populations collected from west and northwest of Iran. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 24(2), 287-304. (In Persian)
- Saba, J., Tavana, S., Qorbanian, Z., Shadan, E., Shekari, F., & Jabbari, F. (2018). Canonical correlation analysis to determine the best traits for indirect improvement of wheat grain yield under terminal drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(5), 1037-1048.
- Sadeg Ghol Mogadam, R., Khodarahmi, M., & Ahmadi, G. H. (2013). Investigation on genetic diversity and factor analysis for grain yield and other morphologic traits of bread wheat under drought stress condition. *Agronomy and Plant Breeding Journal*, 7(1), 133-147. (In Persian)
- Saeidi, M., & Abdoli, M. (2015). Effect of Drought Stress during Grain Filling on Yield and Its Components, Gas Exchange Variables, and Some Physiological Traits of Wheat Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(4), 885-898.
- 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.
- TaqiZadeghan, M., Norozi, M., & Aharizad, S. (2015). Evaluation of recombinant inbred lines of bread wheat in terms of agronomic and Morphological traits. *Iranian Journal of Crop and Horticultural Breeding*, 2(3), 137-149. (In Persian).
- Tavana, S., & Saba, J. (2016). Grouping wheat Lines and their Group Selection under Rainfed Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 8, 159-164. (In Persian).
- 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.