Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 47, Autumn 2023 p: 123-133

OPEN ACCESS

"Research Paper"

Canonical Correlation Analysis of Physiological and Grain Yield-related Traits in Bread Wheat Genotypes Grown in the Greenhouse under Normal and Flowering Drought Stress Conditions

Behnam Tahmasebpour[1], Sodabeh Jahanbakhsh[2], Ali Reza Tarinejad[3], Hamid Mohammadi[4] and Ali Ebadi[5]

1- Ph.D. Plant Breeding, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding author: jahanbakhsh@uma.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
5- Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Received: 6 November, 2022 Accepted: 6 March, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: The impact of drought stress on crops is devastating annually, resulting in yield losses of 17%. Research seems, therefore, necessary to improve crop tolerance to drought stress and minimize water losses in agriculture. This study aimed to investigate the relationships between yield and yield components with physiological traits and use these relationships to select high-yielding cultivars under normal irrigation and drought stress conditions at the flowering stage.

Materials and Methods: To explore the effect of drought stress at the flowering stage, four genotypes were investigated as factor A by factorial experiment based on the randomized complete block design (RCBD) with three replications under the normal and drought stress conditions at the flowering stage as factor B in the research greenhouse of Azerbaijan Shahid Madani University during the 2016-2017 crop season. The relationship between yield and yield components with physiological traits and the relative importance of traits affecting yield were investigated using an analysis of variance, mean comparison, and canonical correlation analysis after measuring the traits of the studied genotypes.

Results: Analysis of variance results revealed significant differences between genotypes for most traits studied. Under normal irrigation conditions and drought stress, the Arum genotype was the best in terms of biological yield, awn length, grain number per spike, and grain number in spikelet traits and the Mihan genotype outperformed others concerning plant dry weight, number of grains per spike, days to spike formation, root dry weight, root volume, and number of grains per spikelet traits. The results of this canonical correlation analysis showed a significant correlation between the canonical variables of yield and yield components with the canonical variables of physiological traits under both normal and stress conditions. To increase grain yield and 1000-grain weight under normal irrigation conditions in the greenhouse, traits of malondialdehyde concentrations, hydrogen peroxide content, proline content, peroxide, and catalase content, and chlorophyll a and total chlorophyll concentrations may be appropriate selection criteria. The results of canonical correlation analysis, under stress conditions in the greenhouse, revealed that to increase 1000-grain weight, number of grains per spike, and grain yield, traits such as malondialdehyde, chlorophyll b concentration, protein content, peroxidase, proline content, chlorophyll a concentration, and catalase are important and influential factors.

Conclusion: According to canonical correlation analysis, it can be argued that under normal irrigation and drought stress conditions in the greenhouse, traits of malondialdehyde concentration, peroxidase content, and chlorophyll a concentration are appropriate selection criteria to increase grain yield.

Keywords: Canonical correlation analysis, Photosynthetic pigments, Water deficit, Yield components

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

OPEN ACCESS
CC BY NC

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

تجزیه همبستگی کانونیک صفات فیزیولوژیکی و مرتبط با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در محیط گلخانه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی در مرحله گلدهی

بهنام طهماسب‌پور[۱]، سودابه جهانبخش[۲]، علیرضا تاری‌نژاد[۳]، حمید محمدی[۴] و علی عبادی[۵]

۱- دانش آموخته دکتری اصلاح نباتات، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، (نویسنده مسوول: jahanbakhsh@uma.ac.ir)
۳- دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۵- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵
صفحه: ۱۲۳ تا ۱۳۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش خشکی هر ساله خسارت فراوانی را در محصولات زراعی ایجاد می‌کند و موجب کاهش ۱۷ درصدی عملکرد می‌شود. ازاین‌رو انجام تحقیقات در زمینه بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی و یافتن راه‌کارهای مناسب جهت به حداقل رساندن تلفات آب در بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف این پژوهش بررسی روابط موجود بین عملکرد و اجزای عملکرد، با صفات فیزیولوژیکی و استفاده از این روابط در گزینش ارقام پرمحصول تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی، چهار ژنوتیپ گندم نان به‌عنوان فاکتور A تحت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط نرمال و تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی به‌عنوان فاکتور B در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان طی سال زراعی ۹۶-۹۵ بررسی شدند. پس از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، به‌منظور بررسی روابط موجود بین عملکرد و اجزای عملکرد، با صفات فیزیولوژیکی و بررسی اهمیت نسبی صفات مؤثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، تجزیه همبستگی کانونیک انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر اکثر صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در شرایط نرمال و تنش خشکی، ژنوتیپ اروم از لحاظ صفات عملکرد بیولوژیک، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه و ژنوتیپ میهن از نظر صفات وزن خشک بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و تعداد دانه در سنبلچه به‌عنوان برترین ژنوتیپ شناخته شدند. نتایج حاصل از تجزیه همبستگی کانونیک نشان داد، در هر دو سطح نرمال و تنش بین جفت متغیرهای کانونیکی حاصل از صفات فیزیولوژیکی با عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی معنی‌داری وجود دارد. تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه برای افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه، صفات غلظت مالون دی‌آلدهید، مقدار پراکسیدهیدروژن، میزان پرولین، محتوای پراکسیداز و کاتالاز، غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند. نتایج حاصل از تجزیه همبستگی کانونیک تحت شرایط تنش در گلخانه نشان داد که برای افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه، صفات مالون دی آلدهید، غلظت کلروفیل b، محتوای پروتئین و پراکسیداز، محتوای پرولین، غلظت کلروفیل a و کاتالاز از عوامل مهم و تاثیر گذار بودند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست آمده می توان عنوان کرد که تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش در محیط گلخانه برای افزایش عملکرد دانه، صفات غلظت مالون دی آلدهید و محتوای پراکسیداز، غلظت کلروفیل a می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تجزیه همبستگی کانونیک، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کم‌آبی

مقدمه

گندم گیاه ارزشمندی است که بیشترین استفاده آن برای تأمین غذا بوده، به‌طوری که نزدیک به ۶۸ درصد کل آن، تا به امروز برای تأمین غذا بکار رفته است. گندم مورد نیاز برای تأمین غذا در سال ۲۰۲۰ به ۱۴۵ مگا تن رسید که شیب افزایش آن نسبت به دهه گذشته، آهسته‌تر است (FAO, 2011-2020).

تنش خشکی هر ساله خسارت فراوانی را در محصولات زراعی ایجاد می‌کند و موجب کاهش ۱۷درصدی عملکرد می‌شود. از این رو انجام تحقیقات در زمینه بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی و یافتن راه‌کارهای مناسب جهت به حداقل رساندن تلفات آب در بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Hadi et al., 2016). حساس‌ترین مرحله نمو گندم به تنش خشکی مرحله گل‌دهی است و خشکی پس از گل‌دهی از طریق آسیب رساندن به فرآیند پر شدن دانه می‌تواند روی میانگین وزن هر دانه تأثیر منفی بگذارد (Abid et al., 2016). Abdoli and Saeidi (2012) گزارش کردند که وقوع تنش خشکی پس از گرده‌افشانی در گندم کاهش بیش‌تر وزن هزار دانه را در مقایسه با دیگر اجزای عملکرد به دنبال دارد. در مطالعه دیگری اعلام شده است که تنش در مرحله گرده‌افشانی عملکرد را از طریق کم شدن وزن هزار دانه کاهش می‌دهد (Dalvandi et al., 2013).

همچنین تنش خشکی موجب آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن شده و منجر به تخریب کلروفیل، پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، تغییر ساختار و تخریب پروتئین‌ها و غیرفعال شدن آنزیم‌ها می‌گردد (Kovacik et al., 2014). در طی فتوسنتز تحت وضعیت کم‌آبی، محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد. کاهش آن در شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از تخریب کلروفیل بر اثر رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در این شرایط باشد (Brevedan and Egli, 2003). از آنجایی که گیاهان نمی‌توانند از تنش‌های محیطی مختلف فرار کنند، به مکانیسم‌هایی برای تحمل شرایط تنش نیاز دارند که از جمله این مکانیسم‌ها، تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی، یک نوع سازگاری به تنش کم‌آبی است که از طریق تجمع مواد محلول

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

درون سلول‌ها، می‌تواند منجر به حفظ تورژسانس سلول‌ها و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل‌های پایین آب شود (Vinocur and Altman, 2005). Bishop and Bugbee (1998) نشان دادند که ارقام پاکوتاه گندم سطح برگ پرچم کوچکتر و غلظت کلروفیل بیشتر و ظرفیت تبادل خالص CO_2 بیشتری در مقایسه با ارقام پابلند دارند. Pessarkli (1999) گزارش نمود که دوام فتوسنتز و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل خشکی است. Estill et al. (1991) بیان داشتند که افزایش نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش خشکی به واسطه تغییر در سیستم‌های فتوسنتزی در جهت نسبت کمتر فتوسیستم II به فتوسیستم I می‌باشد. به نظر می‌رسد غلظت بیشتر پروتئین با حفظ کلروفیل برگ موجب دوام فتوسنتز و افزایش تحمل به تنش خشکی می‌شود. کاهش سنتز پروتئین‌ها و یا تجزیه پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز می‌باشد.

هم‌زمان با تغییرات صفات فیزیولوژیکی در گیاهان، صفات مورفولوژیکی نیز در اثر تنش خشکی تغییر می‌کنند، در نتیجه برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی می‌توان از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب بهره جست. بر اساس تحقیقات Saba et al. (2018) لاین‌های مطلوب گندم آن‌هایی هستند که بیوماس نسبتاً زیاد، ارتفاع بوته و طول سنبله متوسط و دمای کانوپی پایین دارند و انتظار می‌رود که این لاین‌ها به‌طور هم‌زمان تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه بیشتر و در نتیجه عملکرد دانه در بوته بیشتری تولید نمایند. همچنین آن‌ها اعلام نمودند که افزایش طول دوره پر شدن دانه و کاهش صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی، ارتفاع بوته و طول سنبله سبب افزایش صفات تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه و کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود.

پاسخ اجزای عملکرد به تنش خشکی با توجه به زمان وقوع و مدت زمان تنش در ارقام مختلف، یکسان نیست. تولید ارقام با عملکرد دانه بالا، از اهداف اساسی برنامه‌های به‌نژادی گندم است. موفقیت در بهبود خصوصیات محصولات زراعی مخصوصاً عملکرد دانه، عموماً به میزان تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری اجزای آن بستگی دارد (Smith, 2008). آگاهی از تنوع ژرم‌پلاسم برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و همچنین برای بهبود عملکرد دانه در دمای بالا از اهمیت بالایی برخوردار است. انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس اجزای عملکرد یا سایر صفات مرتبط با عملکرد که وراثت‌پذیری بالایی دارند، انجام می‌گیرد (Rahnema et al., 2000). به‌منظور بررسی ارتباط میان صفات مورفولوژیکی و همچنین نوع و میزان تأثیرشان بر عملکرد دانه از طریق تجزیه علیت و تجزیه به عامل‌ها مطالعات متعددی صورت گرفته است و از این روش‌ها جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا استفاده نموده‌اند (Kohkan et al., 2014; Talebifar et al., 2014). Mohammadi et al. (2010) بیان کردند همبستگی عملکرد دانه در شرایط عادی با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، مثبت و معنی‌دار بود. به دلیل وجود همبستگی بین برخی صفات مرتبط با عملکرد و همچنین به دلیل روابط پیچیده صفات با همدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد (Soghani et al., 2010). قبل از تجزیه علیت با رگرسیون گام به گام می‌توان اثر صفات بی تأثیر یا کم تأثیر بر عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف کرد و صفاتی را که میزان قابل توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند در نظر گرفت (Khodadadi et al., 2011). Agaie Sarberzeh and Amini (2011) با رگرسیون مرحله‌ای نشان دادند که در گندم‌های نان، صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیکی اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند.

تجزیه همبستگی کانونی یک تکنیک چند متغیره است که ارتباط بین دو گروه از متغیرها را از طریق برآورد همبستگی بین ترکیبات خطی یک گروه از متغیرها با ترکیبات خطی گروه دوم متغیرها برآورد می‌کند. این تجزیه می‌تواند به‌عنوان روشی به حساب آید که روابط چندگانه را در تعداد کمی رابطه معنی دار گرد هم می‌آورد (Johnson and Wichern, 2002). Saba et al. (2018) با ارزیابی متغیرهای کانونیکی برای اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل گزارش کردند که افزایش بیوماس و کاهش دمای کانوپی منجر به افزایش تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه و کاهش تعداد دانه در سنبله و در نهایت سبب افزایش عملکرد بوته می‌شود. همچنین بر اساس گزارش آن‌ها متغیر کانونیکی برای صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی حدود ۵۰٪ تنوع اجزای عملکرد را توجیه نمود (Saba et al., 2018).

اهداف این پژوهش بررسی روابط موجود بین عملکرد و اجزای عملکرد، با صفات فیزیولوژیکی و استفاده از این روابط در گزینش ارقام پرمحصول تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در مرحله گلدهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (واقع در ۳۵ کیلومتری جاده تبریز-مراغه با عرض جغرافیایی "۵۹ ′۴۶ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی "۱۴ ′۵۴ °۴۵ شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریای آزاد با اقلیم نیمه خشک با زمستان‌های سرد و یخبندان) با ۴ ژنوتیپ گندم نان به‌عنوان فاکتور a تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی (به‌عنوان فاکتورb) تحت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. در این بررسی ارقام میهن، اروم به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی که تا حدودی به تنش خشکی آخر فصل در مناطق سرد متحمل هستند به‌عنوان شاهد در آزمایشات گنجانده شدند (Gasemi, 2017). ژنوتیپ‌ها در گلخانه درون گلدان‌های نایلونی (۲۸ سانتی‌متر قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) که از ۷ کیلو خاک مزرعه با مشخصات جدول ۲ پر شده بود، کشت شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 1. Pedigree of genotypes studied

Pedigree شجره	Genotype reaction to drought stress واکنش ژنوتیپ به تنش خشکی	genotype ژنوتیپ ها
Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1	susceptible حساس	C-93-4
Gul96/Shark-1	susceptible حساس	C-93-11
87Zhong-90/Bkt	tolerance متحمل	Mihan
Her/Alvand//NS732	tolerance متحمل	Eroum

جدول ۲- نتایج تجزیهٔ خاک گلخانه قبل از اجرای آزمایش

Table 2. Results of analyses of greenhouse soil before experimental conducting

Available phosphorus (mg/kg) فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	Available potassium (mg/kg) پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	Total nitrogen (%) نیتروژن کل (درصد)	Organic matter (%) ماده آلی خاک	EC (dS/m) شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	pH اسیدیته خاک	Sand (%) شن (درصد)	Silt (%) سیلت (درصد)	Clay (%) رس (درصد)	Depth sampling (cm) عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)
31	486	0.09	0.98	4.68	7.78	63	24	13	0-30

در هر گلدان ۱۰ عدد بذر در عمق ۲-۳ سانتیمتری سطح خاک کشت شد که بعد از جوانه‌زنی و در مرحله شروع پنجه‌دهی با تنک کردن، به ۵ بوته در هر گلدان کاهش داده شد. در گلخانه در شرایط نرمال و بدون اعمال تنش، گلدان‌ها بسته به نیاز و شرایط گلخانه‌ای هر ۵-۴ روز یک بار آبیاری شدند. اما اعمال تنش در مرحله گلدهی با توجه به 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 گردید و مجددا خاک موردنظر در گلدان ریخته شد و بطور کامل آبیاری شد و بعد از خروج آب ثقلی مجددا گلدان موردنظر توزین شد. پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد. بنابراین در تیمارهای تنش کمبود آب، آبیاری گلدان‌ها در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد (Hosseinzadeh et al., 2016). 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 روزت ورنالیزه شدند. با توجه به این‌که ژنوتیپ‌ها پاییزه بودند، در مرحله رزت (پنجه یا قبل از ساقه رفتن) 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 دوره رشد صفت فنولوژیکی تعداد روز تا سنبله‌دهی، برای هر واحد آزمایشی (گلدان) ثبت گردید. نمونه‌برداری از چهار ژنوتیپ انجام شد و نمونه‌ها با انجماد سریع در ازت مایع و انتقال به فریزر $^{\circ}C$ ۷۰- تا زمان استفاده نگهداری شدند. سپس غلظت کلروفیل‌های a، b و کل و میزان کاروتنوئیدهای برگ با روش Arnon (1967)، میزان پرولین برگ با روش Bates et al. (1973)، غلظت پروتئین با روش Bradford (1976)، فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX[1]) با روش Kar and Mishra (1976)، غلظت مالون دی‌آلدهید (MDA[2]) با روش Ohkawa et al. (1979)، فعالیت سینتیک (جنبشی) آنزیم کاتالاز (CAT[3]) با روش Chance and Maehly (1955) و میزان پراکسید هیدروژن (H_2O_2[4]) با روش Alexieva et al. (2001) اندازه‌گیری شدند.

در زمان رسیدگی گیاهان (اواسط تا اواخر مرداد ماه) از متوسط ۵ بوته در هر گلدان، صفات وزن خشک بوته (گرم)، وزن خشک ریشه (گرم)، تعداد ریشه، حجم ریشه (میلی‌لیتر)، طول ریشک (سانتی‌متر)، طول سنبله (سانتی‌متر)، تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر)، وزن سنبله بارور (گرم)، وزن هزار دانه (گرم)، وزن دانه در سنبلچه (گرم)، وزن سنبلچه بارور (گرم)، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه، شاخص برداشت سنبله، عملکرد کاه سنبله (گرم)، عملکرد کاه (گرم)، عملکرد بیولوژیک (گرم در واحد ۵ بوته)، عملکرد دانه (گرم در واحد ۵ بوته) و عملکرد دانه بوته (گرم) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. در این پژوهش تجزیه همبستگی کانونیک بین دو گروه صفات فیزیولوژیکی و صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. صفات فیزیولوژیکی با نماد X در نظر گرفته شد و صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد با نماد Y نشان داده شدند. برای آزمون فرضیه برابری حداقل یکی از ضرایب همبستگی کانونیک با صفر از آماره لامبدای ویلکاکس[5] استفاده شد. این روابط برای دو سطح آبیاری (نرمال و تنش) به‌طور جداگانه محاسبه شدند. در این پژوهش از نرم‌افزارهای SPSSنسخه ۲۳، SAS 9.1 و MSTAT-C برای آنالیزهای آماری استفاده شد.

1- Peroxidase
2- Malondialdehyde
3- Catalase
4- Hydrogen peroxide
5- Lambda Wilcox

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در جدول ۳ آورده شده است. مطابق با جدول ۳، اثر تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی بر صفات وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، طول ریشک، وزن سنبله بارور، وزن سنبلچه بارور، وزن دانه در سنبلچه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت سنبله، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی، وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، تعداد ریشه، طول ریشک، تعداد دانه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف تنش، برای کلیه صفات غیرمعنی‌دار بود که بیانگر عدم تأثیر متقابل ژنوتیپ و محیط است (جدول ۳) درحالیکه در پژوهش Talebifar et al. (2014) اثرمتقابل رقم در سطوح قطع آبیاری معنی دار بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف تحت تأثیر ژنوتیپ‌ها و سطوح مختلف تنش در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در گلخانه

Table 3. Variance analysis of different traits under the influence of genotypes and different levels of stress in the evaluated genotypes in the greenhouse

Mean of Squares میانگین مربعات صفات											
1000seed weight وزن هزار دانه	Fertile spike weight وزن سنبله بارور	Stem density تراکم ساقه	Spike length طول سنبله	Awn length طول ریشک	Root volume حجم ریشه	Root number تعداد ریشه	Root dry weight وزن خشک ریشه	Plant dry weight وزن خشک بوته	Days to Spike emergence تعداد روز تا سنبله‌ی دهی	df درجه آزادی	S.O.V منابع تغییر
83.835*	0.051ns	0.0000076*	1.366ns	0.025ns	13.180ns	0.875ns	0.0037ns	0.013ns	2.625ns	2	Block بلوک
109.247*	0.069ns	0.0000022ns	1.246ns	3.440*	41.690*	12.278***	0.2280*	1.045**	206.042**	3	Genotype ژنوتیپ
78.012*	26.502**	0.0000003ns	0.107ns	5.320*	36.253*	0.667ns	1.1970**	1.789**	5.042ns	1	Stress تنش
39.445ns	0.003ns	0.0000002ns	0.173ns	0.610ns	5.461ns	6.778ns	0.0430ns	0.110ns	11.375ns	3	G * S ژنوتیپ ×تنش
20.629	0.047	0.0000017	1.191	0.871	9.382	4.780	0.0470	0.142	3.577	14	Error خطا
15.70	7.77	15.50	14.90	16.03	27.37	28.21	33.02	26.59	1.54		CV(%) ضریب تغییرات (درصد)

Mean of Squares میانگین مربعات صفات											
Biological yield عملکرد بیولوژیک	Straw yield عملکرد کاه	Grain yield عملکرد دانه	straw yield of spike عملکرد کاه سنبله	harvest index of spike شاخص برداشت سنبله	seed number per spikelet تعداد دانه در سنبلچه	seed number per spike تعداد دانه در سنبله	spikelet number per spike تعداد سنبلچه در سنبله	fertile spikelet weight وزن سنبلچه بارور	Seed weight per spikelet وزن دانه در سنبلچه	df درجه آزادی	S.O.V منابع تغییر
13.130ns	8.142ns	0.731ns	0.0026ns	38.592ns	0.1767ns	104.542ns	8.000*	0.0005ns	0.00035ns	2	Block بلوک
38.967ns	19.000ns	3.963*	0.0023ns	45.716ns	1.6168**	452.931**	4.264ns	0.0005ns	0.00035ns	3	Genotype ژنوتیپ
1214.531**	459.603**	179.887**	0.0008ns	9476.798*	0.0108ns	0.375ns	1.042ns	0.1347**	0.13261**	1	Stress تنش
5.490ns	4.645ns	0.187ns	0.0030ns	5.456ns	0.1428ns	49.264ns	0.819ns	0.0002ns	0.00009ns	3	G * S ژنوتیپ ×تنش
17.270	11.587	0.862	0.0226	23.531	0.1456	51.494	3.524	0.0003	0.00015	14	Error خطا
30.98	29.63	19.24	12.19	10.11	23.72	29.85	12.84	9.36	11.37		CV(%) ضریب تغییرات (درصد)

ns ، * ، ** و *** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، ۱٪ و۱۰٪ هستند.

ns, * , ** and *** are Non significant, significant at 5%, 1% and 10% probability level, respectively.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات مربوط به ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. ژنوتیپ‌های اروم و میهن بیشترین تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبلچه را به خود اختصاص دادند. از سوی دیگر ژنوتیپ C-93-4 نیز از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی داری با ژنوتیپ های اروم و میهن نداشت. همچنین ژنوتیپ‌های میهن و C-93-4 دارای بیشترین وزن خشک بوته بودند (جدول ۴). بیشترین حجم ریشه و وزن خشک ریشه در ژنوتیپ‌های میهن و C-93-11 مشاهده شد (جدول ۴).

مطابق با نتایج جدول ۵، تنش خشکی سبب افزایش وزن خشک ریشه و حجم ریشه، و کاهش صفات طول ریشک، وزن سنبلچه بارور، وزن سنبله بارور، وزن هزار دانه، وزن دانه در سنبلچه، شاخص برداشت سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه شده است، اما تنش روی تعداد ریشه ژنوتیپ‌ها تاثیر معنی داری نداشته است. روند تغییرات وزن هزار دانه از شرایط نرمال به تنش خشکی روند نزولی داشت (جدول۳ و ۴) که با نتایج Bayoumi et al. (2008) مطابقت داشت. آنها کاهش ۱۶/۴ درصدی وزن هزار دانه تحت شرایط تنش خشکی در زمان گلدهی را گزارش کردند.

به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های گندم علی الخصوص ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی، با تولید وزن خشک و حجم ریشه بیشتر سعی در جبران خسارات ناشی از کاهش صفات عملکرد و اجزای عملکرد می نمایند. گزارش شده است هر لاینی که بتواند در شرایط تنش خشکی، تعداد دانه و وزن دانه بیشتری تولید نماید، عملکرد دانه بیشتری خواهد داشت (Francois et al., 1994; Mass and Grieve, 1995; Scott et al., 1992).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مربوط به ۴ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش خشکی
Table 4. Mean Comparison of traits related to 4 bread wheat genotypes under normal and drought strees conditions

Grain yield (gr per 5 plants) عملکرد دانه(گرم در واحد ۵ بوته)	seed number per spikelet تعداد دانه در سنبلچه	seed number per spike تعداد دانه در سنبله	1000 seed weight(gr) وزن هزاردانه (گرم)	awn length(cm) طول ریشک (سانتی‌متر)	Root volume(ml) حجم ریشه(میلی لیتر)	root number تعداد ریشه	Root dry weight(gr) وزن خشک ریشه(گرم)	Plant dry weight(gr) وزن خشک بوته (گرم)	Days to Spike emergence تعداد روز تا سنبله دهی	genotypes ژنوتیپ‌ها
4.70^{ab}	1.46^{b}	20.33^{b}	32.00^{a}	5.417^{b}	6.583^{b}	8.0^{ab}	4.62^{b}	1.48^{ab}	116.167^{c}	C-93-4
3.81^{b}	0.94^{c}	13.50^{b}	32.82^{a}	5.83^{b}	11.083^{a}	8.5^{ab}	5.61^{a}	0.91^{c}	130.500^{a}	C-93-11
5.02^{a}	2.03^{a}	31.33^{a}	23.73^{b}	5.967^{ab}	9.750^{a}	8.8^{a}	5.32^{a}	1.92^{a}	122.667^{b}	Mihan
5.77^{a}	2.01^{a}	31.00^{a}	27.18^{ab}	6.817^{a}	5.458^{b}	5.7^{b}	4.34^{b}	1.35^{bc}	123.167^{b}	Eroum

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد
Different letters in each column indicate a significant difference at the 5% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مربوط به سطوح مختلف تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم C-93-4، C-93-11، میهن و اروم
Table 5. Mean Comparison of traits related to the levels of drought stress in bread wheat genotypes C-93-4, C-93-11, Mihan and Eroum

Biological yield(gr per 5 plants) عملکرد بیولوژیک(گرم در واحد ۵ بوته)	straw yield(gr per 5 plants) عملکرد کاه(گرم در واحد ۵ بوته)	Grain yield (gr per 5 plants) عملکرد دانه(گرم در واحد ۵ بوته)	harvest index of spike(%) شاخص برداشت سنبله(درصد)	fertile spikelet weight(gr) وزن سنبلچه بارور(گرم)	Seed weight per spikelet(gr) وزن دانه در سنبلچه(گرم)	1000 seed weight(gr) وزن هزاردانه (گرم)	Fertile spike weight(gr) وزن سنبله بارور (گرم)	awn length(cm) طول ریشک (سانتی‌متر)	Root volume(ml) حجم ریشه(میلی لیتر)	Root dry weight(gr) وزن خشک ریشه(گرم)	Plant dry weight(gr) وزن خشک بوته (گرم)	Stress Level سطح تنش
20.53^{a}	12.97^{a}	7.56^{a}	67.83^{a}	0.268^{a}	0.815^{a}	30.43^{a}	3.83^{a}	6.29^{a}	6.82^{b}	3.57^{b}	1.69^{a}	normal نرمال
6.30^{b}	4.21^{b}	2.09^{b}	28.09^{b}	0.118^{b}	0.033^{b}	27.32^{b}	1.73^{b}	5.35^{b}	9.62^{a}	6.37^{a}	1.14^{b}	stress تنش

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.
Different letters in each column indicate a significant difference at the 5% probability level.

تجزیه همبستگی کانونیک صفات فیزیولوژیکی و صفات عملکرد و اجزای عملکرد تحت شرایط بدون تنش خشکی در گلخانه

با توجه به جدول ۶ آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال یک درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید؛ یعنی همبستگی معنی‌داری بین متغیرهای فیزیولوژیکی از یک طرف و عملکرد و اجزای عملکرد از طرف دیگر در تابع اول وجود دارد.

جدول ۶- مقادیر همبستگی بین جفت متغیرهای کانونیک در ۴ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش
Table 6. Correlation values between canonical variables of 4 bread wheat genotypes under normal and strees conditions

P Value سطح احتمال معنی‌داری F	F Value مقادیر F	Canonical correlation coefficient ضریب همبستگی کانونیک	Accumulative Proportion نسبت تجمعی	Stress Level سطح تنش
0.000	4.788	0.995	0.973	
0.324	1.179	0.772	0.986	normal
0.431	1.068	0.734	0.997	نرمال
0.709	0.650	0.509	1.000	
0.000	3.865	0.987	0.902	
0.128	1.515	0.846	0.962	stress
0.396	1.114	0.740	0.991	تنش
0.677	0.693	0.521	1.000	

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای فیزیولوژیکی (W_i) و عملکرد و اجزای عملکرد (V_i) مورد مطالعه همراه با ضرایب مربوطه (a_{ij} و b_{ik}) به صورت زیر به دست آمد (جداول ۷ و۸):

$$V_1= 0.220Y_1 +0.222Y_2 -0.243Y_3$$

$$W_1= 0.130X_1 +0.410X_2 +0.529X_3 +0.040X_4 - 0.068X_5 -0.017X_6 +0.025X_7 -0.041X_8 +0.096X_9 +0.076X_{10}$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

جدول ۷- ضریب کانونیک استاندارد شده برای توابع کانونیک مربوط به متغیرهای فیزیولوژیکی ۴ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش

Table 7. Standardized canonical coefficient for canonical functions related to physiological variables of 4 bread wheat genotypes under normal and strees conditions

Stress conditions شرایط تنش			Normal conditions شرایط نرمال			Traits صفات
V_3	V_2	V_1	W_3	W_2	W_1	
-0.133	-0.556	0.622	-0.611	0.740	0.130	MDA غلظت مالون دی آلدهید (b)
0.074	-0.584	-0.222	1.415	-0.630	0.410	H_2O_2 content محتوای پراکسید هیدروژن (c)
1.260	0.168	-0.259	1.147	-1.969	0.529	Proline content محتوای پرولین (c)
0.490	-1.193	0.481	0.089	-0.369	0.040	Chl a content غلظت کلروفیل a (d)
1.122	-0.486	0.008	0.319	-0.333	-0.068	Chl b content غلظت کلروفیل b (d)
-0.528	0.319	-0.079	-0.002	0.650	-0.017	Total Chl content غلظت کلروفیل کل (d)
0.878	-0.521	0.098	-0.436	0.223	0.025	Carotenoid content غلظت کاروتنوئید (d)
-0.796	1.303	-0.158	0.715	-0.034	-0.041	protein content محتوای پروتئین محلول (d)
0.716	-0.350	0.025	-0.354	3.122	0.096	Peroxidase content محتوای پراکسیداز (a)
-1.457	1.081	-0.675	-1.473	-0.973	0.076	Catalase content محتوای کاتالاز (a)

mgr / gr FW : d و μmol / gr FW : c ، nmol / gr FW : b ، μmol H_2O_2 decomposited min^{-1} mgr^{-1}proteina : a

جدول ۸- ضریب کانونیک استاندارد شده برای توابع کانونیک مربوط به متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد در ۴ ژنوتیپ گندم تحت شرایط نرمال و تنش

Table 8. Standardized canonical coefficient for canonical functions related to yield and yield components of 30 wheat genotypes under normal and strees conditions

Stress conditions شرایط تنش			Normal conditions شرایط نرمال			Traits صفات
W_3	W_2	W_1	V_3	V_2	V_1	
1.204	0.926	-0.255	0.745	-0.124	0.220	seed number per spike تعداد دانه در سنبله
0.297	-1.592	0.684	-0.155	0.661	0.222	1000 seed weight(gr) وزن هزار دانه (گرم)
0.279	1.783	-0.136	1.875	2.118	-0.243	Grain yield (gr per 5 plants) عملکرد دانه (گرم در واحد ۵ بوته)

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه در جداول ۹ و ۱۰ آورده شده است. در بین متغیرهای فیزیولوژیکی، محتوای پرولین (۰/۸۵۳)، مقدار پراکسیدهیدروژن برگ (۰/۷۸۰)، غلظت مالون دی‌آلدهید (۰/۷۲۲)، محتوای پراکسیداز (۰/۷۷۷) و محتوای کاتالاز (۰/۷۲۲) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوطه (W_1) نشان دادند ولی صفات غلظت کلروفیل a (۰/۶۰۶-) و غلظت کلروفیل کل (۰/۶۰۴-) دارای همبستگی منفی و بالا بودند. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی منفی و بالایی بین عملکرد دانه (۰/۹۳۸-) با تابع کانونیک مربوطه (V_1) مشاهده شد اما وزن هزار دانه (۰/۲۱۴) و تعداد دانه در سنبله (۰/۰۴۳-) دارای همبستگی پایین بودند.

جدول ۹- همبستگی ساختاری بین متغیرهای فیزیولوژیکی و توابع کانونیک مربوطه تحت شرایط نرمال و تنش

Table 9. Structural correlation between physiological variables and related canonical functions under normal and strees conditions

Stress conditions شرایط تنش			Normal conditions شرایط نرمال			Traits صفات
V_3	V_2	V_1	W_3	W_2	W_1	
-0.081	-0.155	0.915	0.275	0.138	0.722	MDA غلظت مالون دی آلدهید (b)
0.261	-0.274	-0.789	0.306	-0.013	0.780	H_2O_2 content محتوای پراکسید هیدروژن (c)
0.271	-0.245	-0.801	-0.170	-0.052	0.853	Proline content محتوای پرولین (c)
-0.150	-0.506	-0.485	-0.292	-0.441	-0.606	Chl a content غلظت کلروفیل a (d)
0.275	0.457	0.609	-0.126	-0.368	-0.103	Chl b content غلظت کلروفیل b (d)
0.080	-0.182	-0.085	-0.302	-0.381	-0.604	Total Chl content غلظت کلروفیل کل (d)
0.207	0.130	0.210	0.108	-0.176	0.193	Carotenoid content غلظت کاروتنوئید (d)
0.264	0.681	0.508	0.170	0.435	-0.186	protein content محتوای پروتئین محلول (d)
-0.365	-0.385	0.309	-0.276	0.253	0.777	Peroxidase content محتوای پراکسیداز (a)
-0.565	-0.447	-0.478	-0.560	-0.013	0.722	Catalase content محتوای کاتالاز (a)

mgr / gr FW : d و μmol / gr FW : c ، nmol / gr FW : b ، μmol H_2O_2 decomposited min^{-1} mgr^{-1}proteina : a

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

جدول ۱۰- همبستگی ساختاری بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد و توابع کانونیک مربوطه تحت شرایط نرمال و تنش
Table 10. Structural correlation between yield and yield components and related canonical functions under normal and strees conditions

Traits صفات	Normal conditions شرایط نرمال			Stress conditions شرایط تنش		
	V_1	V_2	V_3	W_1	W_2	W_3
seed number per spike تعداد دانه در سنبله	-0.043	-0.354	0.861	0.652	0.174	0.641
1000 seed weight(gr) وزن هزار دانه (گرم)	-0.214	0.794	-0.346	0.928	-0.074	0.334
Grain yield (gr per 5 plants) عملکرد دانه (گرم در واحد ۵ بوته)	-0.938	0.249	0.228	0.835	0.491	-0.075

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر در جداول ۱۱ و ۱۲ آورده شده است. در بین متغیرهای فیزیولوژیکی، محتوای پرولین (۰/۸۴۹)، مقدار پراکسیدهیدروژن (۰/۷۷۷)، محتوای پراکسیداز (۰/۷۷۳)، غلظت مالون دی‌آلدهید (۰/۷۱۹) و محتوای کاتالاز (۰/۷۱۹) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (V_1) داشت، ولی غلظت کلروفیل a (۰/۶۰۳-) و غلظت کلروفیل کل (۰/۶۰۱-) دارای همبستگی منفی بودند. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی منفی و بالای بین عملکرد دانه (۰/۹۳۴-) با تابع کانونیک مربوط به صفات فیزیولوژیکی (W_1) وجود داشت، اما وزن هزار دانه (۰/۲۱۳-) دارای همبستگی منفی و پایینی بود.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت تابع (V_1) بیشتر متأثر از محتوای پرولین، مقدار پراکسیدهیدروژن برگ، غلظت مالون دی‌آلدهید، محتوای پراکسیداز، محتوای کاتالاز، غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل می‌باشد، اما تابع (W_1) بیشتر تحت تأثیر عملکرد دانه در درجه اول و وزن هزار دانه در درجه دوم بود. در چنین شرایطی برای افزایش، عملکرد دانه و وزن هزار دانه، صفات غلظت مالون دی آلدهید، مقدار پراکسیدهیدروژن برگ، محتوای پرولین، محتوای پراکسیداز، محتوای کاتالاز، غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل می‌تواند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند.

جدول ۱۱- همبستگی متغیرهای فیزیولوژیکی با تابع کانونیک حاصل از متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد تحت شرایط نرمال و تنش خشکی
Table 11. Correlation of physiological variables with canonical function of yield and yield components variables under normal and drought strees conditions

Traits صفات	Normal conditions شرایط نرمال			Stress conditions شرایط تنش		
	V_1	V_2	V_3	W_1	W_2	W_3
MDA غلظت مالون دی آلدهید (b)	0.719	0.107	0.202	0.903	-0.131	-0.060
H_2O_2 content محتوای پراکسید هیدروژن (c)	0.777	-0.010	0.224	-0.778	-0.232	0.193
Proline content محتوای پرولین (c)	0.849	-0.040	-0.125	-0.791	-0.207	0.201
Chl a content غلظت کلروفیل a (d)	-0.603	-0.341	-0.215	-0.479	-0.428	-0.259
Chl b content غلظت کلروفیل b (d)	-0.102	-0.284	-0.093	0.601	0.387	0.203
Total Chl content غلظت کلروفیل کل (d)	-0.601	-0.294	-0.222	-0.084	-0.154	0.059
Carotenoid content غلظت کاروتنوئید (d)	0.193	-0.136	0.079	0.207	0.110	0.153
protein content محتوای پروتئین محلول (d)	-0.186	0.336	0.125	0.501	0.576	0.195
Peroxidase content محتوای پراکسیداز (a)	0.773	0.196	-0.203	0.305	-0.326	-0.270
Catalase content محتوای کاتالاز (a)	0.719	-0.010	-0.411	-0.472	-0.378	-0.418

$mgr/gr\,FW:d$ و $\mu mol/gr\,FW:c$ ، $nmol/gr\,FW:b$ ، $\mu mol\ H_2O_2\ decomposited\,min^{-1}\,mgr^{-1}proteina:a$

جدول ۱۲- همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد با تابع کانونیک حاصل از متغیرهای فیزیولوژیکی تحت شرایط نرمال و تنش خشکی
Table 12. Correlation of yield and yield components variables with canonical functions of physiological variables under normal and drought strees conditions

Traits صفات	Normal conditions شرایط نرمال			Stress conditions شرایط تنش		
	W_1	W_2	W_3	V_1	V_2	V_3
seed number per spike تعداد دانه در سنبله	-0.043	-0.274	0.632	0.644	0.147	0.474
1000 seed weight(gr) وزن هزار دانه (گرم)	-0.213	0.613	-0.254	0.916	-0.063	0.247
Grain yield (gr per 5 plants) عملکرد دانه (گرم در واحد ۵ بوته)	-0.934	0.193	0.167	0.824	0.415	-0.056

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

تجزیه همبستگی کانونیک عملکرد و اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش خشکی

با مراجعه به جدول ۶ ملاحظه می‌شود آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال یک درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید؛ یعنی همبستگی معنی‌داری بین متغیرهای فیزیولوژیکی از یک طرف و عملکرد و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود دارد.

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای فیزیولوژیکی (V_1) و عملکرد و اجزای عملکرد (W_1) مورد مطالعه همراه با ضرایب مربوطه (a_{ij} و b_{ik}) به صورت زیر به دست آمد (جداول ۷ و ۸):

$$W_1 = -0.255X_1 + 0.684X_2 - 0.136X_3$$

$$V_1 = 0.622Y_1 -0.222Y_2 -0.259Y_3 +0.481Y_4 +0.008Y_5 - 0.079Y_6 +0.098Y_7 -0.158Y_8 +0.025Y_9 -0.675Y_{10}$$

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه در جداول ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. در بین متغیرهای فیزیولوژیکی، صفات غلظت مالون دی‌آلدهید (۰/۹۱۵)، مقدار کلروفیل b (۰/۶۰۹)، محتوای پروتئین برگ (۰/۵۰۸) و محتوای پراکسیداز (۰/۳۰۹) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک (V_1) نشان دادند ولی محتوای پرولین (۰/۸۰۱-)، مقدار پراکسیدهیدروژن (۰/۷۸۹-)، غلظت کلروفیل a (۰/۴۸۵-) و محتوای کاتالاز (۰/۴۷۸-) دارای همبستگی منفی بودند. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی بین وزن هزار دانه (۰/۹۲۸)، عملکرد دانه (۰/۸۳۵)، تعداد دانه در سنبله (۰/۶۵۲) با تابع کانونیک مربوطه (W1) مشاهده شد.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر در جداول ۱۱ و ۱۲ درج شده است. در بین متغیرهای فیزیولوژیکی، صفات غلظت مالون دی‌آلدهید (۰/۹۰۳)، غلظت کلروفیل b (۰/۶۰۱)، محتوای پروتئین محلول (۰/۵۰۱) و محتوای پراکسیداز (۰/۳۰۵) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (W_1) داشتند، ولی محتوای پرولین (۰/۷۹۱-)، مقدار پراکسیدهیدروژن (۰/۷۷۸-)، غلظت کلروفیل a (۰/۴۷۹-) و محتوای کاتالاز (۰/۴۷۲-) دارای همبستگی منفی بودند.

در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی بین وزن هزار دانه (۰/۹۱۶)، عملکرد دانه (۰/۸۲۴) و تعداد دانه در سنبله (۰/۶۴۴) با تابع کانونیک مربوط به صفات فیزیولوژیکی (V_1) وجود داشت.

با توجه به نتایج به دست آمده تحت شرایط تنش خشکی در گلخانه می‌توان گفت تابع V_1 بیشتر متأثر از وزن هزار دانه، عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله بود، اما تابع W_1 بیشتر تحت تأثیر صفات غلظت مالون دی‌آلدهید، مقدار پراکسیدهیدروژن برگ، محتوای پرولین، غلظت کلروفیل b، غلظت کلروفیل a، محتوای پروتئین محلول، محتوای کاتالاز و محتوای پراکسیداز بود. در چنین شرایطی برای افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و در نهایت عملکرد دانه، صفات غلظت مالون دی‌آلدهید، غلظت کلروفیل b، محتوای پروتئین محلول و محتوای پراکسیداز، مقدار پراکسیدهیدروژن برگ، محتوای پرولین، غلظت کلروفیل a و محتوای کاتالاز می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند.

تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه، بین محتوای پرولین، مقدار پراکسید هیدروژن، غلظت مالون دی‌آلدهید، محتوای پراکسیداز و محتوای کاتالاز و تابع کانونیکی مربوطه (W_1) همبستگی مثبت و بالا و بین عملکرد دانه و متغیر کانونیکی مربوطه (V_1) همبستگی منفی و بالایی مشاهده گردید. بنابراین در چنین شرایطی برای افزایش عملکرد دانه، صفات محتوای پرولین، مقدار پراکسید هیدروژن، غلظت مالون دی آلدهید، محتوای پراکسیداز و محتوای کاتالاز می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند. بر اساس نتایج به دست آمده تحت شرایط تنش خشکی در گلخانه، بین وزن هزار دانه، عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله و متغیر کانونیکی مربوطه (W_1) و همچنین بین صفات غلظت مالون دی‌آلدهید، غلظت کلروفیل b، محتوای پروتئین محلول و محتوای پراکسیداز، و متغیر کانونیکی مربوطه (V_1) همبستگی مثبت و بالایی مشاهده شد. چنین به نظر می‌رسد تحت شرایط تنش خشکی در گلخانه برای افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، صفات غلظت مالون دی‌آلدهید، غلظت کلروفیل b، محتوای پروتئین محلول و پراکسیداز می‌تواند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند.

Saba et al. (2018) در تجزیه همبستگی کانونیکی صفات مورد بررسی با صفات اجزای عملکرد، گزارش کردند که اولین متغیر کانونیکی برای صفات مستقل (U_1) بیشتر تحت تأثیر بیوماس گیاه (۰/۶۷۴) قرار گرفت و صفات دمای کانوپی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی دارای ضریب همبستگی پایین بودند. Alavi Siney and Saba(2014) با تجزیه همبستگی کانونی صفات زراعی، سه متغیر کانونی معنی‌دار بدست آوردند که متغیرهای کانونی معنی‌دار ۳۰ درصد از واریانس کل متغیرها را توجیه نمودند. همچنین آن‌ها همبستگی اولین، دومین و سومین جفت متغیر کانونی را به ترتیب ۰/۹۱ ، ۰/۸۴ و ۰/۷۴ گزارش کردند که اولین متغیر کانونی با توجیه ۱۳/۲ درصد از تنوع متغیرهای زراعی با صفات درصد اختصاص ماده خشک به برگ، ارتفاع و شاخص برداشت رابطه منفی و با بقیه صفات زراعی رابطه مثبت داشت. نتایج Lorenceti et al. (2006) نیز اهمیت تجزیه همبستگی کانونی برای درک ارتباط میان اجزای اولیه و ثانویه عملکرد دانه را در یولاف جهت ارزیابی ساختارهای ژنتیکی نشان داده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد بالای ژنوتیپ اروم به عملکرد بیولوژیک، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه بیشتر و ژنوتیپ میهن به وزن خشک بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی، ، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و تعداد دانه در سنبلچه بیشتر مرتبط است. با توجه به نتایج بدست آمده می توان عنوان کرد که تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش در گلخانه برای افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه، صفات غلظت مالون دی آلدهید و محتوای پراکسیداز، غلظت کلروفیل a می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند. این نتایج

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

اهمیت تجزیه همبستگی کانونی برای درک ارتباط بین صفات رشدی و صفات مرتبط با عملکرد دانه در گندم نان را نشان می دهد.

تشکر و قدردانی

از مسئولین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای انجام این پژوهش را فراهم کردند تشکر و قدر دانی می‌شود.

منابع

Abdoli, M. and M. Saeidi. (2012). Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. Annals of Biology Research, 3(3): 1322-1332 (In Persian).

Abid, M., Z. Tian, S.T. Ata-Ul-Karim, Y. Liu, Y. Cui, R. Zahoor and T. Dai. (2016). Improved tolerance to postanthesis drought stress by pre-drought priming at vegetative stages in drought-tolerant and-sensitive wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistry, 106(1): 218-227 (In Persian).

Agaie Sarberzeh, M. and A. Amini. (2011). Genetic diversity of agronomic traits in the genotypic collection of native bread wheat in Iran. Journal of Seedlings and Seeds, 27 (1): 581-599 (In Persian).

Alavi Siney, S.M. and J. Saba. (2014). Studying the association between physiological and agronomical characteristics of different wheat genotypes in dryland condition using canonical correlation analysis. Environmental Stresses in Crop Sciences, 7: 13-23 (In Persian).

Alexieva, V., I. Sergei, S. Mapelli and E. Karanov. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant Cell Environment, 24: 1337-1344.

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Bates, L., R. Waldrem and I. Teare. 1973. Rapid determination of free praline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Bayoumi, T.Y., M.H. Eid and E.M. Metwali. (2008). Application of physiological and indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology, 7: 2341-2352.

Bishop, D.L. and B.G. Bugbee. (1998). Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat. Journal of Plant Physiology, 153: 558-565.

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.

Brevedan, R.E. and D.B. Egli. (2003). Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. Crop Science, 43: 2083-2088.

Chance, B. and A.C. Maehly. (1955). Assay of catalase and peroxidases. Method Enzymology, 11(9): 764-755.

Dalvandi, G., A. Ghanbari-odivi, B. Farnia, B. Khaliltahmasebi and E. Nabati. (2013). Effects of drought stress on the growth, yield and yield components of four wheat populations in different growth stages. Advances in Environmental Biology, 7(4): 619-624 (In Persian).

Ellis, H.R. and C. Pieta-Filho. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research, 2: 19-25.

Estill, K., R.H. Delany, W.K. Smith and R.L. Ditterline. (1991). Water relations and productivity of alfalfa leaf chlorophyll variants. Crop Science, 25: 345-348.

Food and Agriculture Organization. (2011-2020). World food situation, Available at: http://www.fao.org/ worldfoodsituation/ csdb/en/.

Francois, L., E. Cathrin, M. Crieve, E.V. Mass and M.L. Scott. (1994). Time of salt stress effects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal, 86: 100-106.

Gasemi, M. 2017. Wheat cultivars of tolerance to end season drought stress in Ardabil plain. Agricultural research center, Ardabil. [In Persian with English summary].

Hadi, H., R. Seyed Sharifi and A. Namvar. (2016). Phytoprotectants and abiotic stresses. Urmia University Publication. 341p. (In Persian).

Hosseinzadeh, S.R., H. Amiri and A. Ismaili. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica, 54 (1): 87-92.

Johnson, R.A. and D.W. Wichern. (2002). Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey.

Kar, M. and D. Mishra. (1976). Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase activities during Rice leaf senescence. Plant Physiology, 57: 315-319.

Khodadadi, M., H. Dehghani and M.H. Fotokian. (2011). Investigation of heritability, causal analysis and factor analysis in autumn wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Journal of Agronomy Science, 4(4): 67-78 (In Persian).

Kohkan, H., A. Mohammadi, O. Alishah and E. Hezarjaribi. (2014). Soybean lines pure in analysis coefficient path using traits agronomic some and yield among relationships on study. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104: 6-29 (In Persian).

Korobov, R.M. and V.Y. Railyan. (1993). Canonical correlation relationships among spectral and phytometric variables for 20 winter-wheat fields. Remote Sensing of Environment, 43: 1-10.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]

Kovacik, J., B. Klejdus, P. Babula and M. Jarosova. (2014). Variation of antioxidants and secondary metabolites in nitrogen-deficient barely plants. Journal of Plant Physiology, 171: 260-268.

Lorenceti, C., F.I.F.D. Carvalho, A.C.D. Oliveira, I.P. Valerio, I. Hartwig, G. Benin and D.A.M. Schmidt. (2006). Aplicability of phenotypic and canonic correlations and path coefficients in the selection of oat genotypes. Scientia Agricola, 63: 11-19.

Mass, E.V. and C.W. Grieve. (1995). Spike and leaf development in salt stressed wheat. Crop Science, 30: 1309-1313.

Miller, G., N. Suzuki and S. Ciftci Yilmaz. (2010). Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. Plant Cell and Environment, 33: 453-467.

Mohammadi, S., A. Yazdansepas, M. Rezaie and T. Mirmahmmodi. (2010). Study of response of different Iranian bread wheat genotypes to different sowing dates under full-irrigation and terminal drought stress conditions. Research on Crops, 11(1): 13-19 (In Persian).

Ohkawa, H., N. Ohishi and K. Yagi. (1979). Assay for lipid peroxidation in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Annals of Biochemistry, 95: 351-358.

Parida, A.K. and A.B. Das. (2005). Salt tolerance and salinity effects on Plants. Ecotoxic and Environ Safety, 60: 324-349.

Pessarkli, M. (1999). Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc, 697 pp.

Rahnema, A., A. Bakhshandeh and M. Noormohammadi. 2000. Study of tiller variation, seed yield and yield components of wheat as affected by different plant densities under south Khoozestan climatic condition. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 2: 12-24 (In Persian).

Saba, J., Sh. Tavana, Z. Qorbanian, E. Shadan, F. Shekari and F. Jabbari. (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: 1037-1048.

Scott, M.L., M.G. Catterine, V.M. Eugene and E.F. Leland. (1992). Kernel distribution in main spikes of salt - stressed wheat. A probability modeling approach. Crop Science, 32: 704-712.

Smith, S. (2008). Intellectual property protection for plant varieties in the 21st century. Crop Sciences, 48: 1277- 1290.

Soghani, M., Sh. Vaezi and S.H. Sabaghpour. (2010). Study of correlation and analysis of grain yield and its related traits in white bean genotype. Journal of Agriculture and Plant Breeding, 6(3): 27-36.

Talebifar, M., R. Taghizadeh and S.E. Kamal kivi. (2014). Determination of relationships between yield and yield components in wheat varieties under water deficit stress in different growth stages through Path analysis. Journal Agronomy Sazandegi and Pajouhesh, 108: 107-113 (In Persian).

Vinocur, B. and A. Altman. (2005). Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. Current Opinion in Biotechnology, 16: 123-132.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.123]