"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و هفتم، شماره ۱، بهار ۱٤۰٤

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and root morphological traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines and cultivars

رعنا عزتی[۱]، محمود تورچی[۲]، محمد مقدم واحد[۳] و مظفر روستایی[۴]

چکیده

عزتی، ر.، م. تورچی، م. مقدم واحد و م. روستایی. ۱٤۰٤. اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۷ (۱): ۷۵ -۵۷.**

تنش خشکی از مخرب‌ترین تنش‌های محیطی محدود کننده رشد و عملکرد گندم است. این آزمایش با هدف ارزیابی اثر تنش خشکی بر رشد و عملکرد ارقام گندم نان، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار با ۲۵ رقم گندم در تیمارهای آبیاری کامل (آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر) و تنش خشکی (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر) تبخیر از تشتک تبخیر) در سال زراعی ۱٤۰۱-۱٤۰۰ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. صفات و شاخص‌های گیاهی مورد ارزیابی شامل دمای پوشش گیاهی، محتوای آب نسبی، سبزینگی برگ، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن زیست توده، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن تر و وزن خشک ریشه و طول ریشه بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای آبیاری و برهمکنش آبیاری و رقم اثر معنی‌داری بر صفات و شاخص‌های گیاهی مورد ارزیابی داشتند که نشان دهنده تنوع ژنتیکی بین ارقام گندم است. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که در شرایط تنش خشکی صفاتی مانند وزن هزار دانه، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن خشک ریشه اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ارقام گندم داشته و سهم قابل توجهی از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند. بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی، ۱٤ متغیر در پنج عامل شناسایی شدند که در مجموع ۸۳/٤ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. نتایج نشان داد که صفات و شاخص‌های وزن هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، سبزینگی برگ و طول پدانکل معیارهای مناسبی جهت گزینش برای بهبود عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط تنش خشکی هستند. ارقام گندم اوحدی، هما، آذر۲، تکاب، رصد، باران، هشترود، واران، سائین، پراو، سرداری، Dari12، Dari16، کمال، رحمت، مهر، صدرا و ایوان با توجه به برتری میانگین صفات و شاخص‌های؛ دمای پوشش گیاهی (۲٦/۹ درجه سلسیوس)، سبزینگی برگ (٦٦/۹)، وزن زیست توده (۱۲/۷ گرم)، تعداد سنبله در بوته (۲/۱۸ سنبله)، وزن هزار دانه (۳٦/۰ گرم)، تعداد دانه در سنبله (۲۹/۵ دانه)، تعداد پنجه بارور در بوته (۲/۹ پنجه) و عملکرد دانه (۲/۵ گرم) در شرایط تنش خشکی، نسبت به سایر ارقام برتری داشتند. در آزمایش حاضر ارقام هما و تکاب به‌ترتیب با میانگین عملکرد دانه بالاتر، به‌عنوان ارقام برتر شناخته شدند.

واژه های کلیدی: تجزیه تابع تشخیص، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به عامل‌ها، گندم نان و محتوای آب نسبی برگ

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۰۵/۲۱ این مقاله مستخرج از رساله دانشجوی دکتری دانشگاه تبریز می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (مکاتبه کننده، mtoorchi@tabrizu.ac.ir ✉)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- استاد گروه تحقیقات غلات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and root morphological traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines and cultivars

Ezzati, R.[1], Toorchi, M.[2], Moghaddam Vahed, M.[3] and Roostaei, M.[4]

ABSTRACT

Ezzati, R., Toorchi, M., Moghaddam Vahed, M. and Roostaei, M. 2025. Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and root morphological traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines and cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences. 27(1): 57-75. (In Persian).**

Introduction: Drought stress is a major limiting factor and the most important threat to bread wheat productivity, particularly in the semi-arid and arid regions. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is an ancient and widely cultivated cereal crop. Bread wheat one of the most staple crops and plays a crucial role in ensuring to food and nutritional security worldwide.

Materials and Methods: This experiment was carried out in agricultural research station, University of Tabriz, located in Karkaj, 12 kilometers east of Tabriz, Iran in 2021. Plant materials included 25 promising lines and cultivars of bread wheat, which were evaluated under full irrigation (30 mm evaporation) and drought stress (100 mm evaporation) from the class A pan treatments. The experimental desing was split-plot arrangements in randomized complete block design with five replications. Physiological, and root morphological traits such as canopy temperature, relarive water content, SPAD, biomass, plant height, peduncle length, number of spike plant^{-1}, 1000 grain weight, number of grain.spike^{-1}, number of fertile tiller.plant^{-1}, grain yield, root dry weight, root fresh weight and root length were measured and recorded.

Results: Analysis of variance showed that there was significant differences among the evaluated bread wheat promising lines and cultivars for all measured traits and indices at the 5% and 1% probability levels. There was also significant differences between irrigation treatments indicating the effect of drought stress on all measured traits. The irrigation × cultivar interaction effect was significant for all traits expect spike number plant^{-1} and number of fertile tiller.plant^{-1}. The results of stepwise regression analysis showed that under drought stress conditions, 1000 grain weight, number of fertile tiller.plant^{-1}, number of grain.spike^{-1}, and root dry weight had significant effect on grain yield and explained their significant contribution of observed variation in grain yield. Using factor analysis under drought stress conditions, fourteen variables were defined in five factors, which explained a total of 83.4% of the observed variations. Results showed that 1000 grain weight, grain yield, grain number.spike^{-1}, SPAD, and peduncle length may be considered as selection criteria to improve grain yield in bread wheat cultivars under drought stress conditions.

Conclusion: The results of this experiment showed that bread wheat promising lines and cultivars under drought stress conditions, responded by decreasing or increasing the values of traits and indices. The sum of these responses prevents the reduction of grain yield. The results of cluster analysis of morphological, physiological and root traits of 25 bread wheat promising lines and cultivars in irrigation treatments showed that cv. Owhadi, cv. Homa, cv. Azar2, cv. Takab, cv. Rasad, cv. Baran, cv. Hashtrood, cv. Varan, cv. Saeen, cv. Parav, cv. Sardari, Dari12 promising line, Dari16 promising, cv. Kamal, cv. Rahmat, cv. Mehr, cv. Sadra and cv. Ivan had higher values of all morphological, physiological and root traits, with mean of canopy temperature (26.9 ˚C), SPAD (66.9), biomass (12.7 g), spike number plant^{-1} (2.1), 1000 grain weight (36.0 g), grain number.spike^{-1} (29.5), number of fertile tiller.plant^{-1} (2.9), grain yield (2.5 g.plant^{-1}), root freash weight (8.1 g), root dry weight (2.6 g) and root length (72.1 cm). The results of the correlation coefficients confirmed the results of factor analysis. Results showed that cv. Homa and cv. Takab were the superior respectively in regard to grain yield

Key words: Bread wheat, Cluster analysis, Discriminant analysis, Factor analysis and Relative water content of leaf

Received: February, 2025 **Accepted**: **August, 2025**

1. PhD Student, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Professor, University of Tabriz, Tabriz, Iran (Corresponding author, ✉ mtoorchi@tabrizu.ac.ir)
3. Professor, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4. Professor., Cereal Research Department, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یک غله محبوب باستانی است و به‌دلیل سهم قابل توجهی که در امنیت غذایی و تغذیه انسان‌ها دارد، یکی از محصولات راهبردی در سراسر جهان محسوب می‌شود (Chowdhury *et al.*, 2021). گیاهان در طول دوره زندگی خود در معرض عوامل تنش‌زای متعددی قرار می‌گیرند. تنش خشکی عامل مهم محدودکننده عملکرد و مهم‌ترین تهدید طبیعی برای تولید گیاهان زراعی از جمله گندم، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. حساسیت به تنش خشکی با توجه به ژنوتیپ گیاه، مرحله رشد و مدت زمان تنش متفاوت است (Ahmed *et al.*, 2013). کامرانی و همکاران (Kamrani *et al.*, 2018) گزارش کردند تنش خشکی باعث کاهش صفات مورد ارزیابی به‌ویژه عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم دیم شد. آن‌ها گزارش کردند که ارتفاع بوته و طول پدانکل بلندتر، به‌دلیل نقش آنها در انتقال مجدد پرورده ذخیره شده و فتوسنتز، باعث افزایش تحمل به خشکی می‌شوند. نتایج تحقیقات نشان داده است که وقوع تنش خشکی در گندم در مرحله پنجه‌زنی، بیشترین تاثیر منفی را بر تعداد سنبله بارور در واحد سطح داشت (Duggan and Fawler, 2006).

تحمل تنش خشکی در گیاهان حاصل فرآیندهای مختلف فنولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک است که به تنهایی و یا در ترکیب با هم، باعث واکنش گیاه به تنش می‌شوند (Passioura, 2007). مرحله زایشی، حساس‌ترین مرحله رشد گندم به تنش خشکی است و کمبود آب در مرحله رشد زایشی در مقایسه با سایر تنش‌های محیطی، باعث کاهش قابل توجه عملکرد گندم می‌شود (Boussakouran *et al.*, 2021). نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه گندم باعث کاهش وزن زیست توده، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گندم می‌شود (Sadeghzadeh, 2006; Kamrani *et al.*, 2018). گودینگ و همکاران (Gooding *et al.*, 2003) گزارش کردند که کمبود آب در گندم، به‌ویژه باعث کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه می‌شود. وضعیت آب گیاه یک شاخص مهم در شناسایی واکنش گیاهان به تنش خشکی است. بالا بودن محتوای آب نسبی برگ و کم بودن سرعت تلفات آب، نشان دهنده سازگاری گیاه به خشکی است و می‌توان از آن به‌عنوان یک معیار گزینش برای تحمل خشکی در گندم استفاده کرد (Lugojan and Ciulca, 2011). گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش رشد ریشه، کاهش وزن زیست توده و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. در همین ارتباط گزینش گیاهان زراعی دارای ویژگی‌های مطلوب ریشه، برای دستیابی به عملکرد بالا در خاک‌های شور و دارای محدودیت آبی، همواره مورد توجه بوده است (Rahnama *et al.*, 2011; Rahnama *et al.*, 2024). ریشه‌های عمیق‌تر یک ویژگی مهم برای تحمل به تنش کم‌آبی در گندم محسوب می‌شود (Li *et al.*, 2019). از این رو، آگاهی از وضعیت ریشه و توزیع آن در خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Wasson *et al.*, 2012). ژو و همکاران (Xue *et al.*, 2003) با ارزیابی ارقام گندم در شرایط تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای گزارش دادند که طول ریشه با افزایش شدت تنش خشکی افزایش می‌یابد و ارقام متحمل‌تر دارای ویژگی‌های مطلوب‌تر سیستم ریشه‌ای هستند. وزن ریشه نیز یک شاخص مناسب برای توصیف توده کل ریشه در خاک است (Bohm, 2012).

هدف از انجام آزمایش حاضر ارزیابی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و صفات ریشه ارقام گندم برای شناسایی ارقام متحمل تنش خشکی بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در کرکج در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۰ متری از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار اجرا شد. مواد گیاهی شامل ۲۵ رقم گندم پاییزه بود که بذر آنها از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور تهیه شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری کامل (آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر) و تنش خشکی (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر) تبخیر از تشتک تبخیر) به‌عنوان کرت‌های اصلی و ارقام گندم به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. بذرهای ارقام گندم در اواسط مهر ۱۴۰۰ در داخل لوله‌های پلی‌اتیلنی ته‌باز به طول ۱۲۰ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر که درون آن‌ها پلاستیک قرار داده شده و با خاک زراعی پر شده بودند، کاشته شدند. لوله‌ها در گودال‌هایی به عمق ۱/۵ متر و طول شش متر و عرض شش متر قرار داده شدند. در هر لوله شش عدد بذر کاشته شد و بعد از سبز شدن بوته‌ها، به چهار بوته کاهش داده شدند. در ابتدا، آبیاری کلیه واحدهای آزمایشی تا مرحله ظهور دومین گره ساقه به صورت یکسان انجام شده و بعد از این مرحله، اعمال تنش خشکی آغاز شد. اعمال تنش تا مرحله انتهایی ظهور سنبله (کد زادوکس ۵/۵۷) (Zadoks *et al.*, 1974) و تا رسیدگی کامل دانه‌ها ادامه داده شد. برای جلوگیری از ورود آب باران به واحدهای آزمایشی تحت تنش خشکی، پوشش پلاستیکی در بالای محل قرار گرفتن لوله‌ها نصب شد. صفات گیاهی مورد ارزیابی شامل دمای پوشش گیاهی، محتوای آب نسبی برگ، سبزینگی برگ (قبل از گرده افشانی)، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد سنبله در بوته (پس از رسیدگی فیزیولوژیک)، تعداد دانه در سنبله، وزن زیست توده، عملکرد دانه، وزن هزار دانه (پس از برداشت در اواخر خرداد ۱۴۰۱)، وزن تر و وزن خشک ریشه و طول ریشه بودند. با توجه به تعبیه پلاستیک در داخل لوله‌ها، خارج کردن ریشه‌ها با حداقل آسیب انجام شد. پلاستیک‌های حاوی ریشه‌ها، در داخل یک حوضچه آب قرار داده شده و پس از نرم شدن خاک اطراف ریشه‌ها از داخل حوضچه بیرون آورده شدند. ریشه‌ها با استفاده از فشار کم آب شستشو داده شدند. ریشه‌های شسته شده و عاری از خاک، برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظر به آزمایشگاه انتقال داده شدند (Rahnama *et al.*, 2024). دمای پوشش گیاهی با استفاده از دماسنج لیزری (Testo 825-T2, Testo, Germany) بین ساعات ۱۲تا ۱۴ ظهر اندازه‌گیری شد. سبزینگی برگ با استفاده از کلروفیل‌متر دستی (SPAD502 PLUS, Konica Minolta, Japan) در مرحله قبل از گرده‌افشانی در چند نقطه از برگ اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه، وزن دانه‌های چهار بوته هر گلدان اندازه‌گیری شد. وزن تر ریشه با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد شده و پس از آن، طول بلندترین قسمت ریشه (عمق نفوذ ریشه)، با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. پس از خشکاندن ریشه‌ها در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت، وزن خشک آنها با استفاده از ترازوی حساس اندازه‌گیری شد. کلیه اندازه‌گیری‌های مربوط به ریشه به‌دلیل در هم تنیده شدن ریشه‌ها و احتمال آسیب در هنگام جدا کردن ریشه‌ها، در چهار بوته انجام و از آنها میانگین گرفته شد.

نرمال بودن و یکنواختی واریانس‌های خطاهای آزمایشی و روابط همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS 21، ارزیابی شد. ضریب همبستگی پیرسون که با ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون نیز نامیده می‌شود، معیاری برای تعیین رابطه بین دو متغیر کمی و میزان تطابق دو متغیر با یکدیگر است (Chao, 2017). مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار MSTAT-C انجام شد. برای گروه‌بندی ارقام گندم از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده شد و برای تعیین محل برش دندروگرام، ازتجزیه تابع تشخیص استفاده شد. برای ارزیابی دقیق‌تر اثر صفات و تعیین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه، از روش رگرسیون گام به‌گام و تجزیه به عامل‌ها با استفاده از مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس استفاده شد. از عدد KMO و آزمون بارتلت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

برای بررسی کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها استفاده شد (Cattell, 1965). تجزیه خوشه‌ای و تابع تشخیص، روش رگرسیون گام به‌گام و تجزیه به عامل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ارقام گندم مورد آزمایش

Table 1. Characteristics of wheat cultivars used in the experiment

Wheat cultivars	ارقام گندم	Characteristics	مشخصات
Sardari	سرداری	Early maturity, Drought tolerant	زودرس، متحمل به خشکی
Takab	تکاب	High yielding, Cold and drought tolerant	عملکرد بالا، متحمل به سرما و خشکی
Saeen	سائین	High yielding, Cold and drought tolerant	عملکرد بالا، متحمل به سرما و خشکی
Azar2	آذر۲	Cold and drought tolerant, Early maturity	متحمل به سرما و خشکی، زودرس
Rahmat	رحمت	High yielding, Early maturity, Drought tolerant	عملکرد بالا، زودرس، متحمل به خشکی
Mehr	مهر	High yielding, Cold and drought tolerant	عملکرد بالا، متحمل یه خشکی و سرما
Shalan	شالان	High yielding, Drought stress tolerant	عملکرد بالا، متحمل به خشکی
Varan	واران	High yielding, Early maturity	عملکرد بالا، زودرس
Baran	باران	Grain yield stability, Early maturity, Cold and drought tolerant	پایداری عملکرد، زودرس، متحمل به سرما و خشکی
Hoor	هور	High yielding under high rainfall, Resistant to lodging	عملکرد بالا در مناطق دیم پرباران، مقاوم به ورس
Parav	پراو	High yielding under high rainfall, Cold tolerant	عملکرد بالا در مناطق دیم پرباران، متحمل به سرما
Kamal	کمال	Grain yield stability, Cold and drought tolerant	پایداری عملکرد، متحمل به سرما و خشکی
Hashtrood	هشترود	Grain yield stability, Early maturity, Cold and drought tolerant	پایداری عملکرد، زودرس، متحمل به سرما و خشکی
Owhadi	اوحدی	Early maturity, Cold and drought tolerant	زودرس، متحمل به سرما و خشکی
Sadra	صدرا	High yielding, Resistant to lodging, Drought tolerant	عملکرد بالا، مقاوم به ورس، متحمل به خشکی و سرما
Rasad	رصد	Grain yield stability, Cold and drought tolerant	پایداری عملکرد، متحمل به خشکی و سرما
Rijav	ریژاو	Drought tolerant	متحمل به خشکی
Ivan	ایوان	Early maturity, Cold and drought tolerant	زودرس، متحمل به سرما و خشکی
Homa	هما	Early maturity, Cold and drought tolerant	زودرس، متحمل به سرما و خشکی
Dari11	داری۱۱	Drought tolerant	متحمل به خشکی
Dari12	داری۱۲	Drought tolerant	متحمل به خشکی
Dari13	داری۱۳	Drought tolerant	متحمل به خشکی
Dari14	داری۱۴	Drought tolerant	متحمل به خشکی
Dari16	داری۱۶	Drought tolerant	متحمل به خشکی
Dari19	داری۱۹	Drought tolerant	متحمل به خشکی

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام گندم برای کلیه صفات، به غیر از محتوای آب نسبی برگ، طول پدانکل، تعداد سنبله در بوته و تعداد پنجه بارور، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت که نشان دهنده تنوع ژنتیکی بین ارقام مورد ارزیابی است. برای محتوای آب نسبی برگ ، سبزینگی برگ، وزن زیست توده، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد سنبله، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه، دمای پوشش گیاهی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و طول ریشه بین دو تیمار آبیاری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد وجود داشت که نشان دهنده اثر تنش خشکی بر صفات یاد شده است. از طرفی برهمکنش آبیاری × رقم برای کلیه صفات به غیر از تعداد سنبله و تعداد پنجه بارور در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود که نشان دهنده تفاوت بین ارقام گندم در تیمارهای آبیاری است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش دمای پوشش گیاهی در کلیه ارقام گندم به‌غیر از سائین و Dari19 شد. رقم آذر۲ با میانگین ۳۰/۶ بیشترین و رقم صدرا با میانگین ۲۲/۵ درجه سلسیوس کمترین دمای پوشش گیاهی را در تیمار آبیاری کامل داشتند. در شرایط تنش خشکی بیشترین مقدار

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

دمای پوشش گیاهی مربوط به ارقام هما و Dari16 (به‌ترتیب ۲۸/۵ و ۲۸/۱) و کمترین مقدار مربوط به ارقام Dari19 و سائین (به‌ترتیب ۲۴/۷ و ۲۴/۷ درجه سلسیوس) بود. گزارش شده است که تنش خشکی باعث افزایش دمای پوشش گیاهی در گندم دوروم می‌شود (Tadili *et al.*, 2020). در شرایط تنش خشکی، ارقامی که دمای پوشش گیاهی پایین‌تری دارند، به طور نسبی وضعیت آبی بهتری دارند. هنگامی که دمای پوشش گیاهی از دمای هوا بیشتر باشد، نشان دهنده وقوع تنش خشکی در گیاه است (Blum, 2005). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، رقم اوحدی بیشترین (۸۴/۶ درصد) و رقم کمال کمترین (۶۲/۹ درصد) محتوای آب نسبی برگ را داشتند. در شرایط تنش خشکی، رقم صدرا بیشترین (۶۵/۹ درصد) و رقم آذر ۲ کمترین (۵۸/۹ درصد) محتوای آب نسبی برگ را دارا بودند (جدول ۳). در مجموع، تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ شد که این موضوع با نتایج سایر پژوهش‌ها مطابقت دارد (Shemi *et al.*, 2021). نتایج نشان داد که در تیمار آبیاری کامل رقم سرداری با میانگین ۱۱۱/۷ و Dari-11 با میانگین ۶۹/۱، کمترین و در تیمار تنش خشکی رقم باران با میانگین ۸۴/۵ بیشترین و رقم ریژاو با میانگین ۴۱/۹ کمترین میزان سبزینگی برگ را داشتند (جدول ۲). در مجموع، تنش خشکی باعث کاهش میزان سبزینگی برگ نسبت به تیمار آبیاری کامل شد که این موضوع مشابه با یافته‌های سایر محققان می‌باشد (Barutçular *et al.*, 2016; Wasaya *et al.*, 2021).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمار آبیاری کامل، ارقام سرداری و Dari11 به‌ترتیب با ۱۱۸/۲، ۱۰۸/۶ سانتی‌متر بیشترین و رقم هور با میانگین ۷۰/۵ سانتی‌متر، کمترین مقدار ارتفاع بوته را داشتند. در شرایط تنش خشکی بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۱۱۸/۲ سانتی‌متر) مربوط به رقم Dari19 و کمترین مقدار آن (۶۱/۴ سانتی‌متر) مربوط به رقم تکاب بود (جدول ۲). گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته گندم می‌شود (Asadi *et al.*, 2019). بیشترین طول پدانکل در ارقام آذر۲ و تکاب (به‌ترتیب ۳۶/۹ و ۳۶/۵ سانتی‌متر) و کمترین مقدار آن در رقم هور (۲۶/۶ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی بیشترین مقدار طول پدانکل به‌ترتیب مربوط به رقم Dari19 (۳۶/۹ سانتی‌متر) و رقم Dari16 (۳۲/۸ سانتی‌متر) و کمترین مقدار آن برای رقم هما (۱۲/۴ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۲). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داده شده است که تنش خشکی باعث کاهش طول پدانکل می‌شود (Golestani Far *et al.*, 2016). کاهش تعداد پنجه‌های بارور در گندم در شرایط تنش خشکی با نتایج سایر پژوهش‌ها از جمله آقچه‌لی و همکاران (Aghcheli *et al.*, 2021) عیدی‌زاده و همکاران (Eidizadeh *et al.*, 2016) و سلیمانی (Soleymani, 2016) مطابقت دارد. صنوبر و همکاران (Senobar *et al.*, 2011) گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله رویشی باعث کاهش بیشتر تعداد پنجه در مقایسه با تنش در مرحله زایشی می‌شود. آنها اظهار داشتند که در اوایل دوره رشد، به دلیل عدم محدودیت رطوبت خاک، تعداد پنجه‌های زیادی تولید می‌شود، ولی در ادامه رشد، تخلیه رطوبت خاک توسط پنجه‌ها و تنش خشکی اعمال شده، به‌خصوص در تیمارهای با فواصل آبیاری بیشتر، باعث اتلاف رطوبت و از بین رفتن تعداد بیشتری از پنجه‌ها می‌شود. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش وزن زیست‌توده تمامی ارقام گندم نسبت به تیمار آبیاری کامل شد. بیشترین مقدار وزن زیست‌توده در تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب مربوط به رقم‌های اوحدی و تکاب (۲۶/۹ و۲۵/۲ گرم در گلدان) وکمترین مقدار آن مربوط به رقم Dari12 (۱۱/۵ گرم در گلدان) بود. در شرایط تنش خشکی بیشترین مقدار وزن زیست‌توده مربوط به رقم رصد (۱۶/۸ گرم در گلدان) و کمترین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

مقدار آن (۶/۸۹ گرم در گلدان) برای رقم هور به دست آمد (جدول ۲). در مجموع تنش خشکی باعث کاهش وزن زیست توده شد که این موضوع با نتایج سایر تحقیقات مبنی بر اینکه تنش خشکی باعث کاهش ماده خشک تولیدی در اثر پیری و ریزش برگ‌های پایینی گیاه می‌شود، مطابقت دارد (Dehghanzadeh, 2019).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش وزن تر ریشه ارقام گندم، به‌جز ارقام Dari16 و Dari19 شد (جدول ۲). در تیمار آبیاری کامل رقم Dari12 بیشترین (۱۰/۲۴ گرم) و رقم هور کمترین (۵/۹ گرم) وزن تر ریشه را داشتند. در تیمار تنش خشکی بیشترین مقدار وزن تر ریشه مربوط به رقم Dari16 (۱۰/۱۳ گرم) و کمترین مقدار آن (۵/۰ گرم) مربوط به رقم مهر بود (جدول ۲). در تیمار آبیاری کامل رقم Dari12 بیشترین (۳/۸۹ گرم) و رقم هور کمترین (۱/۱۱ گرم) وزن خشک ریشه را داشتند. در تیمار تنش خشکی رقم سرداری بیشترین (۳/۴۱ گرم) وزن خشک ریشه را داشت (جدول ۲). نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده است که تنش خشکی باعث کاهش وزن ریشه می‌شود (Hasan *et al.*, 2021). در تیمار بدون تنش رقم Dari12 بیشترین (۹۱/۲ سانتی‌متر) و در تیمار تنش خشکی رقم Dari16 بیشترین (۹۰/۲ سانتی‌متر) مقدار طول (عمق نفوذ) ریشه را داشتند. کلیه ارقام گندم، به‌جز ارقام Dari16، Dari19 و هور، دارای طول ریشه کمتری در شرایط تنش خشکی بودند (جدول ۲). گزارش شده است که تنش خشکی متوسط در مقایسه با حالت بدون تنش باعث کاهش طول ریشه شده، ولی افزایش شدت تنش، باعث افزایش طول ریشه می‌شود (Gheysari *et al.*, 2015).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در سنبله کلیه ارقام گندم (به‌غیر از ارقام سرداری، آذر۲ و تکاب) نسبت به تیمار آبیاری کامل، شد (جدول ۲). کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله در تیمارهای تنش خشکی گزارش شده است. کاهش رطوبت در مراحل بحرانی رشد از جمله مرحله گرده‌افشانی که دانه‌های گرده به کمبود رطوبت حساس هستند، باعث کاهش تعداد دانه تولیدی در هر سنبله می‌شود (Senobar *et al.*, 2011). نتایج نشان داد که ارقام رحمت و آذر۲، (به‌ترتیب با میانگین ۸/۰ و ۷/۸ گرم) بیشترین و رقم هور با میانگین ۳/۹ گرم کمترین مقدار عملکرد دانه را در تیمار آبیاری کامل داشتند. در تیمار تنش خشکی، بیشترین مقدار عملکرد دانه (به‌ترتیب ۳/۱ و ۳/۱ گرم در گلدان) مربوط به ارقام هما و تکاب بود (جدول ۲). کاهش عملکرد دانه گندم در شرایط تنش خشکی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Asadi *et al.*, 2019). در تیمار آبیاری کامل، عملکرد دانه با ارتفاع بوته (r = ۰/۴۵۳*)، تعداد دانه در سنبله (r = ۰/۴۶۲**)، وزن هزار دانه (r = ۰/۶۵۰**) و در تیمار تنش خشکی با سبزینگی برگ (r = ۰/۴۷۱*)، وزن زیست توده (r = ۰/۴۷۸*)، وزن هزار دانه (r = ۰/۷۸۴**) تعداد دانه در سنبله (r = ۰/۷۵۵**)، تعداد پنجه بارور در بوته (r = ۰/۵۳۵**)، وزن تر ریشه (r = ۰/۴۷۸*)، وزن خشک ریشه (r = ۰/۶۱۹**) و طول ریشه (r = ۰/۴۸۳*) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۳). برای وزن هزار دانه ارقام آذر۲ و سرداری به‌ترتیب با ۴۷/۹ و۴۷/۴ گرم، بیشترین و رقم Dari11، Dari14 و سائین با ۳۲/۶ گرم، کمترین مقدار را در تیمار آبیاری کامل داشتند. در تیمار تنش خشکی، کمترین مقدار وزن هزار دانه با ۲۶/۲ گرم مربوط به رقم Dari14 و بیشترین مقدار برای ارقام تکاب و هما (به‌ترتیب ۴۴/۶ و ۴۰/۸ گرم) بود (جدول ۲). نتایج یک آزمایش نیز نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن ۱۰۰۰ دانه در گندم می‌شود (Asadi *et al.*, 2019). تنش خشکی باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی در دانه‌ها و اختلال در جذب عناصر توسط ریشه‌ها و باعث کاهش وزن دانه می‌شود (Malek *et al.*, 2019).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمارهای آبیاری کامل (بدون تنش) و تنش خشکی

Table 2. Mean comparison of plant traits and indices of wheat cultivars in full irrigation (normal) and drought stress treatments

Wheat cultivars	ارقام گندم	Irrigation treatments	تیمارهای آبیاری	دمای پوشش گیاهی Canopy temperature (°c)	محتوای آب نسبی Relative water content (%)	سبزینگی برگ SPAD	زیست توده Biomass (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول پدانکل Peduncle length (cm)	سنبله در بوته No. of spike.plant^{-1}
Sardari	سرداری	Full irrigation	آبیاری کامل	30.2ab	79.4a–c	111.7a	23.9a–d	118.2a	32.8a-i	2.8a-e
		Drought stress	تنش خشکی	26.7a-c	63.9b-g	61.4a–e	11.0fg	73.0c-h	26.4a-l	2.0c-e
Azar2	آذر۲	Full irrigation	آبیاری کامل	30.6a	77.4a–e	98.0ab	23.4a–e	96.8a-f	36.9a	3.0a-d
		Drought stress	تنش خشکی	27.5a-c	58.9g	55.2b–e	12.20e–g	70.8d-h	30.1a-l	2.0c-e
Owhadi	اوحدی	Full irrigation	آبیاری کامل	27.5a-c	84.6a	88.6a–e	26.9a	103.9a-c	35.7a-d	3.2a-d
		Drought stress	تنش خشکی	27.6a-c	61.7d-g	64.1a–e	12.6d–g	63.7gh	28.6a-l	2.0c-e
Homa	هما	Full irrigation	آبیاری کامل	28.2a-c	78.1a–d	93.2a–d	24.5a–c	101.3a-e	34.5a-g	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	28.5a-c	63.1b-g	60.9a–e	11.5fg	69.3f-h	26.4a-l	2.0c-e
Takab	تکاب	Full irrigation	آبیاری کامل	26.4a-c	79.7ab	92.7a–d	25.2ab	85.9b-h	36.5ab	3.2a-d
		Drought stress	تنش خشکی	25.9a-c	62.4b-g	70.3a–e	14.4b–g	61.4h	25.5a-l	2.0c-e
Rasad	رصد	Full irrigation	آبیاری کامل	25.4a-c	72.0a–g	93.6a–d	17.6a–g	96.5a-f	33.2a-i	3.2a-d
		Drought stress	تنش خشکی	25.9a-c	65.1b-g	79.2a–e	16.8a–g	82.5b-h	20.2h-l	2.6a-e
Baran	باران	Full irrigation	آبیاری کامل	25.7a-c	71.5a–g	79.2a–e	13.9b–g	90.6a-h	33.8a-h	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	27.1a-c	65.7b-g	84.5a–e	12.5d–g	84.6b-h	19.5i-l	2.6a-e
Saeen	سائین	Full irrigation	آبیاری کامل	26.5a-c	71.7a–g	82.4a–e	17.0a–g	84.0b-h	29.7a-l	3.6ab
		Drought stress	تنش خشکی	24.7a-c	60.4e-g	69.9a–e	11.0fg	74.7c-h	20.7f-l	2.2b-e
Hashtrood	هشترود	Full irrigation	آبیاری کامل	25.80 a-c	70.1a–g	90.94 a–e	15.38 b–g	102.1a-c	29.4a-l	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	26.83 a-c	61.9d-g	76.37 a–e	9.498 fg	83.4b-h	22.2c-l	1.8de
Rijav	ریژاو	Full irrigation	آبیاری کامل	28.15 a-c	74.1a–g	77.46 a–e	14.55 b–g	86.2b-h	33.3a-i	3.6ab
		Drought stress	تنش خشکی	26.3a-c	65.6b-g	41.9e	9.33fg	74.8c-h	21.6d-l	1.40e
Parav	پراو	Full irrigation	آبیاری کامل	25.4a-c	73.3a–g	82.5a–e	17.2a–g	91.1a-h	33.4a-i	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	26.7a-c	62.1c-g	70.3a–e	14.6b–g	76.0c-h	22.1c-l	2.0c-e
Ivan	ایوان	Full irrigation	آبیاری کامل	24.3a-c	74.2a–g	96.2a–c	19.5a–f	89.9a-h	32.9a-i	3.2a-d
		Drought stress	تنش خشکی	27.7a-c	61.1d-g	76.7a–e	15.6a–g	77.8b-h	23.7a-l	2.4a-e
Sadra	صدرا	Full irrigation	آبیاری کامل	22.5c	74.3a–g	76.5a–e	15.9a–g	101.6a-d	32.4a-j	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	26.0a-c	65.9b-g	64.1a–e	12.9d–g	85.0b-h	21.3e-l	2.4a-e
Varan	واران	Full irrigation	آبیاری کامل	24.0a-c	74.3a–g	80.1a–e	13.5c–g	94.9a-f	28.3a-l	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	26.5a-c	63.8b-g	78.5a–e	10.6fg	93.2a-g	28.5a-l	2.0c-e
Kamal	کمال	Full irrigation	آبیاری کامل	24.1a-c	62.9b-g	86.2a–e	13.7c–g	99.4a-f	29.9a-l	3.6ab
		Drought stress	تنش خشکی	25.8a-c	63.7b-g	58.68b–e	10.1fg	75.7c-h	19.6i-l	1.8de
Shallan	شالان	Full irrigation	آبیاری کامل	26.3a-c	72.3a–g	70.2a–e	16.1a–g	94.7a-g	36.1a-c	3.0a-d
		Drought stress	تنش خشکی	26.7a-c	63.5b-g	52.89b–e	12.4e–g	75.6c-h	22.0c-l	2.4a-e
Rahmat	رحمت	Full irrigation	آبیاری کامل	25.3a-c	74.4a–g	75.8a–e	15.5a–g	100.1a-f	34.0a-h	3.2a-d
		Drought stress	تنش خشکی	27.6a-c	63.8b-g	70.6a–e	12.6d–g	74.6c-h	20.4g-l	2.2b-e
Mehr	مهر	Full irrigation	آبیاری کامل	24.5a-c	77.0a–e	71.4a–e	18.1a–g	102.9a-c	35.3a-e	3.6ab
		Drought stress	تنش خشکی	27.0a-c	64.0b-g	67.8a–e	10.8fg	80.6b-h	21.0f-l	2.2b-e
Dari12	داری۱۲	Full irrigation	آبیاری کامل	24.6a-c	76.7a–f	73.6a–e	11.5fg	102.7a-c	31.2a-k	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	26.2a-c	62.6b-g	70.1a–e	10.4fg	81.8b-h	17.8kl	2.0c-e
Dari13	داری۱۳	Full irrigation	آبیاری کامل	23.9bc	63.7b–g	87.3a–e	17.1a–g	94.8a-g	34.8a-f	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	27.0a-c	64.8b-g	54.7b–e	9.79fg	80.6b-h	16.8l	2.0c-e
Hoor	هور	Full irrigation	آبیاری کامل	26.1a-c	68.8a–g	89.4a–e	12.4e–g	70.5e-h	26.6a-l	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	27.7a-c	65.4b-g	46.5c–e	6.8g	73.0c-h	21.5e-l	1.8de
Dari11	داری۱۱	Full irrigation	آبیاری کامل	24.8a-c	73.1a–g	69.1a–e	15.8a–g	108.6ab	32.3a-j	3.6ab
		Drought stress	تنش خشکی	27.3a-c	64.1b-g	44.8de	9.6fg	75.8c-h	19.5i-l	2.2b-e
Dari14	داری۱۴	Full irrigation	آبیاری کامل	23.4c	74.8a–g	94.9a–d	13.9b–g	91.8a-h	30.3a-l	3.6ab
		Drought stress	تنش خشکی	27.3a-c	62.9b-g	48.6b–e	10.0fg	77.0c-h	22.7b-l	2.2b-e
Dari16	داری۱۶	Full irrigation	آبیاری کامل	24.8a-c	72.3a–g	82.7a–e	16.8a–g	98.9a-f	33.8a-h	3.4a-c
		Drought stress	تنش خشکی	28.1a-c	60.1e-g	57.3b–e	10.2fg	72.9c-h	18.5j-l	2.6a-e
Dari19	داری۱۹	Full irrigation	آبیاری کامل	24.0a-c	76.6a–f	77.4a–e	12.6d–g	96.8a-f	34.3a-g	3.8a
		Drought stress	تنش خشکی	24.7a-c	59.6fg	44.5de	9.0fg	118.2a	22.10c-l	2.4a-e

در هر ستون‌های میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

Table 2. Continued

جدول ۲- ادامه

Wheat cultivars	ارقام گندم	Irrigation treatments	تیمارهای آبیاری	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	پنجه بارور در بوته No. of fertile tiller.plant^{-1}	عملکرد دانه Grain yield (g.pot^{-1})	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dray weight (g)	طول ریشه Root length (cm)
Sardari	سرداری	Full irrigation	آبیاری کامل	47.4a	34.4d-g	4.2a-g	6.1a-c	9.2a-f	2.9a-g	82.2a-g
		Drought stress	تنش خشکی	39.2a-f	36.2b-e	3.0c-h	2.5e-h	8.3a-h	3.4a-b	74.4d-h
Azar2	آذر۲	Full irrigation	آبیاری کامل	47.9a	32.6f-i	5.2a-c	7.8a	9.5a-d	2.7a-g	84.6a-d
		Drought stress	تنش خشکی	35.8a-g	36.8a-d	2.8d-h	2.3f-h	8.8a-h	3.1a-f	78.6d-h
Owhadi	اوحدی	Full irrigation	آبیاری کامل	42.9a-e	37.6a-c	4.6a-f	6.7ab	8.7a-h	2.0b-g	78.2a-h
		Drought stress	تنش خشکی	36.8a-g	31.8g-j	3.0c-h	2.9e-h	7.9a-h	1.9c-g	70.4d-h
Homa	هما	Full irrigation	آبیاری کامل	41.6a-f	39.6a	4.0a-g	6.1a-c	8.2a-h	2.6a-g	73.2a-h
		Drought stress	تنش خشکی	40.8a-f	33.0f-h	2.8d-h	3.1d-h	7.1a-h	2.7a-g	63.6d-h
Takab	تکاب	Full irrigation	آبیاری کامل	45.4ab	35.0c-f	4.6a-f	6.2a-c	9.3a-e	2.5a-g	83.2a-e
		Drought stress	تنش خشکی	44.6a-c	36.8a-d	3.2b-h	3.1e-h	8.9a-g	2.8a-g	80.0a-g
Rasad	رصد	Full irrigation	آبیاری کامل	40.0a-f	33.4e-h	5.2a-c	6.6ab	10.0a-c	3.1a-d	89.0a-c
		Drought stress	تنش خشکی	36.6a-g	27.6l-o	3.4a-h	2.9e-h	8.3a-h	2.9a-g	74.0a-h
Baran	باران	Full irrigation	آبیاری کامل	40.4a-f	34.4d-g	5.0a-d	6.1a-c	8.8a-h	2.3a-g	78.6a-h
		Drought stress	تنش خشکی	39.4a-f	28.2k-n	3.2b-h	2.8e-h	6.1c-h	2.1a-g	55.0c-h
Saeen	سائین	Full irrigation	آبیاری کامل	32.6c-g	29.6j-m	4.8a-e	4.4b-g	8.0a-h	1.1h	71.6a-h
		Drought stress	تنش خشکی	31.6d-g	23.8p	2.6e-h	1.6h	6.9a-h	2.8a-g	61.0a-h
Hashtrood	هشترود	Full irrigation	آبیاری کامل	37.6a-g	34.4d-g	5.0a-d	6.6ab	9.2a-g	3.1a-d	82.4a-f
		Drought stress	تنش خشکی	35.8a-g	28.2k-n	2.4f-h	2.0gh	6.6a-h	2.9a-g	59.0a-h
Rijav	ریژاو	Full irrigation	آبیاری کامل	37.8a-g	32.6f-i	5.0a-d	5.7a-c	9.8a-c	2.8a-g	87.6a-c
		Drought stress	تنش خشکی	31.8d-g	26.8m-o	1.6h	1.6h	5.4f-h	2.6a-g	48.2f-h
Parav	پراو	Full irrigation	آبیاری کامل	36.6a-g	31.6g-j	5.0a-d	5.6a-d	9.1a-g	2.7a-g	81.0a-g
		Drought stress	تنش خشکی	33.4b-g	25.8n-p	2.4f-h	1.9gh	8.1a-h	2.3a-g	72.4a-h
Ivan	ایوان	Full irrigation	آبیاری کامل	33.60-g	30.6h-k	5.2a-c	5.9a-c	8.6a-h	3.1a-e	77.2a-h
		Drought stress	تنش خشکی	32.4c-g	24.8op	3.4a-h	2.1gh	7.9a-h	2.9a-g	70.8a-h
Sadra	صدرا	Full irrigation	آبیاری کامل	35.6a-g	32.6f-i	5.4ab	6.4a-c	8.5a-h	3.3ab	75.8a-h
		Drought stress	تنش خشکی	31.8d-g	26.8m-o	3.0c-h	2.0gh	8.5a-h	2.7a-g	76.2a-h
Varan	واران	Full irrigation	آبیاری کامل	40.6a-f	36.6b-d	5.4ab	7.7a	9.2a-f	2.9a-g	83.0a-e
		Drought stress	تنش خشکی	36.8a-g	30.8h-k	2.4f-h	2.4e-h	5.5e-h	2.0b-g	49.8e-h
Kamal	کمال	Full irrigation	آبیاری کامل	43.2a-d	36.6b-d	5.0a-d	6.8ab	9.1a-g	2.6a-g	81.4a-g
		Drought stress	تنش خشکی	40.6a-f	30.8h-k	2.8d-h	2.6e-h	5.3gh	2.3a-g	47.6gh
Shallan	شالان	Full irrigation	آبیاری کامل	39.6a-f	36.0b-e	4.2a-g	6.5ab	8.0a-h	3.0a-f	71.8a-h
		Drought stress	تنش خشکی	32.2c-g	29.8i-l	3.2b-h	2.5e-h	6.3a-h	2.2a-g	56.8a-h
Rahmat	رحمت	Full irrigation	آبیاری کامل	41.4a-f	37.4a-c	5.6a	8.0a	8.4a-h	3.2a-c	75.2a-h
		Drought stress	تنش خشکی	35.2a-g	31.8g-j	3.0c-h	2.7e-h	6.6a-h	1.8e-g	59.6a-h
Mehr	مهر	Full irrigation	آبیاری کامل	36.6a-g	33.4e-h	5.4ab	6.6ab	8.4a-h	3.0a-f	75.2a-h
		Drought stress	تنش خشکی	33.6b-g	28.0k-n	2.8d-h	2.1gh	5.0h	2.7a-g	44.6h
Dari12	داری۱۲	Full irrigation	آبیاری کامل	43.8a-d	38.6ab	4.8a-e	7.4a	10.2a	3.8a	91.2a
		Drought stress	تنش خشکی	36.2a-g	32.6f-i	2.6e-h	2.8e-h	7.5a-h	2.6a-g	67.0a-h
Dari13	داری۱۳	Full irrigation	آبیاری کامل	35.6a-g	32.6f-i	5.6a	5.9a-c	9.3a-e	2.9a-g	83.0a-e
		Drought stress	تنش خشکی	30.4e-g	26.8m-o	2.6e-h	2.2f-h	7.4a-h	2.8a-g	66.0a-h
Hoor	هور	Full irrigation	آبیاری کامل	35.6a-g	28.6k-n	4.4a-g	3.9c-h	5.9d-h	1.1h	52.4d-h
		Drought stress	تنش خشکی	33.6b-g	14.0r	2.2gh	1.5h	6.5b-h	1.8d-g	55.6b-h
Dari11	داری۱۱	Full irrigation	آبیاری کامل	32.6c-g	29.6j-m	5.6a	4.8b-f	8.1a-h	3.0a-f	72.2d-h
		Drought stress	تنش خشکی	29.2fg	15.0r	2.8d-h	1.6h	7.6a-h	1.7fg	68.2a-h
Dari14	داری۱۴	Full irrigation	آبیاری کامل	32.6c-g	29.6j-m	5.4ab	4.8b-e	8.2a-h	2.6a-g	73.4d-h
		Drought stress	تنش خشکی	26.2g	14.2r	2.8d-h	1.5h	6.9a-h	2.1a-g	61.2a-h
Dari16	داری۱۶	Full irrigation	آبیاری کامل	35.6a-g	32.6f-i	5.0a-d	6.0a-c	8.8a-h	2.7a-g	79.2d-h
		Drought stress	تنش خشکی	34.4b-g	16.8r	2.8d-h	1.9gh	10.1ab	2.2a-g	90.2ab
Dari19	داری۱۹	Full irrigation	آبیاری کامل	37.4a-g	36.6b-d	5.2a-c	6.6ab	6.3a-h	2.8a-g	57.0d-h
		Drought stress	تنش خشکی	34.4b-g	20.8q	2.6e-h	2.2f-h	7.6a-h	1.6g	68.0a-h

ستون‌های با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون توکی می‌باشند

Columns with different letters are significantly different at 0.05 probability level based on Tukey's multiple range test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمارهای آبیاری کامل (بدون تنش) (بالای قطر) و تنش خشکی (پایین قطر)

Table 3. Correlation coefficients of plant traits and indices of wheat cultivars in full irrigation (normal) (above diameter) and drought stress (below diameter) treatments

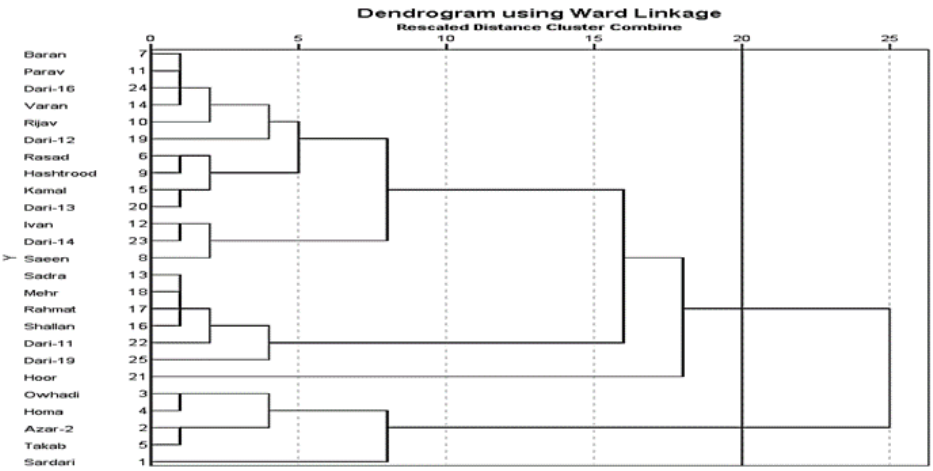
Plant traits and indices	صفات و شاخص‌های گیاهی	دمای پوشش گیاهی Canopy temperature	محتوای آب نسبی Relative water content	سبزینگی برگ SPAD	زیست توده Biomass	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	تعداد سنبله No. of spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight	دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	پنجه بارور در بوته No. of fertile tillers	عملکرد دانه Grain yield	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dray weight	طول ریشه Root length
Canopy temperature	دمای پوشش گیاهی	1	0.424*	0.492*	0.622**	0.108	0.319	-0.569**	0.600**	0.122	-0.592**	0.055	0.171	-0.244	0.163
Relative water content	محتوای آب نسبی	0.062	1	0.157	0.604**	0.311	0.442*	-0.313	0.385	0.314	-0.289	0.234	0.057	0.083	0.054
SPAD	سبزینگی برگ	-0.051	0.034	1	0.558**	0.054	-0.030	-0.508**	0.360	-0.104	-0.338	-0.089	0.166	-0.196	0.161
Biomass	زیست توده	-0.011	-0.048	0.615**	1	0.284	0.596**	-0.577**	0.465*	0.180	-0.401*	0.116	0.219	-0.124	0.214
Plant height	ارتفاع بوته	-0.497*	-0.060	-0.016	-0.222	1	0.282	-0.248	0.337	0.438*	0.066	0.453*	0.343	0.601**	0.343
Peduncle length	طول پدانکل	-0.260	-0.334	-0.154	-0.232	0.705**	1	-0.358	0.355	0.302	-0.050	0.364	0.229	0.283	0.226
No. of spike	تعداد سنبله	-0.007	-0.119	0.310	0.445*	0.291	0.349	1	-0.606**	-0.174	0.400*	-0.330	-0.323	-0.156	-0.319
1000 grain weight	وزن هزار دانه	-0.046	-0.035	0.438*	0.258	-0.194	-0.321	-0.110	1	0.655**	-0.405*	0.650**	0.429*	0.197	0.427*
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	-0.089	-0.033	0.442*	0.416*	-0.242	-0.529**	-0.227	0.695**	1	-0.297	0.741**	0.250	0.386	0.256
No. of fertile tillers	پنجه بارور در بوته	0.106	-0.063	0.436*	0.682**	-0.143	-0.205	0.727**	0.265	0.247	1	0.184	0.138	0.348	0.140
Grain yield	عملکرد دانه	0.027	0.047	0.471*	0.478*	-0.116	-0.400*	0.160	0.784**	0.755**	0.535**	1	0.478*	0.619**	0.483*
Root fresh weight	وزن تر ریشه	0.119	-0.436*	0.005	0.379	-0.190	0.029	0.388	0.083	-0.004	0.384	0.098	1	0.534**	1.000**
Root dray weight	وزن خشک ریشه	-0.085	-0.053	0.308	0.346	-0.278	-0.441*	-0.132	0.208	0.507**	0.146	0.137	0.245	1	0.536**
Root length	طول ریشه	0.113	-0.441*	0.019	0.395	-0.188	0.025	0.393	0.091	0.021	0.394	0.118	0.999**	0.257	1

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

در تیمار آبیاری کامل، بر اساس نتایج تجزیه تابع تشخیص، ارقام گندم بر اساس صفات و شاخص‌های مورد ارزیابی به دوگروه تقسیم شدند. ارقام اوحدی، هما، تکاب، سرداری، آذر۲ درگروه اول، ارقام پراو، Dari16، رصد، Dari13، ایوان، Dari14، سائین، ریژاو، مهر،Dari19، صدرا،Dari11، هشترود، واران، کمال، باران، رحمت، Dari12، شالان و هور در گروه دوم قرار گرفتند (شکل ۱). ارقام گندم گروه یک دارای بیشترین میزان انحراف از میانگین کل برای کلیه صفات به‌غیر از تعداد سنبله، تعداد پنجه بارور در بوته و وزن خشک ریشه بودند و کمترین میزان انحراف از میانگین کل را ارقام گروه دوم داشتند که در این گروه ارقام برای صفات تعداد سنبله در بوته، تعداد پنجه در بوته و وزن خشک ریشه دارای انحراف از میانگین مثبت بودند. این نتایج نشان می‌دهد که ارقام گروه اول مقادیر صفات و عملکرد بیشتری نسبت به ارقام گروه دوم دارا بودند (جدول ۴).



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمار آبیاری کامل (بدون تنش)

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis for plant traits and indices of wheat cultivars in full irrigation (normal) treatment

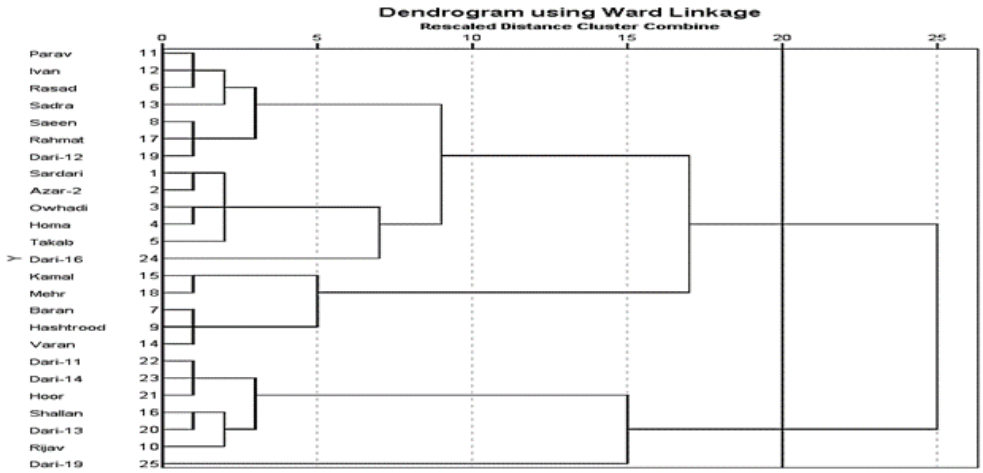
جدول ۴- میانگین و درصد انحراف از میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی در گروه‌های ارقام گندم در تیمار آبیاری کامل (بدون تنش)

Table 4. Mean and deviation for plant traits and indices of wheat cultivar groups in in full irrigation (normal) treatment

		Group 1 گروه ۱		Group 2 گروه ۲	
Plant traits and indices	صفات و شاخص‌های گیاهی	میانگین Mean	انحراف از میانگین Mean deviation (%)	میانگین Mean	انحراف از میانگین Mean deviation (%)
Canopy temperature	دمای پوشش گیاهی	28.60	11.18	25.72	-2.80
Relative water content	محتوای آب نسبی	79.89	8.04	73.94	-2.01
SPAD	سبزینگی برگ	96.89	14.14	84.89	-3.53
Biomass	زیست توده	24.84	43.42	17.32	-10.85
Plant height	ارتفاع بوته	101.23	5.26	96.17	-1.31
Peduncle length	طول پدانکل	35.28	7.38	32.86	-1.84
No. of spike	تعداد سنبله	3.12	-7.36	3.37	1.84
1000 grain weight	وزن هزار دانه	45.05	15.61	38.97	-3.90
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	35.84	5.84	33.86	-1.46
No. of fertile tillers	پنجه بارور در بوته	4.52	-9.46	4.99	2.36
Grain yield	عملکرد دانه	6.62	5.82	6.25	-1.46
Root fresh weight	وزن تر ریشه	9.03	3.58	8.72	-0.89
Root dray weight	وزن خشک ریشه	2.59	-6.25	2.76	1.56
Root length	طول ریشه	80.28	3.47	77.58	-0.87

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

در تیمار تنش خشکی، بر اساس نتایج تجزیه تابع تشخیص، ارقام گندم بر اساس صفات و شاخص‌های مورد ارزیابی به دوگروه تقسیم شدند. ارقام اوحدی، هما، آذر۲، تکاب، رصد، باران، هشترود، واران، سائین، پراو، سرداری، Dari12،Dari16، کمال، رحمت، مهر، صدرا و ایوان درگروه اول و ارقام Dari11 ، Dari14، هور، ریژاو، شالان، Dari13 و Dari19 در گروه دوم قرار گرفتند (شکل ۲). ارقام گروه اول در کلیه صفات و شاخص‌ها به‌غیر از محتوای آب نسبی، طول پدانکل و ارتفاع بوته، دارای بیشترین میانگین بودند و بالعکس گروه دوم بیشترین میانگین را برای این صفات داشتند، اما در کل، میانگین گروه دوم برای اکثر صفات و شاخص‌ها کمتر از میانگین گروه اول بود.



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمار تنش خشکی

Fig. 2. Dendrogram of cluster analysis for plant traits and indices of wheat cultivars in drought stress treatment

جدول ۵- میانگین و درصد انحراف از میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی در گروه‌های ارقام گندم در تیمار آبیاری کامل (بدون تنش)

Table 5. Mean and deviation for plant traits and indices of wheat cultivar groups in in drought stress treatment

		Group 1 گروه ۱		Group 2 گروه ۲	
Plant traits and indices	صفات و شاخص‌های گیاهی	میانگین Mean	انحراف از میانگین Mean deviation (%)	میانگین Mean	انحراف از میانگین Mean deviation (%)
Canopy temperature	دمای پوشش گیاهی	26.90	0.31	26.72	-0.34
Relative water content	محتوای آب نسبی	62.46	-1.02	63.79	1.10
SPAD	سبزینگی برگ	66.96	6.59	58.34	-7.14
Biomass	زیست توده	12.79	11.42	10.06	-12.37
Plant height	ارتفاع بوته	74.12	-5.27	82.71	5.71
Peduncle length	طول پدانکل	19.53	-7.12	22.65	7.71
No. of spike	تعداد سنبله	2.18	2.66	2.07	-2.88
1000 grain weight	وزن هزار دانه	36.06	3.29	33.67	-3.56
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	29.58	9.09	24.45	-9.85
No. of fertile tillers	پنجه بارور در بوته	2.92	5.30	2.62	-5.74
Grain yield	عملکرد دانه	2.50	7.37	2.14	-7.98
Root fresh weight	وزن تر ریشه	8.11	11.29	6.39	-12.23
Root dray weight	وزن خشک ریشه	2.66	7.58	2.27	-8.21
Root length	طول ریشه	72.17	11.50	56.67	-12.45

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته با سایر صفات و شاخص‌ها

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

به‌عنوان متغیرهای مستقل، در تیمار آبیاری کامل در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که از بین ۱۳ متغیر مستقل، چهار متغیر مستقل تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه مهم‌ترین صفات تاثیرگذار بر تغییرات عملکرد دانه بودند. تعداد دانه در سنبله به‌تنهایی ۵۳ درصد و همراه با سه صفت دیگر در مجموع ۸۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. برای انجام تجزیه به عامل‌ها در هر دو تیمار آبیاری آزمون KMO و آزمون بارتلت برای ارزیابی کفایت مدل انجام شد. در تیمار آبیاری کامل مقدار KMO برابر با ۰/۵۴۱ به دست آمد. نتیجه آزمون بارتلت (χ^2= ۳۸۲/۰۶ ، df=۹۱) نیز معنی‌دار بود. پس از انجام تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل شناسایی شدند که در مجموع ۷۷/۵ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۷). سهم عامل‌های اول تا چهارم به ترتیب ۳۶/۱۸۱، ۲۱/۹۵۲، ۱۱/۱۲۰، ۸/۲۵۲ درصد برآورد شد. در عامل اول دمای پوشش گیاهی، سبزینگی برگ، وزن زیست توده، وزن هزار دانه دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بوده و مهم‌ترین نقش را در تبیین مؤلفه اول داشتند. در عامل دوم وزن تر ریشه، طول ریشه، وزن خشک ریشه، دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بودند و چون بیشترین بار عاملی مربوط به ویژگی‌های ریشه گیاه بود، عامل ویژگی‌های ریشه نامیده شد. عامل سوم شامل ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، وزن خشک ریشه بود که در بین آنها تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و وزن هزار دانه دارای بار عاملی بزرگ و مثبت بودند. عامل سوم با توجه به اینکه بیشترین بار عاملی مربوط به اجزای عملکرد بود، عامل اجزای عملکرد نامیده شد. به نظر می‌رسد که گزینش بر اساس افزایش عامل سوم، باعث افزایش عملکرد ارقام گندم خواهد شد. عامل چهارم شامل صفات طول پدانکل، وزن زیست توده و ارتفاع بوته بود که طول پدانکل و وزن زیست توده بیشترین سهم را در توجیه این عامل داشتند (جدول ۸).

جدول ۶- نتایج تجزیه رگرسیون گام به‌گام عملکرد دانه با صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمار آبیاری کامل

Table 6. Stepwise regression analysis of grain yield with plant traits and indices of wheat cultivars in full irrigation (normal) treatment

Fixed variables	متغیر ثابت	ضرایب رگرسیون استاندارد نشده (B)	ضرایب رگرسیون استاندارد شده (Beta)	R^2 تصحیح شده Adjusted R^2	R^2 تصحیح شده جزیی Partial adjusted R^2
Intercept	عرض از مبدأ	-6.261			
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	0.232	0.702**	0.529	0.529
No. of fertile tillers	پنجه بارور در بوته	1.357	0.617**	0.703	0.174
No. of spike	تعداد سنبله	-1.298	-0.298**	0.862	0.159
1000 grain weight	وزن هزار دانه	0.058	0.260*	0.881	0.019

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۷- مقادیر ویژه، درصد نسبی و درصد تجمعی واریانس عامل‌های استخراج شده صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمار آبیاری کامل

Table 7. Eigen value, proportion and cumulative variance of extract factors of plant traits and indices of wheat cultivars in full irrigation (normal) treatment

Component	عامل	مقادیر ویژه Eigen value	واریانس Variance (%)	واریانس تجمعی Cumulative variance (%)
Component 1	عامل اول	5.065	36.181	36.181
Component 2	عامل دوم	3.073	21.952	58.133
Component 3	عامل سوم	1.557	11.120	69.253
Component 4	عامل چهارم	1.155	8.252	77.505

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

جدول ۸- ماتریس بار عاملی صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در پنج عامل اصلی حاصل از تجزیه به عامل‌ها در تیمار آبیاری کامل

Table 9. Component matrix and factor load of plant traits and indices of wheat cultivars in five factors obtained from factor analysis in full irrigation (normal) treatment

Plant traits and indices	صفات و شاخص‌های گیاهی	عامل اول Component 1	عامل دوم Component 2	عامل سوم Component 3	عامل چهارم Component 4
Canopy temperature	دمای پوشش گیاهی	0.823	-	-	-
Relative water content	محتوای آب نسبی	-	-	-	-
SPAD	سبزینگی برگ	0.774	-	-	-
Biomass	زیست توده	0.645	-	-	0.672
Plant height	ارتفاع بوته	-	0.393	0.376	0.464
Peduncle length	طول پدانکل	-	-	-	0.814
No. of spike	تعداد سنبله	-0.678	-	-	-
1000 grain weight	وزن هزار دانه	0.599	-	0.655	-
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	-	-	0.934	-
No. of fertile tillers	پنجه بارور در بوته	-0.725	0.411	-	-
Grain yield	عملکرد دانه	-	0.465	0.754	-
Root fresh weight	وزن تر ریشه	-	0.922	-	-
Root dray weight	وزن خشک ریشه	-0.378	0.655	0.397	-
Root length	طول ریشه	-	0.922	-	-

نتایج تجزیه رگرسیون در تیمار تنش خشکی (جدول ۹) نشان داد که از بین ۱۳ متغیر مستقل، چهار متغیر وزن هزار دانه، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن خشک ریشه، مهم‌ترین صفات تاثیرگذار بر تغییرات عملکرد دانه ارقام گندم بودند. وزن هزار دانه به‌تنهایی ۶۰ درصد و همراه با سه صفت دیگر در مجموع ۸۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. مقدار KMO برابر با ۰/۵۸۰ به دست آمد. نتیجه آزمون بارتلت (df=۹۱ ، ۳۰۹/۰۸ =χ^2) نیز معنی‌دار بود. پس از تجزیه به عامل‌ها پنج عامل شناسایی شدند که در مجموع ۸۳/۴ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند. سهم عامل‌های اول تا پنجم به ترتیب ۳۹/۹۱۲، ۲۰/۳۶۰، ۱۴/۲۳۹، ۱۰/۴۲۰، ۷/۵۲۸ درصد برآورد شد (جدول ۱۰). در عامل اول هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، سبزینگی برگ و طول پدانکل مهم‌ترین نقش را در تبیین مؤلفه اول داشتند. وزن هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب با داشتن بزرگترین بارعاملی، بیشترین سهم را در توجیه عامل اول داشتند. بر این اساس عامل اول عامل ویژگی‌های اجزای عملکرد نامیده شد. عامل دوم تعداد پنجه بارور، تعداد سنبله، وزن زیست توده، سبزینگی برگ و عملکرد دانه، دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بوده و چون در این عامل بیشترین بار عاملی مربوط به ویژگی‌های رشدی گیاه بود، عامل ویژگی‌های رشدی نامیده شد. عامل سوم شامل وزن تر ریشه، طول ریشه و محتوای آب نسبی بود که در بین آنها وزن تر ریشه و طول ریشه دارای بار عاملی بزرگ و مثبت بودند که در نتیجه عامل ویژگی‌های ریشه نامیده شد. عامل چهارم شامل دمای پوشش گیاهی، ارتفاع بوته و طول پدانکل بود که دمای پوشش گیاهی دارای بار عاملی بزرگ و مثبت بود که عامل ویژگی‌های فیزیولوژیکی در نظر گرفته شد. درعامل پنجم وزن خشک ریشه، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله و وزن زیست توده مشارکت داشتند (جدول ۱۱). با توجه به نتایج به دست آمده، به‌نظر می‌رسد که گزینش براساس افزایش عامل اول، باعث افزایش عملکرد ارقام گندم خواهد شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

جدول ۹- نتایج تجزیه رگرسیون گام به‌گام عملکرد دانه با صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمار تنش خشکی

Table 9. Stepwise regression analysis of grain yield with plant traits and indices of wheat cultivars in drought stress treatment

Fixed variables	متغیر ثابت	ضرایب رگرسیون استاندارد نشده (B)	ضرایب رگرسیون استاندارد شده (Beta)	R^2 تصحیح شده Adjusted R^2	R^2 تصحیح شده جزیی Partial Adjusted R^2
Intercept	عرض از مبدأ	-0.924	0.363**		
1000 grain weight	وزن هزار دانه	0.046	0.342**	0.597	0.597
No. of fertile tillers	پنجه بارور در بوته	0.439	0.555**	0.705	0.107
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	0.042	-0.270**	0.770	0.065
Root dray weight	وزن خشک ریشه	-0.289	0.363**	0.819	0.050

*, **: Significant at 5% and 1% probability lenels, respectively *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۰- مقادیر ویژه، درصد نسبی و درصد تجمعی واریانس عامل‌های استخراج شده صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در تیمار آبیاری کامل

Table 10. Eigen value, proportion and cumulative variance of extract factors of plant traits and indices of wheat cultivars in drought stress treatment

Component	عامل	مقادیر ویژه Eigen value	واریانس Variance (%)	واریانس تجمعی Cumulative variance (%)
Component 1	عامل اول	4.328	30.912	30.912
Component 2	عامل دوم	2.850	20.360	51.272
Component 3	عامل سوم	1.993	14.239	65.511
Component 4	عامل چهارم	1.459	10.420	75.931
Component 5	عامل پنجم	1.054	7.528	83.459

جدول ۱۱- ماتریس بار عاملی صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام گندم در پنج عامل اصلی حاصل از تجزیه به عامل‌ها در تیمار آبیاری کامل

Table 11. Component matrix and factor load of plant traits and indices of wheat cultivars in five factors obtained from factor analysis in drought stress treatment

Plant traits and indices	صفات و شاخص‌های گیاهی	عامل اول Component 1	عامل دوم Component 2	عامل سوم Component 3	عامل چهارم Component 4	عامل پنجم Component 5
Canopy temperature	دمای پوشش گیاهی	-	-	-	0.804	-
Relative leaf water content	محتوای آب نسبی	-	-	-0.757	-	-
SPAD	سبزینگی برگ	0.420	0.602	-	-	-
Biomass	زیست توده	-	0.754	-	-	0.360
Plant height	ارتفاع بوته	-	-	-	-0.848	-
Peduncle length	طول پدانکل	-0.345	-	-	-0.673	-0.485
No. of spike	تعداد سنبله	-	0.853	-	-	-
1000 grain weight	وزن هزار دانه	0.920	-	-	-	-
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	0.830	-	-	-	0.437
N0. of fertile tillers	پنجه بارور در بوته	-	0.854	-	-	-
Grain yield	عملکرد دانه	0.880	0.361	-	-	-
Root fresh weight	وزن تر ریشه	-	-	0.892	-	-
Root dray weight	وزن خشک ریشه	-	-	-	-	0.893
Root length	طول ریشه	-	-	0.892	-	-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که ارقام گندم در شرایط تنش خشکی دارای پاسخ‌هایی از قبیل کاهش یا افزایش مقادیر صفات و شاخص‌های گیاهی دارند که مجموع آنها باعث جلوگیری از کاهش عملکرد دانه در ارقام متحمل می‌شود. در ارقام متحمل که دارای عملکرد دانه مطلوب‌تری در شرایط تنش خشکی بودند، عملکرد دانه با صفات و شاخص‌های وزن زیست توده، سبزینگی برگ، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور در بوته، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و طول ریشه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای صفات و شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده، در شرایط تنش خشکی ارقام اوحدی، هما، آذر۲، تکاب، رصد، باران، هشترود، واران، سائین، پراو، سرداری، Dari12، Dari16، کمال، رحمت، مهر، صدرا و ایوان با میانگین دمای پوشش گیاهی ۲۶/۹ درجه سلسیوس، سبزینگی برگ ۶۶/۹، وزن زیست توده ۱۲/۷گرم، تعداد سنبله ۲/۱، وزن هزار دانه ۳۶/۰ گرم، تعداد دانه در سنبله ۲۹/۵، تعداد پنجه بارور در بوته ۲/۹ و عملکرد دانه ۲/۵ گرم، وزن تر ریشه ۸/۱ گرم، وزن خشک ریشه ۲/۶ گرم و طول ریشه ۷۲/۱ سانتی‌متر دارا نسبت به سایر ارقام برتری داشتند. بر اساس نتایج به دست آمده، ارقام گندم اوحدی، هما، آذر۲، تکاب، رصد، باران، هشترود، واران، سائین، پراو، سرداری، Dari12، Dari16، کمال، رحمت، مهر، صدرا و ایوان با برتری از نظر صفات و شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و صفات ریشه و عملکرد دانه، به عنوان ارقام متحمل به تنش خشکی شناخته شدند. به هر جهت، توسعه ارقام با صفات مطلوب در مناطقی که دارای محدودیت آبی هستند، می‌تواند یکی از راه‌های مقابله با محدودیت‌های محیطی باشد که باعث افزایش عملکرد دانه در انواع گیاهان زراعی از جمله گندم باشد. جهت اطمینان از نتایج این پژوهش، ارزیابی صفات و شاخص‌های موفولوژیکی، فیزیولوژیکی و صفات ریشه بیشتر در شرایط تنش خشکی، پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور برای مساعدت در تهیه بذر ارقام گندم، سپاسگزاری می‌شود. از خانم‌ها مهندس سلیمانی و مهندس شفیعی که به اجرای این تحقیق کمک کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Aghcheli, S., Rahemi Karizaki, A., Gholamalipour Alamdari E., and Gholizadeh Rezaei, M. 2021. Evaluation of drought stress on grain yield and yield components in some winter cereals under controlled conditions. *Crop Science Research in Arid Regions*, 3, pp.177-187. [In Persian]. doi: 10.22034/csrar.2021.296830.11 10

Ahmed, I.M., Dai, H., Zheng, W., Cao, F., Zhang, G., Sun, D., and Wu, F. 2013. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. *Plant Physiology and Biochemistry*, 63, pp.49-60. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.11.004

Asadi A.A., Valizadeh, M., Mohammadi, S.A., and Khodarahmi, M. 2019. Genetic analysis of response to water deficit stress in wheat yield traits with generation means and variance analysis. *Journal of Crop*

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

Breeding, 11(32), pp.88-99. doi:10.29252/jcb.11.32.88

Barutçular, C., Yıldırım, M., Koc, M., Akıncı, C., Toptaş, I., Albayrak, O., Tanrıkulu, A., and El Sabagh, A. 2016. Evaluation of SPAD chlorophyll in spring wheat genotypes under different environments. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(4), pp.1258-1266. https://www.researchgate.net/profile/Ayman

Blum, A. 2005. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*, 100, pp. 77-83. https://doi.org/10.1023/A:1018303922482

Bohm, W. 2012. Methods of Studying Root Systems. Springer, Germany. 33, pp.1-188. https://doi.org/10.1007/978-3-642-67282-8

Boussakouran, A., El Yamani, M., Sakar, E.H., and Rharrabti, Y. 2021. Genetic advance and grain yield stability of Moroccan durum wheats grown under rainfed and irrigated conditions. *International Journal of Agronomy*, (1), 5571501. https://doi.org/10.1155/2021/5571501

Cattell, R.B. 1965. A biometrics invited paper.Factor analysis: an introduction to essentials. 1. The purpose and underlying models. *Biometrics*, 21(1), pp.190-215. https://doi.org/10.2307/2528364

Chao, C.C. 2017. Correlation, Pearson. *In:* The sage encyclopedia of communication research methods. *SAGE Publications, Inc*. https://doi.org/10.4135/9781483381411.n99

Chowdhury, M.K., Hasan, N.A., Bahadur, M.M., Islam, M.R., Hakim, M.A., Iqbal, M.A., Javed, T., Raza, A., Shabbir, R., Sorour, S., and Elsanafawy, N.E. 2021. Evaluation of drought tolerance of some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes through phenology, growth, and physiological indices. *Agronomy*, 11(9), 1792. https://doi.org/10.3390/agronomy11091792

Dehghanzadeh, H., 2019. Evaluation of some physiological growth indices effective on growth and grain yield of three wheat cultivars under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12, pp.365-375. [In Persian]. doi: 10.22077/escs.2019.1394.1300

Duggan, B.L., and Fowler, D.B., 2006. Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies. *Crop Science*, 46(4), pp.1479-1487. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.06-0126

Eidizadeh, K., Ebrahimpour, F., and Ebrahimi. M.A. 2016. Effect of different irrigation regimes on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Ramin climate. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9(1), pp.29-36. doi: 10.22077/escs.1395.297

Gheysari, M., Majidi, M.M., Mirlatifi, S.M., Zareian, M.J., Amiri, S., and Banifatemeh, S.M. 2015. The effects of two different deficit irrigation managements on the root length of maize. *Journal of Water and Soil*, 28(5), pp.890-898. [In Persian]. doi: 10.22067/JSW.V0I0.27891

Golestani Far, F., Mahmoodi, S., Zamani, G.R., and Sayyari Zahan, M.H. 2016. Effect of inter and intra-specific competition on morphological and growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.) under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9(3), pp.241-256. [In Persian]. doi: 10.22077/escs.2016.415

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., and Schofield, J.D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 37(3), pp.295-309. https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0501

Hasan, U.W., Roy, C., Chattopadhyay, T., Ranjan, D. and De, N. 2021. Effects of heat and drought stress on yield and physiological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop and Weed*, 17(1), pp.203-210. https://doi.org/10.22271/09746315.2021.v17.i1.1425

Kamrani, M., Mehraban, A., and Shiri, M. 2018. Identification of drought tolerant genotypes in dryland wheat using drought tolerance indices. *Journal of Crop Breeding*, 10(28), pp.13-26. doi:10.29252/jcb.10.28.13

Li, X., Ingvordsen, C.H., Weiss, M., Rebetzke, G.J., Condon, A.G., James, R.A., and Richards, R.A. 2019. Deeper roots are associated with cooler canopies, a higher normalized difference vegetation index, and greater yield in three wheat populations grown on stored soil water. *Journal of Experimental Botany*, 70(18), pp.4963-4974. https://doi.org/10.1093/jxb/erz232

Lugojan, C., and Ciulca, S. 2011. Evaluation of relative leaf water content in winter wheat. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 15(2), pp.173-177. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:83378835

Malek, M.M., Galavi, M., Ramroudi, M., and Nakhzari Moghaddam, A. 2019. Evaluation of drought tolerance of wheat cultivars under water deficiency stress after flowering. *Journal of Crop Production*, 12, pp.123-136. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2019.15545.2161

Passioura, J. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), pp.113-117. https://doi.org/10.1093/jxb/erl212

Rahnama, A., Munns, R., Poustini, K., and Watt, M. 2011. A screening method to identify genetic variation in root growth response to a salinity gradient. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), pp.69-77. https://doi.org/10.1093/jxb/erq359

Rahnama, A., Hosseinalipour, B., Farrokhian Firouzi, A., Harrison, M.T., and Ghorbanpour, M. 2024. Root architecture traits and genotypic responses of wheat at seedling stage to water-defcit stress. *Cereal Research Communications*, 52, pp.1499–510. https://doi.org/10.1007/s42976-023-00481-4

SadeghZadeh Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8(1), pp.30-45. http://agrobreedjournal.ir/article-1-302-en.html

Senobar, A., Tabatabayi, S.A., and Dehghani, F. 2011. Effect of irrigation intervals on grain yield, yield components and harvest index of bread wheat cultivars in Yazd region. *Environmental Stresses in Crop Science*, 3, pp.95- 104. [In Persian]. doi: 10.22077/escs.2011.86

Shemi, R., Wang, R., Gheith, E.S.M., Hussain, H.A., Cholidah, L., Zhang, K., Zhang, S., and Wang, L. 2021. Role of exogenous-applied salicylic acid, zinc and glycine betaine to improve drought-tolerance in wheat during reproductive growth stages. *BMC Plant Biology*, 21, pp.1-15 https://doi.org/10.1186/s12870-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]

021-03367-x

Soleymani, A., 2016. Effect of drought stress on yield and yield components of wheat by ET-HS model. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9, pp.205-215. [In Persian]. doi: 10.22077/escs.2016.412

Tadili, S., Asghari, A., Karimizadeh, R., Sofalian, O., and Mohammaddoust Chamanabad, H. 2020. Evaluation of drought stress tolerance in advanced lines durum wheat using the selection index of ideal genotype (SIIG). *Journal of Crop Ecophysiology*, 14(53)1, pp.45-62. [In Persian]. doi: 10.30495/jcep.2020.671640

Wasaya, A., Manzoor, S., Yasir, T.A., Sarwar, N., Mubeen, K., Ismail, I.A., Raza, A., Rehman, A., Hossain, A., and El Sabagh, A. 2021. Evaluation of fourteen bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes by observing gas exchange parameters, relative water and chlorophyll content, and yield attributes under drought stress. *Sustainability*, 13(9), 4799. https://doi.org/10.3390/su13094799

Wasson, A.P., Richards, R.A., Chatrath, R., Misra, S.C., Prasad, S.S., Rebetzke, G.J., Kirkegaard, J.A., Christopher, J., and Watt, M. 2012. Traits and selection strategies to improve root systems and water uptake in water-limited wheat crops. *Journal of Experimental Botany*. 63(9), pp.3485-3498. https://doi.org/10.1093/jxb/ers111

Xue, Q., Zhu, Z., Musick, J.T., Stewart, B.A. and Dusek, D.A. 2003. Root growth and water uptake in winter wheat under deficit irrigation. *Plant and Soil*, 257, pp.151-161. https://doi.org/10.1023/A:1026230527597

Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), pp.415-421. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-02]