دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی ارقام گندم بهاره از نظر صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و زراعی تحت تنش خشکی

محمدرضا نقوی[۱]، محمد مقدم[۲]، محمود تورچی[۲] و محمدرضا شکیبا[۲]

۱- استادیار بخش کشاورزی دانشگاه پیام نور، ایران (نویسنده مسوول: mr_naghavi@ymail.com)
۲- استاد، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش ۲۰ رقم گندم بهاره در شرایط آبیاری کامل (شاهد) و تنش خشکی اعمال شده قبل از مرحله آبستنی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین سطوح تنش و همچنین بین ارقام از نظر تمام صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تنش باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، اجزای عملکرد، ارتفاع و سایر خصوصیات مورفولوژیک گردید. هم‌چنین ارزش خصوصیات فیزیولوژیک در طی تنش کاهش یافت و این کاهش در بین ارقام یکسان نبود. علاوه بر این تحت تنش خشکی مقدار کمّی صفات ریشه‌ای گیاه در جهت مقابله با شرایط کم آبی افزایش یافت و این افزایش در ارقام متحمل‌تر بیشتر بود. از طرف دیگر، بررسی ضرایب هم‌بستگی صفات در شرایط تنش و فاقد تنش نشان داد عملکرد دانه بیشترین هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار را در بین اجزای عملکرد با تعداد سنبله در بوته دارد. همچنین دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای، ارقام مورد مطالعه را در هر دو شرایط تنش و بدون تنش در چهار گروه قرار داد. بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسات میانگین و تجزیه خوشه‌ای ارقام کویر، نیک‌نژاد، دریا، مغان۳ و مرودشت متحمل‌ترین و بهار حساس‌ترین رقم در نظر گرفته شدند. بنابراین، به نظر می‌رسد ارقام اخیر برای کاشت در اراضی که در معرض کمبود آب در انتهای دوره رشدی قرار دارند مناسب باشند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تحمل تنش، تنش خشکی، گندم بهاره

مقدمه

تنش خشکی یکی از علل اصلی خسارت به گیاهان زراعی در سرتاسر جهان از طریق کاهش میانگین عملکرد تا میزان ۵۰ درصد می‌باشد (۵۲). ادمیدس و همکاران (۱۱) معتقدند تنش خشکی هنگامی افزایش می‌یابد که میزان تبخیر بالای برگها از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها برای جذب آب از خاک تجاوز نموده و فراتر رود. با توجه به اینکه ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود، در چنین مناطقی نوسانات بارندگی نیز زیاد بوده و ممکن است برخی از مراحل مهم رشدی گیاه به دلیل کم آبی تحت تأثیر کاهش پتانسیل آب خاک قرار گیرد (۳۳). اهمیت اقتصادی غلات به ویژه گندم، ایجاب می کند که هر گونه راهکاری برای بهینه‌سازی سیستم تولید آن در کشور مورد ارزیابی قرار گیرد. کاهش اثر تنش‌های محیطی با استفاده از روش‌هایی مانند آبیاری، مصرف کود و شیوه‌های مناسب کاشت در این مناطق، با محدودیت مواجه است. بنابراین، اصلاح ژنتیکی گیاه برای به حداقل رساندن اثر تنش‌های محیطی تلاشی با ارزش به شمار می‌آید (۱۴). تحمل خشکی از نظر ژنتیکی یک صفت ساده نبوده، بلکه صفتی کمی و پیچیده با جنبه‌های مختلف می‌باشد که به‌طور مثال با صفات محتوای آب نسبی برگ، فلورسانس کلروفیل، تجمع پرولین، تجمع آبسیزیک اسید و تنظیم اسمزی ارتباط دارد (۳۸). فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان عمدتاً تابع آب در گیاه بوده و به طور غیرمستقیم تحت تأثیر تنش آب در خاک قرار دارند (۲۱). تأثیر تنش کمبود آب بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مراحل مختلف رشدی و ارتباط آن‌ها با رشد و نمو و عملکرد گندم از سوی گوپتا و همکاران (۱۲) مورد اشاره قرار گرفته است. سینگ و همکاران (۴۷) تفاوت معنی‌داری از نظر پتانسیل آب برگ بین ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش خشکی گزارش کردند، به‌طوری که ارقام متحمل‌تر دارای پتانسیل آب برگ نسبتاً بالاتری در مقایسه با ارقام حساس‌تر بودند. از طرف دیگر، بسیاری از بررسی‌های انجام گرفته در مورد واکنش گیاهان به تنش خشکی، روی اندام‌های هوایی گیاه متمرکز شده‌اند. با این حال، آگاهی کافی از نحوه عمل سیستم ریشه‌ای در طول دوره خشکی و پس از آن، با اهمیت به نظر می‌رسد (۷). زمانی که رطوبت خاک در ناحیه ریشه کافی نیست، ریشه به سرعت به قسمت‌های دیگری از خاک که دارای رطوبت مناسب است گسترش می‌یابد (۴۴). ژو و همکاران (۵۴) با بررسی ارقام گندم تحت تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای به این نتیجه رسیدند که طول، حجم و عمق ریشه با شدت گرفتن تنش خشکی افزایش می‌یابد و ارقام متحمل‌تر از خصوصیات مطلوب‌تر سیستم ریشه‌ای در شرایط تنش برخوردار می‌باشند. بنابراین، ارقام متحمل در جهت حفظ عملکرد دانه در شرایط تنش اقدام می‌کنند. عملکرد دانه خصوصیت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر تعداد زیادی از فرآیندهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی واقع می‌شود و شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی گیاه و اثرهای متقابل آن‌ها، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۰). تنش خشکی، عملکرد را از طریق تضعیف مبدأ[1] و مقصد[2]، بسته به شدت و زمان وقوع تنش تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷). سلیم (۴۱) در مطالعه گندم‌های دوروم و نان نشان داد که طول سنبله، تعداد سنبلچه، عملکرد دانه، ماده خشک بوته و ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی

1- Source
2- Sink

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

کاهش می‌یابد. بنابراین، با توجه به اهمیت گندم و تنش خشکی هدف از انجام پژوهش حاضر شناسایی ارقام متحمل و حساس گندم بهاره با استفاده از صفات مورفولوژیکی، زراعی و فیزیولوژیکی تحت تنش خشکی و هم‌چنین شناسایی صفات مطلوب جهت گزینش ارقام متحمل می باشد.

مواد و روش‌ها

عملیات مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در کرکج، ۱۲ کیلومتری شرق تبریز، با ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا (۱۶) انجام شد. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان گرم است. دما در زمستان کم و بیش به زیر صفر افت می‌کند و فعالیت‌های گیاه را متوقف می‌سازد. میانگین دمای سالیانه این منطقه ۹/۸۸ و حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۲/۵۱ و ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد است. مواد گیاهی مورد استفاده شامل تعداد ۲۰ رقم گندم بهاره به اسامی مهدوی، پیشتاز، بم، سیستان، زاگرس، مرودشت، سپاهان، افلاک، آرتا، ارگ، سیوند، پارس، بهار، بک کراس روشن، کویر، نیک نژاد، دریا، مروارید، روشن و مغان۳ بودند که از بخش غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند. ارقام درون لوله‌های پولیکای به طول یک متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر پر شده از خاک زراعی کشت شدند. تعداد ۵ عدد بذر داخل هر لوله در عمق یک سانتی‌متری کشت شد و بعد از جوانه‌زنی و در مرحله شروع پنجه دهی با تنک، به سه بوته در هر لوله تقلیل داده شد. آبیاری به طور مرتب تا زمان اعمال تنش برای کلیه لوله‌ها انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و در طی دو سال زراعی (۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰) انجام شد. تنش خشکی قبل از مرحله آبستنی به مدت دو هفته از طریق قطع آبیاری اعمال گردید. برای جلوگیری از بارندگی‌های ناخواسته در طول دوره رشد از پوشش پلاستیکی بالای مساحت مورد آزمایش استفاده گردید. بعد از نمونه‌گیری و برداشت محصول، لوله‌های پولیکا حاوی ریشه ارقام به حوض مخصوص آب برای جدا کردن ریشه‌ها به مدت ۲۴ ساعت منتقل شدند و پس از شست و شو و جداسازی ریشه‌ها، صفات مرتبط با ریشه تعیین گردیدند. صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به‌شرح زیر در طول آزمایش اندازه‌گیری شد. برای تعیین پتانسیل آب برگ از دستگاه محفظه فشار مدل (Soil Moistur Equipment crop, Sanat Barbara, CA) استفاده گردید. دمای برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مشخص شد. محتوای آب نسبی برگ[1] (RWC) به روش مورانت مانسیو و همکاران (۳۱) اندازه‌گیری شد و بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RWC=\frac{\text{وزن خشک برگ}- \text{وزن تر برگ}}{\text{وزن خشک برگ}- \text{وزن تورمی برگ}}\times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

سطح ویژه برگ[2] (LSA) از طریق محاسبه نسبت سطح برگ (سانتی‌متر مربع) به وزن خشک برگ (گرم) به‌دست آمد (۳).

$$LSA=\frac{\text{سطح برگ}}{\text{وزن خشک برگ}} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

پتانسیل اسمزی با استفاده از دستگاه اسمومتر مدل (Osmomat o10, Gonotec) اندازه‌گیری شد.
فلورسانس کلروفیل: برای این کار از دستگاه فلورومتر (مدل Opti Science, OS-3OMSA) استفاده گردید. شاخص کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مدل (SPAD- 502, Mlolta, Japan) مشخص شد. میزان پرولین برگ به روش بیتس (۲۸) اندازه‌گیری شد. صفات مورفولوژیک و زراعی شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور و طول سنبله بودند، قبل از عملیات نمونه‌گیری، اندازه‌گیری شدند. در ضمن وزن خشک بوته‌ها بعد از برداشت و خشک کردن بوته‌ها در آون، با ترازو مشخص شد. اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نیز به دست آمد و عملکرد دانه در واحد بوته از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$Y=\frac{a\times b\times c}{1000} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

a: تعداد سنبله در بوته، b: تعداد دانه در سنبله وc: وزن هزار دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها براساس آزمایش کرت‌های خرد شده و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در دو سال صورت گرفت. قابل ذکر است که قبل از تجزیه واریانس برقراری مفروضات تجزیه مورد تأیید قرار گرفت. برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید. تجزیه هم‌بستگی ساده بین صفات و آزمون معنی‌دار بودن آن‌ها به روش پیرسون انجام شد. تجزیه خوشه‌ای با توجه به معنی‌دار بودن اثرمتقابل رقم در تنش برای اکثر صفات در شرایط شاهد و تنش جداگانه انجام شد. برای محاسبات آماری از نرم‌افزارهای MSTATC و SPSS نسخه ۱۶ استفاده شده و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری بین ارقام برای کلیه صفات نشان داد که این امر نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا می‌باشد. به‌علاوه، تفاوت معنی‌داری تحت تنش خشکی برای کلیه صفات مشاهده شد. در ضمن، اثر متقابل ژنوتیپ×تنش برای صفات شاخص کلروفیل، محتوای آب نسبی برگ، سطح ویژه برگ، میزان پرولین، ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، طول سنبله، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود که بدین معنی است که ارقام واکنش‌های متفاوتی تحت تنش خشکی نشان داده‌اند. بنابراین، باید ارقام با عملکرد بالا برای شاهد و تنش به‌طور جداگانه انتخاب شوند. کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفات شاخص کلروفیل (۲/۰۴٪) و فلورسانس کلروفیل (۲/۳۰٪) و بیشترین آن مربوط به قطر ریشه (۲۹/۲۹٪) و عملکرد دانه (۲۶/۸۵٪) بود. به نظر می‌رسد که قطر ریشه و عملکرد دانه بیشتر از

1- Relative Water Content
2- Leaf Specific Area

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

سایر صفات تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند. افزون بر این‌ها برای اکثر صفات تأثیر سال معنی‌دار شد که میانگین صفات برای دو سال روند بهتری از تغییرات این صفات را نشان می‌دهد (جدول ۱).

مقایسات میانگین

میانگین صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم در جدول ۲ و شکل ۱ نشان داده شده است. دمای برگ تحت تنش افزایش و فلورسانس کلروفیل کاهش یافت. در بین ارقام گندم مورد مطالعه مطلوب‌ترین دمای برگ و فلورسانس کلروفیل تحت تنش خشکی قبل از آبستنی مربوط به ارقام کویر و مغان۳ بود. در حالی که ارقام سپاهان و پیشتاز بیشترین دمای برگ و ارقام بم و پیشتاز کمترین فلورسانس کلروفیل را تحت تنش نشان دادند. از طرف دیگر این دو صفت هم‌بستگی منفی و معنی‌داری تحت شرایط شاهد و تنش با یکدیگر داشتند در حالی که دمای برگ و فلورسانس کلروفیل به‌ترتیب هم‌بستگی منفی و مثبت معنی‌داری تحت هر دو شرایط با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۴). وینتر و همکاران (۵۳) تفاوت معنی‌داری بین شرایط آبیاری شده و تنش خشکی از نظر دمای برگ به‌دست آوردند، در حالی که بین ارقام گندم تفاوت معنی‌دار نبود. محققان نشان داده‌اند که گیاهانی که دمای برگ کمتری دارند، سرعت فتوسنتز بالاتری دارند. از طرف دیگر سرعت فتوسنتزی کم در گیاهانی که دمای برگ بالاتری دارند می‌تواند ناشی از افزایش تنفس باشد (۱۷). بیکر و روسنکویست (۵) نیز گزارش کردند که فلورسانس کلروفیل تحت شرایط تنش‌کمبود آب، کاهش نشان می‌دهد. الگوی تغییر فلورسانس کلروفیل مشاهده شده در این مطالعه مشابه الگوی گزارش شده از سوی برخی محققین می‌باشد (۵۶،۲۴،۱). تفاوت محتوای آب نسبی برگ بین ارقام و اثر متقابل رقم در تنش برای آن معنی‌دار بود و مقدار این صفت تحت تنش خشکی قبل از آبستنی کاهش یافت (شکل ۱). حداقل محتوای آب نسبی برگ برای ارقام بک کراس روشن و ارگ در شرایط آبیاری کامل و برای زاگرس و بهار در شرایط تنش خشکی ثبت شد. در حالی که حداکثر این صفت برای ارقام مغان۳ و کویر در شرایط شاهد و برای روشن و بم تحت تنش به‌دست آمد (شکل ۱). کومار و سینگ (۲۲) گزارش کردند زمانیکه گیاه در معرض تنش کمبود آب قرار می‌گیرد میزان آب بافت کاهش پیدا کرده و موجب افت در محتوای آب نسبی برگ می‌گردد. در طی تنش خشکی، تعادل آب گیاهان به هم می‌خورد و در نتیجه محتوای آب نسبی برگ و پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد (۴). گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد که ارقام متحمل به تنش کمبود آب توانایی بالایی در حفظ محتوای آب نسبی برگ نسبت به ارقام حساس دارند (۲۷). شانفلد و همکاران (۴۳) اظهار داشتند که با افزایش تنش خشکی در گندم، محتوای آب نسبی برگ کاهش می‌یابد، ولی این کاهش همیشه اتفاق نمی‌افتد و ارقام متحمل‌تر محتوای آب نسبی برگ بالاتری دارند. این نتایج مشابه نتایج سینکلایر و لودلاو (۴۶) و تأییدکننده نتایج ما می‌باشد. اثر متقابل صفات شاخص کلروفیل و سطح ویژه برگ با تنش در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. مغان۳ و کویر در شرایط آبیاری کامل از نظر شاخص کلروفیل و در شرایط تنش برای سطح ویژه برگ مطلوب‌ترین ارقام بودند. در حالی که در شرایط آبیاری کامل برای سطح ویژه برگ ارقام بهار و پیشتاز و در تنش خشکی برای شاخص کلروفیل بک‌کراس روشن و کویر بیشترین مقادیر را داشتند. از طرف دیگر در شرایط آبیاری کامل، رقم بم و در شرایط تنش، رقم بهار برای این دو صفت کمترین مقادیر را داشتند. هم‌چنین نتایج، هم‌بستگی منفی و معنی‌داری بین سطح ویژه برگ و عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی نشان داد (جدول ۴). گزارش‌هایی در مورد کاهش میزان کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی وجود دارد (۲۶).

هم‌چنین گزارش شده است که میزان کلروفیل ارقام حساس و متحمل تحت تنش خشکی و گرما کاهش می‌یابد، ولی میزان کاهش این صفت برای ارقام حساس بیشتر است (۴۰). از طرف دیگر، افزایش معمول در سطح ویژه برگ تحت شرایط تنش خشکی ممکن است ناشی از از دست دادن وزن برگ در مقایسه با کاهش سطح برگ باشد. آرائوس و همکاران (۲) اظهار داشتند که افزایش سطح ویژه برگ در تنش خشکی ممکن است، در اثر سازگاری با شرایط تنش اتفاق افتد. هم‌چنین کاهش در وزن خشک برگ ممکن است ناشی از کاهش مواد خشک ناپایدار و یا افزایش ضخامت دیواره سلولی باشد (۲۵). در پاسخ به تنش‌های مختلف محیطی برخی محلول‌های سازگار مانند بتائین‌ها، اکتین‌ها و پرولین در گیاهان تجمع می‌یابند (۹). پرولین یکی از اسید آمینه‌های دخیل در تنظیم اسمزی است که به سرعت تولید می‌شود (۳۴،۱۸). تن و هورلان (۴۸) گزارش کردند که گیاهان تحت شرایط تنش، مقدار زیادی پرولین آزاد در برگ‌هایشان تجمع می‌دهند. هم‌چنین افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی از سوی دیگر محققان نیز گزارش شده است (۴۳،۳۹).

وندروسکولو و همکاران (۵۱) حضور پرولین در گیاه را یک راهکار اصلی برای جلوگیری از اثرات زیان‌بار تنش کمبود آب دانسته و افزایش معنی‌دار میزان آن بعد از وقوع تنش کمبود آب در گندم را گزارش کردند. ژنگ و تیان (۵۵) در مطالعه سویا تحت تنش خشکی نشان دادند که بین سطوح پرولین و میزان تحمل ژنوتیپ‌ها هم‌بستگی وجود دارد. در این پژوهش تفاوت میزان پرولین بین ارقام و اثر متقابل رقم در تنش برای آن معنی‌دار بود (جدول ۱) و میزان این صفت در این تحقیق تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافت (شکل ۱) و هر چند که با افزایش سطوح تنش در پژوهش حاضر میزان تجمع پرولین افزایش یافت ولی به علت اثر متقابل رقم با محیط این افزایش در کلیهٔ ارقام یکسان نبود. در هر دو شرایط شاهد و تنش خشکی، حداقل میزان پرولین مربوط به ارقام پیشتاز و سپاهان و حداکثر آن، در شرایط شاهد و تنش به ترتیب مربوط به ارقام مغان۳ و کویر، و بهار و کویر بود (شکل ۱).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

جدول ۱- تجزیه مرکب صفات مورد مطالعه گندم بهاره در شرایط تنش خشکی قبل از آبستنی

Table 1. Combined analysis of the studied traits of spring wheat under drought stress before booting stage

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		دمای برگ	فلورسانس کلروفیل	شاخص کلروفیل	محتوای آب نسبی برگ	سطح ویژه برگ	میزان پرولین	پتانسیل کل آب برگ	پتانسیل اسمزی	ارتفاع بوته	وزن خشک بوته	طول سنبله
سال	۱	۲۸۱/۲۵**	۰/۰۹۹**	۴۳۰/۱۲۸**	۲۶۲۶/۳۶۳**	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱/۹۸۲**	۷/۸۴۴**	۰/۵۷۷**	۴۲۲۸/۹۵۹**	۳۷۰/۴۴۵**	۷۹/۳۰۲**
تکرار/ سال	۶	۱/۹۵۲	۱/۰۴×۱۰$^{-۵}$	۰/۲۰۲	۰/۲۷۴	۸۶/۶۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۸۳	۰/۰۷۹	۰/۰۵۷
تنش	۱	۱۲۶۰/۰۷۸**	۰/۰۶۸**	۷۰/۵**	۱۷۵/۷۷**	۱۱۰۰/۹۳۲**	۲/۳۸۱**	۱۷/۱۷۷**	۱۷/۷۸**	۲۱۹۰۷/۲۴**	۱۵۱/۳۸۸**	۳۹۹/۸۴۲**
سال × تنش	۱	۲/۴۵	۶/۰۴×۱۰$^{-۵}$	۳/۰۴۲	۳/۰۱۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۱	۷/۸۱×۱۰$^{-۶}$	۰/۰۲۳	۱/۶۱	۰/۰۰۲
خطا	۶	۰/۷۶۴	۱/۲۹×۱۰$^{-۵}$	۰/۲۱۳	۰/۷۴۸	۹۱/۹۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۵۶۶	۰/۱۳۷	۰/۰۱۸
رقم	۱۹	۷/۱۲۷**	۰/۰۰۱**	۴/۴۶۴**	۳۷/۳۳۲ر	۲۱۹۰/۲۷۴**	۰/۹۲۶**	۰/۱۵۶**	۰/۲۲۷**	۲۷۶/۲۰۶**	۱۱/۵۳۳**	۱۶/۲۱۷**
رقم × سال	۱۹	۱/۰۴۶	۰/۰۰۰۱۳۴	۱/۴۷**	۱۲/۷۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۶۸**	۰/۰۲۱	۰/۰۲۷	۹/۸۷۱	۰/۲۷۶	۱/۰۰۶**
رقم × تنش	۱۹	۲/۰۹۱	۰/۰۰۰۱۳۵	۲/۸۲۹**	۲۹/۱۸۱**	۲۲۲۱/۴۶۵**	۰/۲۸۵**	۰/۰۱۸	۰/۰۲	۵۷/۴۸۱*	۴/۳۹۲**	۰/۵۱*
رقم × تنش × سال	۱۹	۰/۳۳۸	۹/۳۶×۱۰$^{-۵}$	۰/۹۵۶	۶/۶۳۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۷/۶۱۷	۰/۳۶۳	۰/۰۹
خطا	۲۲۸	۲/۲۷	۰/۰۰۰۲۷	۰/۶۹۶	۹/۰۱۷	۱۵۹/۴۸۴	۰/۰۱۹	۰/۰۴۷	۰/۰۶۸	۲۹/۳۷۹	۱/۲۲۶	۰/۳۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۵/۶۰	۲/۳۰	۲/۰۴	۴/۱۲	۷/۶۹	۲/۶۳	۱۰/۷۶	۱۹/۵۹	۱۱/۹۸	۸/۰۴	۶/۲۰

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

ادامه جدول ۱

Table 1. continued

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		تعداد ریشه در بوته	طول ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه	قطر ریشه	تعداد پنجه در بوته	تعداد پنجه بارور در بوته	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۰/۹۰۳	۵۰/۸۸**	۴۱/۲۵۶**	۸/۶۲۱**	۲/۹۸۲*	۴۲/۰۵**	۳۹/۳**	۱×۱۰$^{-۷}$	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۳/۷۴۱	۰/۰۶۵
تکرار/ سال	۶	۱۹/۴۵۳	۰/۰۲۲	۰/۲۳۹	۰/۲۱۹	۰/۰۴۴	۵/۶۵۸**	۵/۴**	۳/۵۴۲*	۳۲/۳۸۳*	۱۷/۳۷	۲/۰۶۷
تنش	۱	۱۲۸۳۹/۷۷۸**	۳۷۸۹/۵۰۵**	۱۸۹۲/۹۷۲**	۲۸۷/۷۵۸**	۷۷/۳۵۲**	۷۹۳/۸**	۷۶۸/۸**	۷۳۳/۰۵**	۲۹۴۰/۳۱۳**	۹۴۱/۱۹۲**	۲۴۰۴/۵۶۴**
سال × تنش	۱	۰/۵۲۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱۹۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۱×۱۰$^{-۷}$	۰/۰۱۲	۹/۵۹۱	۰/۶۱۷
خطا	۶	۹/۶۷	۰/۱۰۸	۰/۱۴۷	۰/۰۴	۰/۰۴۲	۳/۶۶۷*	۲/۷۰۸	۳/۰۴۲	۷/۸۴۶	۲۰/۵۴۵	۶/۲۱۹
رقم	۱۹	۶۰/۲۵۳**	۷۰/۵۸۳**	۴۶/۱۸۷**	۷/۸۵۳**	۰/۶۸۹**	۲۴/۵۲۶**	۲۱/۹۳**	۲۵/۵۵۵**	۹۸/۰۰۴**	۵۱/۷۵۶**	۲۷/۴۷۴**
رقم × سال	۱۹	۱۹۰/۶۲۷**	۶/۲۵۶	۴/۹۹۱	۰/۶۸۳*	۰/۱۴۷	۱/۷۰۸	۱/۵۸۸	۱×۱۰$^{-۷}$	۷/۲۵۷	۱۲/۰۸۷	۰/۶۹۹
رقم × تنش	۱۹	۱۸/۸۷*	۷/۶۵۵	۳/۷۲۴	۱/۴۰۸**	۰/۱۴۹	۲/۳۷۹*	۲/۰۵۷	۲/۸۳۹*	۶۰/۷۹۳**	۱۶/۰۵۵	۱۰/۳۷۱**
رقم × تنش × سال	۱۹	۲۲/۷۵۲**	۸/۷۷۸	۳/۹۳۲	۰/۵۶۷	۰/۰۶۷	۱/۴۶۳	۱/۵۷۵	۱×۱۰$^{-۷}$	۱۱/۲۰۳	۷/۲۰۴	۰/۶۳۸
خطا	۲۲۸	۱۱/۵۱۳	۵/۵۲۹	۳/۳۲۳	۰/۳۸۴	۰/۲۶۵	۱/۴۱۷	۱/۴۸۶	۱/۶۲۵	۱۴/۰۶۴	۹/۸۶۷	۳/۲۸۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۲۹	۸/۰۳	۱۱/۴۰	۱۸/۹۴	۲۹/۲۹	۱۸/۴۹	۲۲/۲۷	۲۲/۰۳	۱۲/۷۴	۸/۱۷	۲۶/۸۵

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

از طرف دیگر، تنش خشکی منجر به کاهش پتانسیل کل آب برگ از ۱/۷۸- مگاپاسکال در شرایط شاهد به ۲/۲۵- مگاپاسکال در شرایط تنش شد (جدول ۳). هم‌چنین پتانسیل اسمزی در جهت حفظ آب سلول و کاهش از دست دادن آن از ۱/۱۰- مگاپاسکال به ۱/۵۷- کاهش یافت. کاهش پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی برگ سازوکارهایی برای بقای گیاه به هنگام مواجه شدن با تنش کمبود آب محسوب می‌شوند (۱۰) و گزارش شده است که ارقام متحمل، پتانسیل آب برگ بهتری در مقایسه با ارقام حساس در شرایط تنش دارند (۳۲). کاهش پتانسیل اسمزی که منجر به حفظ فشار تورمی برگ می‌گردد، معمولاً از طریق افزایش و تجمع نمک‌های محلول در سلول‌های گیاهی صورت می‌گیرد (۱۳). از جهت پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی ارقام کویر و مغان۳ از بهترین وضعیت برخوردار بودند، در حالی که ارقام بهار و سپاهان کمترین پتانسیل آب برگ و ارقام پیشتاز و بهار کمترین پتانسیل اسمزی را داشتند. هم‌چنین هم‌بستگی پتانسیل آب برگ با عملکرد تحت هر دو شرایط شاهد و تنش مثبت و معنی‌دار بود، در حالی‌که هم‌بستگی پتانسیل اسمزی با عملکرد تحت هر دو شرایط شاهد و تنش منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی‌دار بین ارقام گندم مورد مطالعه را برای کلیه صفات مورفولوژیکی نشان داد (جدول ۱). از طرف دیگر مقایسات میانگین نشان داد که مقدار ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد پنجه بارور در بوته و طول سنبله در طی تنش کاهش یافته است (جدول ۳). دامنه تغییرات ارتفاع بوته بین ۲۵/۸ سانتی‌متر در رقم بهار در شرایط تنش تا ۶۴/۰۱ سانتی‌متر در رقم روشن در شرایط آبیاری کامل متغیر بود، در حالی‌که برای وزن خشک بوته، دامنه تغییرات از ۱۱/۳۹ گرم در رقم بهار تا ۱۷/۱ گرم در رقم روشن متغیر بود. در ضمن هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته و وزن خشک بوته در هر دو شرایط تنش و شاهد به‌دست آمد، اما هم‌بستگی آن‌ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). حداکثر طول سنبله و تعداد پنجه در بوته در شرایط شاهد، مربوط به ارقام مغان۳ و کویر و در شرایط تنش مربوط به کویر بود، در حالی‌که کمترین مقدار این صفات به ارقام سپاهان و پیشتاز در شرایط شاهد و بهار و پیشتاز در شرایط تنش تعلق داشت. علاوه بر این، بیشترین تعداد پنجه بارور در بوته را ارقام کویر و مغان۳ و کمترین آن را پیشتاز و بهار داشتند. این نتایج با نتایج حاصل از هم‌بستگی این صفات مطابقت داشت. هم‌چنین هم‌بستگی این صفات با عملکرد دانه در هر دو شرایط مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). باسال و همکاران (۶) عنوان کردند که هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد نظیر ABA در اندام هوایی در پاسخ به تنش کمبود آب تولید می‌شوند که به توقف رشد، انسداد روزنه‌ها و کاهش تولید مثل منجر می‌شوند. کوتلو و کایناسی (۲۳) نتایج مشابهی را در ارتباط با صفات مورفولوژیکی و زراعی در هر دو شرایط شاهد و تنش خشکی گزارش کردند. هم‌چنین مشابه نتایج این آزمایش اینامولا و همکاران (۱۵) اظهار داشتند که ارتفاع بوته در ارقام گندم تحت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. تورچی و همکاران (۴۹) نیز گزارش کردند که در اثر تنش کمبود آب وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ارقام و سطوح تنش از نظر صفات مربوط به ریشه وجود دارد و اثر متقابل تنش در رقم برای صفات تعداد ریشه و وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱). ارقام کویر و دریا بیشترین مقادیر را برای صفات ریشه‌ای شامل طول ریشه، حجم ریشه و قطر ریشه داشتند. حداقل مقادیر برای طول ریشه مربوط به ارقام بهار و سپاهان، برای حجم ریشه مربوط به سپاهان و پیشتاز و برای قطر ریشه مربوط به پیشتاز و بم بود (جدول ۲). بیشترین تعداد ریشه در شرایط شاهد و تنش، به ترتیب مربوط به ارقام پیشتاز و مهدوی بود، در حالی‌که کمترین مقدار این صفت در شرایط شاهد مربوط به مغان۳ و در شرایط تنش به بهار تعلق داشت. برای وزن خشک ریشه، بیشترین مقادیر در شرایط شاهد به ارقام مغان۳ و کویر و در شرایط تنش به کویر و دریا تعلق داشت، در حالی‌که کمترین مقادیر این صفت مربوط به ارقام سپاهان، پیشتاز در شرایط شاهد و بهار و پیشتاز در شرایط تنش بود. هم‌چنین بین کلیه این صفات با عملکرد دانه در شرایط تنش و شاهد هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بغیر از تعداد ریشه، که فقط در شرایط شاهد این هم‌بستگی را نشان داد (جدول ۴). ریشه، مهم‌ترین بخش کنترل‌کننده وضعیت آبی و تغذیه‌ای گیاه و یکی از مهم‌ترین اجزای سازگاری به تنش کمبود آب در اکثر گیاهان زراعی محسوب می‌شود (۸). ویژگی‌های مورفولوژیکی ریشه و پاسخ به تنش کمبود آب از اجزای مهم تحمل به تنش کمبود آب محسوب می‌شوند (۴۹). یکی از سازوکارهای تحمل به تنش کمبود آب در ارتباط با سیستم ریشه‌ای افزایش حداکثر طول ریشه برای استفاده بیشتر از ذخایر آب، افزایش حجم ریشه و نسبت وزن ریشه به بخش هوایی است (۴۹،۴۵). ژو و همکاران (۵۴) اظهار داشتند که تحمل تنش خشکی در برخی ژنوتیپ‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در رشد ریشه آن‌ها باشد. از طرف دیگر، پالگ و آسپینال (۳۵) گزارش کردند که ارقام مقاوم گندم آنهایی هستند که نسبت بیشتری از تولید فتوسنتزی خود را صرف ریشه می‌نمایند و عمق ریشه بیشتر و تعداد ریشه بیشتری دارند. هم‌چنین عثمان خان و همکاران (۵۰) اظهار داشتند برخی صفات مورفولوژیکی مثل ارتفاع بوته، نسبت ریشه به بخش هوایی و حجم ریشه در گندم هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه تحت شرایط خشکی دارند.

بر طبق جدول تجزیه واریانس تفاوت ارقام و سطوح تنش برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل بین تنش و رقم برای همه صفات به‌جز وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه در بوته، تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله در شکل ۱ و میانگین ارقام برای صفت وزن هزار دانه در جدول ۲ نشان داده شده است. همه صفات تحت تنش خشکی قبل از آبستنی کاهش یافتند (جدول ۳ و شکل ۱) و کاهش در تعداد دانه در سنبله بیشتر از کاهش وزن هزار دانه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

بود. هم‌بستگی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله تنها در شرایط تنش منفی و معنی‌دار بود. از طرف دیگر، هم‌بستگی وزن هزار دانه در هر دو شرایط با عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۴). دامنه تغییرات تعداد دانه در سنبله بین ۱۹/۱۳ در رقم مرودشت تحت شرایط تنش خشکی تا ۳۶ در رقم بم در شرایط شاهد بود (شکل ۱). در حالی که دامنه وزن هزار دانه بین ۳۵/۲۴ گرم در رقم سیستان تا ۴۲/۲۳ گرم در رقم دریا در متوسط سطوح تنش متغیر بود (جدول ۲). چون اثر متقابل تنش در رقم برای صفات تعداد سنبله در بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بود، ارقام برای سطوح شاهد و تنش جداگانه مقایسه شدند. بیشترین تعداد سنبله در بوته و عملکرد دانه مربوط به رقم کویر در شرایط شاهد و کویر و نیک‌نژاد در شرایط تنش بود. در حالی که سپاهان و بهار کمترین مقدار این صفات را در شرایط شاهد و بهار و پیشتاز حداقل این صفات را در شرایط تنش داشتند (شکل ۱). علاوه بر این، تحت شرایط شاهد و تنش عملکرد دانه بیشترین هم‌بستگی را با تعداد سنبله در بوته داشت که به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین اجزای عملکرد در مطالعه حاضر تعداد سنبله در بوته باشد (جدول ۴). خان و همکاران (۱۹) و قدیر و همکاران (۳۷) گزارش کردند که وزن هزار دانه گندم در طی افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد. قدیر و همکاران (۳۷) و خانزاده بارکات و همکاران (۲۰) در مطالعه ارقام گندم اظهار داشتند که تنش خشکی منجر به کاهش تعداد سنبله در بوته می‌شود و این کاهش در ارقام متحمل‌تر کمتر است. علاوه بر این، پاسیورا (۳۶) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد سنبله در بوته را گزارش کردند. از طرف دیگر، گزارش شده است که شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد پنجه، تعداد سنبلچه و وزن خشک بوته در گندم بیشترین تأثیر را روی عملکرد در شرایط تنش خشکی و طول سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن خشک بوته بیشترین تأثیر را روی عملکرد در شرایط مطلوب دارند (۲۹). در مجموع با استفاده از نتایج مقایسه میانگین برای کلیه صفات مورد مطالعه، رقم کویر و بهار به‌ترتیب مطلوب‌ترین و نامطلوب‌ترین وضعیت را در طی تنش خشکی اعمال شده قبل از مرحله آبستنی داشتند.

تجزیه خوشه‌ای

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای، ارقام را بر اساس صفات ارزیابی شده به چهار گروه در هر دو شرایط شاهد و تنش خشکی تقسیم کرد. در شرایط شاهد (شکل ۲)، ارقام افلاک، بک کراس روشن، مهدوی، ارگ، مروارید و روشن در گروه اول قرار گرفتند و دارای ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و تعداد دانه در سنبله بالا و محتوای آب نسبی برگ پایین بودند. در گروه دوم ارقام پیشتاز، سیستان، سپاهان و بهار قرار گرفتند که دارای حداقل مقادیر مطلوب برای اکثر صفات مورد مطالعه برگ بودند، در حالی‌که مقادیر شاخص سطح برگ پایین و تعداد ریشه بالا داشتند. گروه سوم را ارقام سیوند، پارس، زاگرس، آرتا و بم به خود اختصاص دادند و کمترین وزن هزار دانه و فلورسانس کلروفیل و بیشترین شاخص سطح برگ را داشتند و از نظر بقیه صفات در حد نسبتاً پایینی بودند. در نهایت ارقام کویر، مغان۳، نیک‌نژاد، دریا و مرودشت در گروه چهارم جای گرفتند که برای اکثر صفات، بالاترین میانگین را داشتند (شکل‌های ۱ و ۲ و جدول ۲). بر طبق شکل ۳ برای شرایط تنش خشکی ارقام مهدوی، افلاک، ارگ، مروارید، بک کراس روشن و زاگرس در گروه یک قرار گرفتند و دارای ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و شاخص کلروفیل بالا و از نظر بقیه صفات مورد مطالعه در حد متوسطی به نظر رسیده و ارقامی نیمه متحمل شناخته می‌شوند. در گروه دوم ارقام آرتا، سیوند، پارس، بم، سیستان، پیشتاز، سپاهان و روشن قرار گرفتند که از نظر محتوای آب نسبی برگ، میزان پرولین و تعداد دانه در سنبله وضعیت مطلوبی داشتند، ولی از نظر بقیه صفات ارزیابی شده وضعیت نسبتاً نامطلوبی داشتند و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان رقم نیمه حساس در نظر گرفت. خوشه سوم شامل ارقام دریا، مغان۳، نیک‌نژاد، مرودشت و کویر بود که دارای مناسب‌ترین جایگاه از نظر اکثر صفات بودند و می‌توان این ارقام را متحمل‌ترین ارقام تحت تنش قبل از آبستنی نامید. رقم بهار نیز با حداقل ارزش کلیه صفات بجز تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، حساس‌ترین رقم مورد مطالعه تحت تنش مذکور بود و به تنهایی در گروه چهارم قرار گرفت (شکل‌های ۱ و ۳ و جدول ۲).

بر طبق نتایج مقایسات میانگین، بهترین رقم از لحاظ کلیه صفات مورد مطالعه کویر و نامطلوب‌ترین رقم بهار می‌باشد. در ضمن هم‌بستگی صفات با عملکرد دانه، نشان داد که از بین اجزای عملکرد، تعداد سنبله در بوته مهم‌ترین اجزای عملکرد بوده و در هر دو شرایط شاهد و تنش خشکی بیشترین هم‌بستگی را با عملکرد دانه نشان داد. با توجه به گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای تحت تنش کمبود آب، ارقام کویر، نیک‌نژاد، مغان۳، دریا و مرودشت که دارای بیشترین ارزش برای اکثر صفات مورد مطالعه بودند، در یک گروه قرار گرفتند که می‌توان آن‌ها را به عنوان ارقام متحمل معرفی کرد. هم‌چنین رقم بهار در اکثر صفات مورد مطالعه ارزش پایین‌تری از سایر ارقام داشت که می‌توان این رقم را حساس‌ترین رقم به‌شمار آورد. در ضمن ارقام پیشتاز، سپاهان، روشن، سیستان و بم بعد از این رقم، جزء ارقام حساس مورد مطالعه بودند. در مجموع، پیشنهاد می‌شود ارقام متحمل یا به‌طور مستقیم کشت شوند و یا اینکه از تلاقی این ارقام با ارقام حساس تنوع جدیدی ایجاد شود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

جدول ۲- مقایسه میانگین ارقام گندم بهاره از نظر صفات مورد مطالعه در متوسط سطوح تنش

Table 2. Mean comparison of spring wheat cultivars for the studied traits in moderate of stress levels

صفات / ارقام	دمای برگ	فلورسانس کلروفیل	پتانسیل کل آب برگ	پتانسیل اسمزی	طول ریشه	حجم ریشه	قطر ریشه	تعداد پنجه باور در بوته	وزن هزار دانه
مهدوی	۲۶/۵۰	۰/۷۱۱۴	-۱/۹۹	-۱/۳۲	۲۸/۹۳	۱۵/۷۳	۱/۶۴۹	۵/۳۸	۳۶/۳۹
پیشتاز	۲۷/۹۴	۰/۷۰۵۵	-۲/۱۵	-۱/۱۳	۲۶/۷۸	۱۳/۹۳	۱/۴۶۸	۳/۸۸	۳۷/۸۹
بم	۲۷/۳۱	۰/۷۰۶۲	-۲/۱۱	-۱/۲۳	۲۶/۷۲	۱۴/۲۸	۱/۵۷۱	۴/۵۶	۳۵/۲۴
سیستان	۲۷/۵۶	۰/۷۰۸۱	-۲/۱۱	-۱/۲۱	۲۷/۳۵	۱۴/۵۸	۱/۵۰۲	۴/۸۱	۳۷/۵۶
زاگرس	۲۷/۰۰	۰/۷۱۰۴	-۲/۰۱	-۱/۳۲	۲۸/۷۲	۱۵/۵۱	۱/۶۹۰	۵/۴۴	۳۸/۴۶
مرودشت	۲۶/۱۳	۰/۷۲۲۱	-۱/۹۳	-۱/۴۶	۳۱/۰۳	۱۷/۶۱	۱/۹۰۴	۶/۸۱	۴۱/۷۵
سپاهان	۲۸/۰۶	۰/۷۱۱۴	-۲/۱۷	-۱/۱۹	۲۶/۵۰	۱۳/۵۲	۱/۵۸۴	۴/۰۶	۳۸/۴۸
افلاک	۲۶/۵۶	۰/۷۱۳۸	-۱/۹۷	-۱/۳۵	۲۹/۶۱	۱۶/۰۱	۱/۷۲۹	۵/۱۳	۳۷/۷۳
آرتا	۲۷/۳۱	۰/۷۱۳۱	-۲/۰۱	-۱/۳۴	۲۸/۷۰	۱۴/۸۹	۱/۷۵۱	۴/۵۰	۳۷/۵۴
ارگ	۲۷/۱۳	۰/۷۱۰۲	-۲/۰۴	-۱/۳۰	۲۸/۶۸	۱۵/۸۱	۱/۷۲۴	۵/۷۵	۳۷/۹۳
سیوند	۲۶/۸۱	۰/۷۱۴۲	-۱/۹۸	-۱/۳۷	۲۸/۷۳	۱۵/۰۴	۱/۷۵۲	۴/۷۵	۳۶/۹۱
پارس	۲۷/۲۵	۰/۷۱۲۹	-۲/۱۱	-۱/۲۳	۲۸/۷۴	۱۴/۸۶	۱/۶۲۳	۴/۷۵	۳۶/۷۱
بهار	۲۷/۸۸	۰/۷۰۹۴	-۲/۱۹	-۱/۱۵	۲۶/۱۴	۱۴/۲۶	۱/۵۱۶	۴/۰۰	۳۸/۱۶
بک کراس روشن	۲۶/۷۵	۰/۷۱۳۱	-۱/۹۵	-۱/۳۷	۲۹/۹۹	۱۶/۷۱	۱/۸۰۲	۶/۴۴	۳۸/۰۲
کویر	۲۵/۸۸	۰/۷۳۱۱	-۱/۸۶	-۱/۵۳	۳۳/۳۹	۱۹/۲۴	۲/۱۶۵	۷/۶۹	۴۲/۲۳
نیک نژاد	۲۶/۲۵	۰/۷۲۱۰	-۱/۹۲	-۱/۴۷	۳۱/۷۹	۱۸/۳۱	۲/۰۱۱	۶/۴۴	۴۰/۴۳
دریا	۲۶/۰۰	۰/۷۳۱۰	-۱/۹۰	-۱/۴۹	۳۲/۶۶	۱۸/۹۶	۲/۱۴۱	۷/۲۵	۴۱/۴۴
مروارید	۲۶/۸۱	۰/۷۱۲۳	-۱/۹۹	-۱/۳۵	۳۰/۴۱	۱۶/۶۸	۱/۷۶۷	۵/۵۰	۳۸/۳۳
روشن	۲۶/۸۸	۰/۷۰۹۷	-۲/۰۴	-۱/۲۹	۲۸/۶۹	۱۵/۸۸	۱/۷۱۸	۴/۹۴	۳۸/۶۲
مغان۳	۲۵/۹۴	۰/۷۳۳۱	-۱/۸۷	-۱/۵۲	۳۲/۱۳	۱۸/۰۹	۲/۰۸۴	۷/۴۴	۳۹/۱۱
LSD	۲/۱۱	۰/۰۲۳	۰/۳۰	۰/۳۷	۳/۲۹	۲/۵۵	۰/۵۲۱	۱/۷۱	۴/۴۰

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی از نظر صفات مورد مطالعه

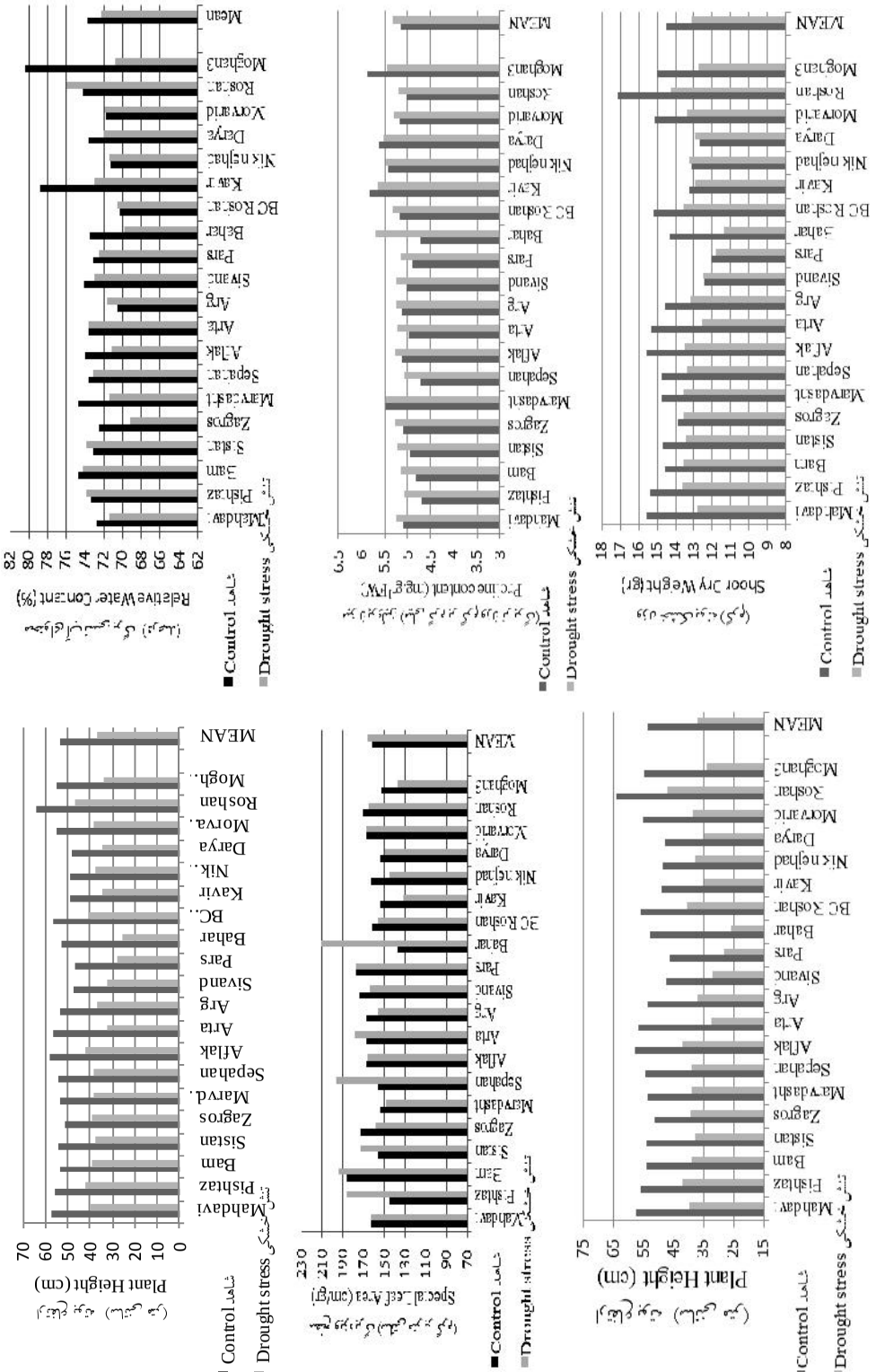
Table 3. Comparison the mean levels of drought stress for studied traits

سطوح تنش / صفات	دمای برگ	فلورسانس کلروفیل	پتانسیل کل آب برگ	پتانسیل اسمزی	طول ریشه	حجم ریشه	قطر ریشه	تعداد پنجه باور در بوته	وزن هزار دانه
شاهد	۲۴/۹۱^{a}	۰/۷۲۹۵^{a}	-۱/۷۸^{a}	-۱/۱۰^{b}	۲۵/۸۴^{b}	۱۳/۵۶^{b}	۱/۲۶۶^{b}	۷/۰۳^{a}	۴۰/۱۶^{a}
تنش خشکی	۲۸/۸۸^{b}	۰/۷۰۰۴^{b}	-۲/۲۵^{b}	-۱/۵۷^{a}	۳۲/۷۳^{a}	۱۸/۴۳^{a}	۲/۲۴۹^{a}	۳/۹۳^{b}	۳۶/۷۳^{b}

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین ها بر اساس آزمون F می‌باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

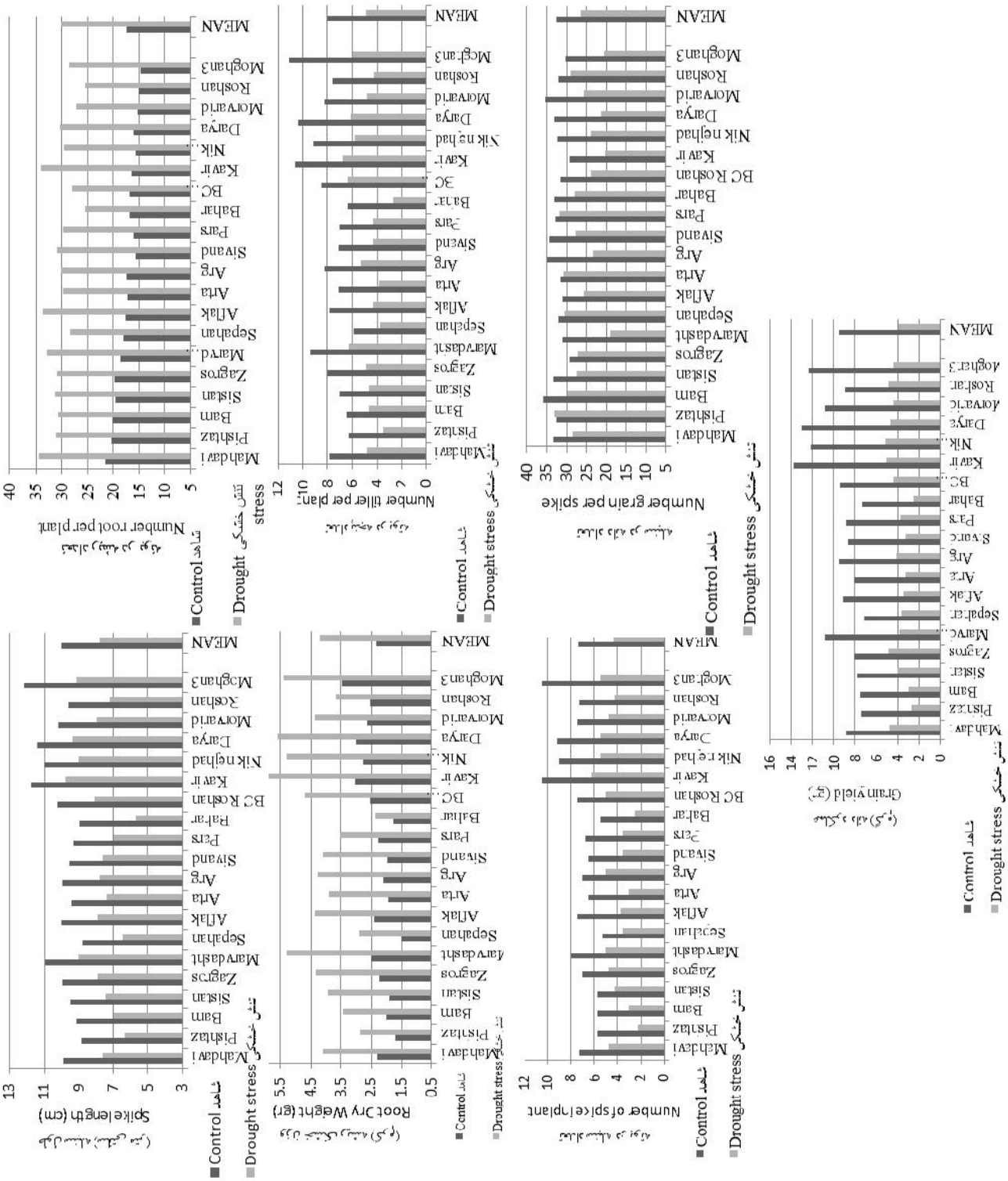


شکل ۱- مقایسه ارقام گندم بهاره در صفات با اثرات متقابل تنش× رقم معنی‌دار در دو شرایط شاهد و تنش

Figure1- Comparison of spring wheat cultivars for traits with significant effect of cultivar×stress under control and stress conditions

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]



ادامه شکل ۱

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64] [Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

جدول ۴- هم‌بستگی بین عملکرد دانه و سایر صفات مورد مطالعه گندم بهاره در شرایط شاهد (پایین قطر اصلی) و در شرایط تنش خشکی (بالای قطر اصلی)

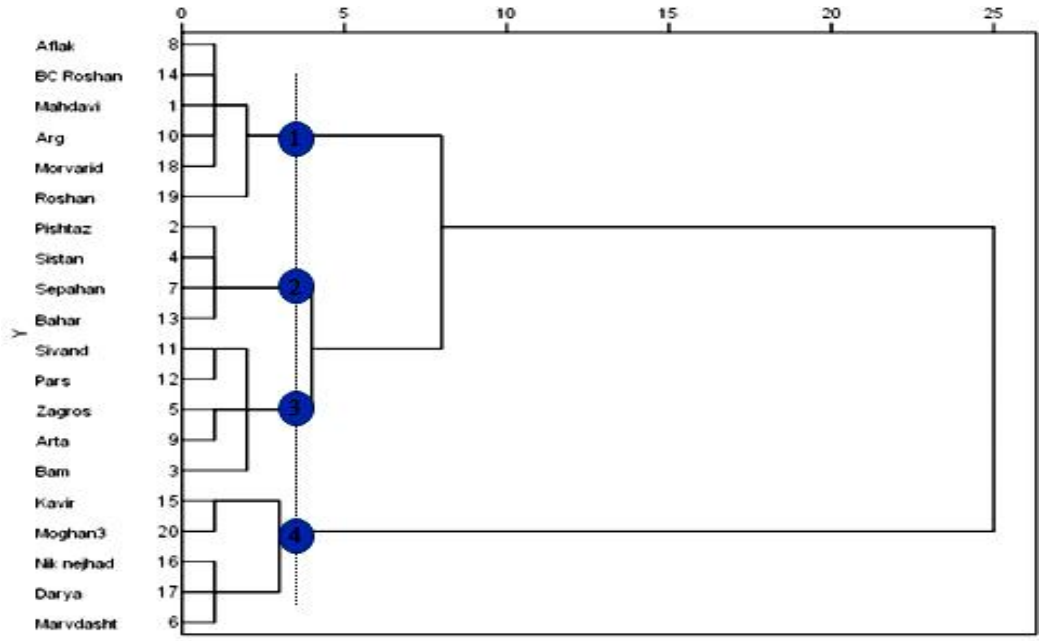
Table 4. Correlation between grain yield and other studied traits of spring wheat in control conditions (below the main diagonal) and drought conditions (above the main diagonal)

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲
دمای برگ	۱	۰/۸۵۷**	-۰/۳۸۲	۰/۱۸۰	۰/۸۵۸**	-۰/۳۰۹	-۰/۸۹۴**	۰/۹۰۶**	-۰/۲۱۶	-۰/۲۸۹	-۰/۸۸۹**	-۰/۵۲۹*	-۰/۸۴۵**	-۰/۷۹۴**	-۰/۸۷۶**	-۰/۸۳۱**	-۰/۷۹۷**	-۰/۷۲۲**	-۰/۷۴۸**	۰/۶۳۴**	-۰/۶۴۹**	-۰/۶۶۶**
فلورسانس کلروفیل	-۰/۶۸۲**	۱	۰/۲۴۹	-۰/۱۸۶	-۰/۸۴۵**	۰/۵۶۲**	-۰/۹۱۲**	-۰/۹۸۱**	-۰/۰۷۹	۰/۰۳۵	۰/۹۳۹**	۰/۲۷۸	-۰/۹۳۴**	-۰/۹۲۱**	-۰/۹۲۴**	-۰/۹۵۹**	-۰/۸۳۳**	-۰/۸۲۱**	-۰/۸۰۱**	-۰/۷۹۶**	۰/۷۲۹**	۰/۶۱۰**
شاخص کلروفیل	-۰/۷۹۹**	۰/۸۳۵**	۱	-۰/۰۶۴	-۰/۵۰۳*	-۰/۱۲۰	۰/۴۸۰*	-۰/۳۱۳	۰/۲۵۴	۰/۲۶۲	۰/۴۲۲	۰/۴۴۲	-۰/۳۴۰	۰/۲۰۷	-۰/۴۶۲*	-۰/۱۵۲	-۰/۴۴۲	-۰/۲۳۹	-۰/۴۳۶	-۰/۲۳۴	-۰/۰۳۵	۰/۴۴۴
محتوای آب نسبی برگ	-۰/۳۷۷	۰/۶۳۱**	۰/۴۲۷	۱	۰/۲۲۰	-۰/۵۰۱*	-۰/۲۱۰	۰/۲۰۰	۰/۳۰۵	۰/۳۱۷	-۰/۲۳۲	-۰/۰۷۰	-۰/۲۴۲	-۰/۳۶۹	-۰/۲۶۷	-۰/۱۸۰	-۰/۲۲۹	-۰/۳۴۱	-۰/۳۰۳	۰/۴۳۰	-۰/۱۹۰	-۰/۱۲۷
سطح ویژه برگ	-۰/۰۷۱	-۰/۵۱۰*	-۰/۲۹۳	-۰/۲۲۳	۱	-۰/۴۳۱	۰/۸۹۲**	-۰/۹۳۶**	-۰/۱۹۱	-۰/۲۵۶	-۰/۹۴۳**	-۰/۳۷۳	-۰/۸۷۳**	-۰/۸۶۸**	-۰/۹۵۰**	-۰/۸۲۰**	-۰/۸۹۴**	-۰/۸۴۸**	-۰/۹۰۶**	۰/۷۹۲**	-۰/۷۲۱**	-۰/۷۷۷**
میزان پرولین	-۰/۸۴۸**	۰/۸۱۷**	۰/۹۴۷**	۰/۵۰۴*	-۰/۱۸۰	۰/۴۲۸	-۰/۵۴۳*	-۰/۴۱۶	-۰/۳۶۷	-۰/۲۵۶	۰/۵۴۱*	۰/۰۰۵	۰/۵۶۲۷	۰/۷۴۰**	۰/۵۴۱*	۰/۶۳۸**	۰/۴۳۶	۰/۶۰۲**	۰/۵۱۱*	-۰/۷۲۴**	۰/۶۶۳**	۰/۲۵۵
پتانسیل کل آب برگ	-۰/۸۸۹**	۰/۶۵۶**	۰/۸۹۰**	۰/۲۹۷	-۰/۰۲۰	۰/۸۸۸**	۱	-۰/۹۴۵**	۰/۱۱۹	۰/۲۱۱	۰/۹۵۳**	۰/۳۵۶	۰/۹۰۶**	۰/۸۷۶**	۰/۹۵۶**	۰/۸۷۰**	۰/۸۸۶**	۰/۸۳۸**	۰/۸۱۱**	-۰/۷۴۴**	۰/۶۹۶**	۰/۶۶۸**
پتانسیل اسمزی	۰/۸۹۸**	-۰/۶۷۹**	-۰/۸۸۴**	-۰/۳۰۶	۰/۰۲۷	-۰/۸۸۳**	-۰/۹۹۵**	۱	۰/۰۱۱	-۰/۱۱۲	-۰/۹۶۴**	-۰/۳۰۱	-۰/۹۳۶**	-۰/۹۲۷**	-۰/۹۵۲**	-۰/۹۵۶**	-۰/۸۶۶**	-۰/۸۴۴**	-۰/۸۳۲**	۰/۷۹۹**	-۰/۷۴۹**	-۰/۶۶۰**
ارتفاع بوته	۰/۰۷۷	-۰/۳۵۹	-۰/۱۸۵	-۰/۰۴۴	-۰/۰۱۲	-۰/۲۳۶	-۰/۰۸۹	۰/۱۰۵	۱	۰/۹۵۴**	۰/۰۹۵	۰/۱۳۷	-۰/۰۸۲	-۰/۰۵۴	۰/۰۹۱	-۰/۰۷۸	۰/۱۶۱	۰/۰۲۶	۰/۱۶۳	۰/۰۱۲	۰/۱۹۱	۰/۳۴۹
وزن خشک بوته	۰/۰۹۲	-۰/۳۳۷	-۰/۱۵۹	-۰/۰۲۵	-۰/۰۸۸	-۰/۲۱۶	-۰/۰۹۱	۰/۱۰۶	۰/۹۹۱۷	۱	۰/۲۰۰	۰/۰۹۸	۰/۰۰۲	۰/۰۴۷	۰/۱۹۰	۰/۰۴۵	۰/۲۷۷	۰/۱۳۸	۰/۲۳۷	-۰/۱۰۳	۰/۲۷۰	۰/۳۶۰
طول سنبله	-۰/۸۴۹**	۰/۸۱۳**	۰/۹۵۰**	۰/۴۷۴*	-۰/۲۰۱	۰/۹۹۵**	-۰/۸۷۸**	-۰/۸۷۶**	-۰/۲۳۱	-۰/۲۰۷	۱	۰/۳۹۴	-۰/۹۴۶**	-۰/۹۵۱**	-۰/۹۹۷**	-۰/۹۱۲**	۰/۹۲۴**	۰/۸۹۶**	۰/۸۹۵**	۰/۸۵۸**	۰/۷۳۶**	۰/۷۰۰**
تعداد ریشه در بوته	۰/۴۹۸*	-۰/۵۲۵*	-۰/۴۴۳	-۰/۲۱۶	۰/۰۱۰	-۰/۴۳۱	-۰/۴۴۶*	۰/۴۸۷*	۰/۱۸۱	۰/۲۲۷	-۰/۴۳۶	۱	۰/۴۰۶	۰/۲۸۱	۰/۳۹۲	۰/۲۷۶	۰/۳۴۳	۰/۲۶۷	۰/۲۳۲	-۰/۲۰۳	۰/۰۰۶	۰/۱۲۱
طول ریشه	-۰/۸۷۷**	۰/۶۷۰**	۰/۸۵۳**	۰/۲۷۱	-۰/۰۴۰	۰/۸۹۵**	۰/۸۴۹**	-۰/۸۴۴**	-۰/۱۲۷	-۰/۱۴۴	-۰/۹۰۳**	-۰/۵۵۶*	۱	۰/۹۲۸**	۰/۹۳۹**	۰/۹۰۸**	۰/۸۲۳**	۰/۸۰۴**	۰/۷۹۱**	-۰/۷۷۹**	۰/۶۷۷**	۰/۵۷۵**
حجم ریشه	-۰/۸۶۶**	۰/۶۵۴**	۰/۸۲۹**	۰/۲۳۲	-۰/۰۶۸	۰/۸۷۰**	۰/۸۴۲**	-۰/۸۳۴**	-۰/۱۱۲	-۰/۱۳۲	۰/۸۷۴**	-۰/۵۲۳*	۰/۹۸۷**	۱	۰/۹۴۶**	۰/۹۳۵**	۰/۸۷۶**	۰/۹۰۹**	۰/۸۵۸**	-۰/۹۲۰**	۰/۸۱۷**	۰/۶۰۳**
وزن خشک ریشه	-۰/۸۸۳**	۰/۷۲۵**	۰/۸۸۲**	۰/۴۴۱	-۰/۰۵۹	۰/۹۲۳**	۰/۸۳۱**	-۰/۸۳۰**	-۰/۱۰۲	-۰/۱۰۹	۰/۹۳۵**	-۰/۵۴۰*	۰/۹۶۶**	۰/۹۲۸**	۱	۰/۸۹۰**	۰/۹۳۰**	۰/۹۰۵**	۰/۸۹۹**	-۰/۸۶۱**	۰/۷۱۸**	۰/۷۰۳**
قطر ریشه	-۰/۸۱۵**	۰/۶۹۹**	۰/۸۲۵**	۰/۲۰۷	-۰/۰۵۱	۰/۷۹۹**	۰/۸۹۵**	-۰/۹۱۶**	-۰/۰۸۴	-۰/۱۰۵	۰/۷۹۸**	-۰/۶۹۰**	۰/۸۴۴**	۰/۸۳۶**	۰/۸۰۴**	۱	۰/۸۲۸**	۰/۸۳۷**	۰/۸۰۱**	-۰/۷۹۱**	۰/۸۰۳**	۰/۶۱۰**
تعداد پنجه در بوته	-۰/۸۵۷**	۰/۷۹۷**	۰/۹۴۵**	۰/۴۴۳	-۰/۱۹۷	۰/۹۹۱**	۰/۸۷۶**	-۰/۸۷۱**	-۰/۲۰۳	-۰/۱۸۵	۰/۹۹۲**	-۰/۴۲۹	-۰/۹۲۰**	-۰/۸۹۳**	-۰/۹۳۹**	-۰/۸۰۸**	۱	۰/۹۷۵**	۰/۸۹۶**	-۰/۸۳۷**	۰/۶۴۷**	۰/۶۹۰**
تعداد پنجه بارور در بوته	-۰/۸۴۲**	۰/۸۰۲**	۰/۹۴۸**	۰/۴۳۱	-۰/۱۹۷	۰/۹۹۱**	۰/۸۷۷**	-۰/۸۷۱**	-۰/۲۰۵	-۰/۱۸۷	۰/۹۸۹**	-۰/۴۱۶	-۰/۹۱۴**	-۰/۸۹۲**	-۰/۹۲۸**	-۰/۸۰۹**	۰/۹۹۶**	۱	۰/۸۸۸**	-۰/۸۹۱**	۰/۶۸۵**	۰/۶۴۲**
تعداد سنبله در بوته	-۰/۸۵۴**	۰/۸۱۶**	۰/۹۴۲**	۰/۴۹۹*	-۰/۱۵۳	۰/۹۷۱**	۰/۸۸۰**	-۰/۸۷۱**	-۰/۲۰۷	-۰/۲۰۳	۰/۹۷۱**	-۰/۴۹۰*	-۰/۹۳۵**	-۰/۹۱۳**	-۰/۹۵۶**	-۰/۸۲۲**	-۰/۹۷۰**	-۰/۹۶۸**	۱	-۰/۸۲۵**	۰/۷۱۰**	۰/۸۸۴**
تعداد دانه در سنبله	۰/۲۱۳	-۰/۴۷۰*	-۰/۴۵۸*	-۰/۴۲۸	۰/۳۱۴	-۰/۴۴۴*	-۰/۴۳۶۱	۰/۳۳۷	-۰/۰۱۴	-۰/۰۲۱	۰/۴۲۶	۰/۰۸۱	-۰/۳۱۹	-۰/۲۷۸	-۰/۳۵۳	-۰/۲۵۲	-۰/۴۲۶	-۰/۴۳۶	-۰/۴۶۶*	۱	-۰/۷۵۲**	-۰/۵۱۳*
وزن هزار دانه	-۰/۲۲۱	۰/۶۲۱**	۰/۴۷۱*	۰/۱۵۸	-۰/۵۱۵*	۰/۴۶۸*	۰/۳۱۸	-۰/۳۲۷	-۰/۴۲۲	-۰/۳۸۳	۰/۴۵۴*	-۰/۲۶۴	۰/۳۷۰	۰/۴۱۲	۰/۲۶۹	۰/۳۵۹	۰/۴۳۶	۰/۴۷۱*	۰/۴۱۷	-۰/۳۹۵	۱	۰/۶۰۱**
عملکرد دانه	۰/۸۲۹**	۰/۸۱۴۷	۰/۹۰۸**	۰/۳۸۶	-۰/۱۸۰	۰/۹۴۴**	۰/۸۴۱**	-۰/۸۴۲**	-۰/۳۱۶	-۰/۳۰۸	۰/۹۴۵**	-۰/۵۲۵*	۰/۹۳۴**	۰/۹۳۸**	۰/۹۰۹**	۰/۸۲۸**	۰/۹۴۲**	۰/۹۴۷**	۰/۹۵۶**	-۰/۲۹۵	۰/۵۶۴**	۱

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

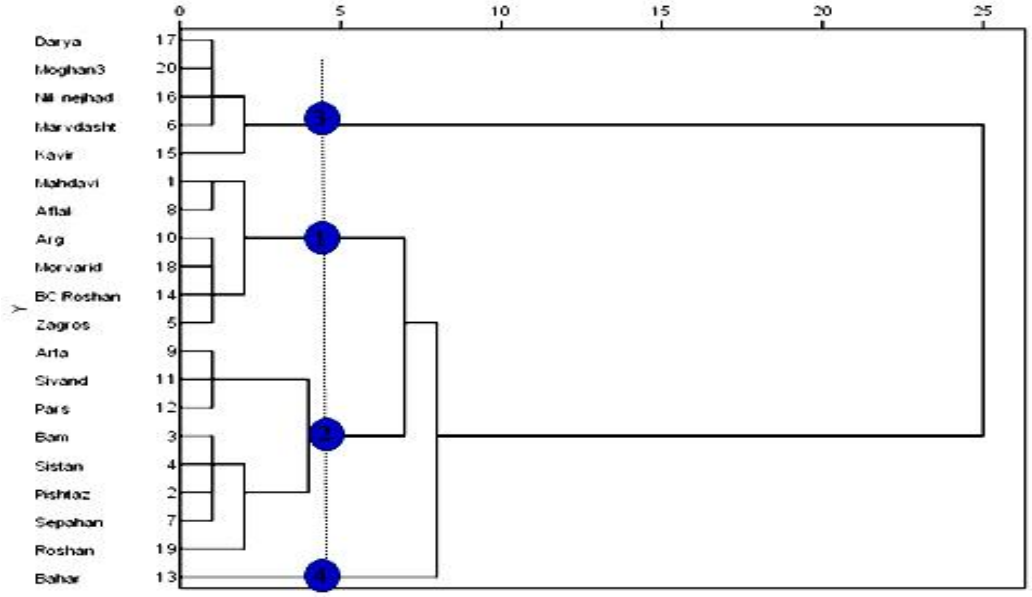
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]



شکل ۲- دندروگرام ارقام گندم بهاره براساس همه صفات مورد مطالعه با استفاده از روش Ward و برش توسط تابع تشخیص تحت شرایط شاهد

Figure 2. Dendrogram of spring wheat cultivars based on studied traits using Ward's method and cutting by discriminant function under control conditions



شکل ۳- دندروگرام ارقام گندم بهاره بر اساس صفات مورد مطالعه با استفاده از روش Ward و برش توسط تابع تشخیص تحت شرایط تنش خشکی

Figure 3. Dendrogram of spring wheat cultivars based on studied traits using Ward's method and cutting by discriminant function under stress conditions

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

منابع

1. Araus, J.L., T. Amaro, T. Voltas, J. Nakkoul and M.M. Nachit. 1998. Chlorophyll fluorescence as selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Field Crops Research, 55: 209-223.
2. Araus, J.L., S. Ceccarelli and S. Grando. 1997. Relationship between leaf structure and carbon isotope discrimination in field-grown barley. Plant Physiology and Biochemistry, 35: 533-541.
3. Arias, D. 2007. Calibration of LAI-2000 to Estimate Leaf Area Index and Assement of its Relationship with stand productivity in six Native and Introduced tree Species in costarica. Forest Ecology and management, 247: 85-193.
4. Bajji, M., S. Lutts and K.M. Kinet. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing in arid conditions. Plant Science, 60: 669-681.
5. Baker, N.R. and E. Rosenquist. 2004. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of futurepossibilities. Journal of Experimental Botany, 55: 1607-1627.
6. Basal, H., P. Bebeli, C.W. Smith and P. Thyton. 2003. Root growth parameters of converted racestocks of upland cotton and two BC_2F_2 populations. Crop Science, 43: 1983-1988.
7. Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Journal of Plant Growth Regulation, 20: 135-148.
8. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential, are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. Australian Journal of Agricultural Research, 56: 1159-1168.
9. Chen, T.H.H. and N. Murata. 2002. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Current Opinion in Plant Biology, 5: 250-257.
10. Chimenti, C.A., J. Pearson and A.J. Hall. 2002. Osmotic adjustment in Maize: Genetic variation and association with water uptake. In: Edmeades, G.O. (ed.). Developing Drought and Low N-Tolerant Maize. 200-203 pp., Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT), Mexico DF (Mexico). CIMMYT.
11. Edmeads, G.O., J. Bolanos, H.R. Laffite, S. Rajaram, W. Preffer, and R.A. Fisher. 1989. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. CABI, 52pp.
12. Gupta, N.K., S. Gupta and A. Kumar. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. Journal of Agronomy and Crop Science, 186: 55-58.
13. Hasegawa, P.M., R.A. Bressan, J.K. Zhu and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51: 463-499.
14. Heyne, E.G. 1987. Wheat and wheat improvement. 2nd edn. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.15 pp.
15. Inamullah, Z., A. Swati, A. Latif and M. Siraj-u-Din. 1999. Evaluation of lines for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Scientific Khyber, 12: 39-48.
16. Jafarzadeh, A.A., R. Kasraii and M.R. Neishabouri. 1997. Detailed studies of 18 acres of land, soil research station Karkaj. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 7: 187-213 (In Persian).
17. Jones, H.G. 1983. Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology. Camb, University Press, Camb. London, 54 pp.
18. Kavi Kishor, P.B., S. Sangam, R.N. Amrutha, P.S. Laxmi, K.R. Naido, S.S. Rao, K. Reddy, P. Theriappan, and N. Sreenivasulu. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science, 88: 424-438.
19. Khan, A.J., F. Azam, A. Ali, M. Tariq and M. Amin. 2005. Inter-relationship and path co-efficient analysis for biometric traits in drought tolerant wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 4: 540-543.
20. Khanzada Barkat, S., A. Ala, M. Yasin, M.U. Ashraf, S.M. Shirazi, R. Alam, M. Ansari, M. Ali, A. Mukhtiar, S.M. Mujataba and M.A. Khan. 2001. Effect of water stress on yield and yield components of different Guar (*Cyamopsis tetragonaloba* L.) genotypes. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4: 371-374.
21. Kramer, P.J. 1969. Plant and soil water relationships. Modem synthesis. Mc Graw-Hill Book co, New York. 84pp.
22. Kumar, A. and D.P. Singh. 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. Annals of Botany, 81: 413-420.
23. Kutlu, I. and G. Kinaci. 2010. Evaluation of drought resistance indicates for yield and its components in three Triticale Cultivars. Journal of Tekirdag Agriculture Faculty, 7: 95-103.
24. Long, S.P., S. Humphries and P.G. Falkowski. 1994. Photo inhibition of photosynthesis in nature. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 45: 633-662.
25. Lu, Z. and P.M. Neumann. 1999. Low cell-wall extensibility can limit maximum leaf growth rates in rice. Crop Science, 39: 126-130.
26. Maroco, J.P., M.L. Rodriges, C. Lopes and M.M. Chaves. 2002. Limitaion to leaf photosynthesis in grapevine under drought metabolic and modeling approaches. Functional Plant Physiology, 29: 1-9.
27. Martinez, J.P., S. Luttus, A. Schanck and M. Banjji. 2004. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub Atriplexhalimus L. Journal of Plant Physiology, 16: 1041-1051.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

28. Mc Manus, M.T., R.L. Bieleski, L.R. Caradus and D.J. Barker. 2000. Pinitoal accumulation in mature leaves of white clover in response to a water deficit. Environmental and Experimental Botany, 43: 11-18.
29. Moghaddam, M., M. Basirat, F. Rahimzadeye Khoii and M.R. Shakiba. 1993. Path analysis for seed yield, its components and some morphological traits in winter wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 4: 48-73 (In Persian).
30. Monneveux, P. and E. Belhassen. 1996. The diversity of drought adaptation in the wide. Plant Growth Regulation, 20: 85-92.
31. Morant-Manceau, A., E. Pradier and G. Tremblin. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species salt stress. Journal of Plant Physiology, 169: 25-33.
32. Musick, J.T., O.R. Jones, B.A. Stewart and D.A. Dusek. 1994. Water-yield Relationships for Irrigated and Dryland Wheat in the U.S. Southern Plains. Agronomy Journal, 86: 980- 986.
33. Noroozi, M. and S.A.R. Kazemini. 2012. Effect of Water Stress and Plant Density on Growth and Seed Yield of Safflower. Iranian Journal of Field Crops Research, 10: 781-788 (In Persian).
34. Ozturk, L. and Y. Demir. 2002. In vivo and in vitro protective role of proline. Plant Growth Regulation, 38: 259-264.
35. Paleg, L.G. and D. Aspinall. 1981. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic press, Cambridge, Massachusetts, United States, 492 pp.
36. Passioura, J.B. 1997. Grain yield, harvest index and water use of wheat. Australian Institute of Agricultural Science, 43: 117-120.
37. Qadir, G.S. Mohammad and C. Mumtaz Akhtar. 1999. Effect of water stress on growth and yield performance of four wheat cultivars. Pak. Journal of Biological Sciences, 2: 236-239.
38. Reynolds, M.P., M. Balota, M.I.B. Delgado, I. Amani and R.A. Fischer. 1994. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, dry irrigated conditions. Australian Journal of Plant Physiology, 21: 717-730.
39. Safarnejad, A. 2004. Chractrization of somaclones of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for drought tolerance. Journal of Agricultural Science andTechnology, 6: 121-127.
40. Sairam, R.K., P.S. Deshmukh and D.S. Shukla. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 178: 171-178.
41. Saleem, M. 2003. Response of durum and bread wheat genotypes to drought stress: Biomass and yield components. Asian Journal of Plant Sciences, 2: 290-293.
42. Serraj, R. and T.R. Sinclair. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought condition. Plant, cell and Environment, 25: 333-341.
43. Schonfeld, M.A., R.C. Johnson, B.F. Carver and D.W. Mornhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science, 28: 526-531.
44. Sharma, R.B. and B.P. Ghildyal. 1977. Soil water-root relations in wheat. Water extraction rate of wheat roots that develop under dry and moist conditions. Agronomy Journal, 69: 231-233.
45. Sharp, R.E., G.L. Davis, G.K. Sprivinger, D.P. Schachtman and J. Gros. 2004. Root growth maintenance during water deficit: Physiology to functional genomics. Journal of Experimental Botany, 55: 2343-2351.
46. Sinclair, T. and M. Ludlow. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Australian Journal of Plant Physiology, 12: 213- 217.
47. Singh, M., J.P. Srivastava and A. Kumar. 1990. Effects of water on water potential components in wheat genotypes. Indian Journal of Plant Physiology, 33: 312-317.
48. Tan, B.H. and G.M. Hollaran. 1982. Variation and collerations of proline accumulation in spring wheat cultivars. Crop science, 22: 459-462.
49. Toorchi, M., H.E. Shashidhar, N. Sharma, and S. Hittalmani. 2002. Tagging QTL for maximum root length in rainfed lowland rice (*Oryza sativa* L.) using molecular markers. Cellular and Molecular Biology Latters, 7: 771-776.
50. Usman Khan, M., M.I. Chowdhry, I. Khalig, and R. Ahmad. 2003. Morphological response of various genotypes to drought conditions. Asian Journal of Plant Sciences, 2: 392-394.
51. Vendruscolo, A.C.G., I. Schuster, M. Pleggi, C.A. Scapim, H.B.C. Molinari, C.J. Marar and G.C. Vieria. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenetic wheat. Journal of Plant Physiology, 164: 1367-376.
52. Wange, W., B. Inocur and A. Altman. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperature: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, 218: 1-14.
53. Winter, S.R., J.T. Musick and K.B. Porter. 1988. Evaluations of screening techniques for breeding drought-resistant winter wheat. Crop Science, 28: 512-516.
54. Xue, Q., Z. Zhu, J.T. Musick, B.A. Stewart and D.A. Dusek. 2003. Root growth and water uptake in winter wheat under deficit irrigation. Plant and Soil, 257: 151-161.
55. Zheng, Y., A. Zhu and L. Tian. 2000. Changes of proline levels and abscisic acid content in tolerant-sensitive cultivars of soybean under osmotic conditions. www.soygenetics.orglarticles/sgn 200-011.htm.
56. Zlatev, Z. and I.T. Yordanov. 2004. Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 30: 3-18.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]

Evaluation of Spring wheat Cultivars for Physiological, Morphological and Agronomic Traits under Drought Stress

Mohammad Reza Naghavi[1], Mohammad Moghaddam[2], Mahmoud Toorchi[2] and Mohammad Reza Shakiba[2]

1- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran
(Corresponding author: mr_naghavi@ymail.com)
2- Professor, University of Tabriz
Received: April 11, 2014 Accepted: September 15, 2014

Abstract

For evaluation of the reaction twenty of spring wheat cultivars under complete irrigation (control) and drought stress condition starting before booting stage, an experiment was conducted in split plot basis of Randomized Complete Block Design with 4 replications in two cropping years (2010-2011 and 2011-2012) in research farm of Agriculture Faculty, University of Tabriz. The results of variance analysis of traits were showed significant difference between stress levels and between cultivars for all studied traits. Stress cause to significantly decrease of grain yield, yield components, plant height and other morphological traits. Also, values of physiological traits have decreased under drought stress and this decrease was not similar for all cultivars. Further, quantitative amounts of root traits were increased for plant defense apposite to drought stress and this increase was more in tolerant cultivars than others. On the other hand, assessment of correlation coefficients between traits was showed that grain yield had the highest positive and significant correlation with number of spike per plant under control and drought stress conditions. Also, dendrogram of cluster analysis grouped cultivars into four groups under both of control and drought stress conditions. According to achieved results of mean comparisons and cluster analysis, Kavir, Niknejhad, Darya, Moghan3 and Marvdasht were the most tolerant cultivars and Bahar was the most sensitive cultivar. So, it seems that these tolerant cultivars are suitable for direct culture in farm that has limitation for irrigation during end of growth period.

Keywords: Cluster analysis, Drought stress, Drought tolerant, Spring wheat

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/jcb.8.18.64]