

بررسی صفات مورفوفیزیولوژیک برخی از ارقام گندم نان در شرایط نرمال و تنش خشکی

کمال شهبازی هومونلو^{۱*}، علی عبادی^۲، سلیم فرزانه^۲، و منوچهر خدارحمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۶

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر ارقام گندم نان، پژوهشی طی دو سال زراعی متوالی (۹۸ - ۱۳۹۷ و ۹۹ - ۱۳۹۸) در سایت آزمایش‌های غلات آبی مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل رژیم آبیاری (آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (شاهد بدون تنش خشکی)، آبیاری تا مرحله گلدهی (تنش خشکی متوسط) و آبیاری خاک آب (تنش خشکی کامل) و کرت‌های فرعی شامل شش رقم گندم نان شامل (تیرگان، احسان، کلاته، آراز، تکتاز و آفتاب) بودند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تنش خشکی متوسط و تنش خشکی کامل باعث کاهش ارتفاع بوته (به ترتیب ۳/۳۷ و ۶/۸۸ درصد)، تعداد پنجه بارور (به ترتیب ۱۹/۳۹ و ۲۲/۷۲ درصد)، تعداد دانه در سنبله (به ترتیب ۷/۴۶ و ۱۵/۷۶)، وزن دانه در سنبله (به ترتیب ۶/۳۸ و ۷/۸۶ درصد) و عملکرد دانه (به ترتیب ۷/۶۶ و ۱۵/۲۹ درصد) نسبت به آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد شد. همچنین، نتایج نشان داد تنش خشکی متوسط و تنش خشکی کامل باعث افزایش میزان پرولین (به ترتیب ۲۶/۴۵ و ۴۵/۷۱ درصد) و پلی فنول اکسیداز (به ترتیب ۱۳/۰۹ و ۲۰/۸۱ درصد) شد. به طور کلی نتایج نشان داد که ارقام تکتاز و تیرگان دارای پتانسیل عملکرد بیشتر در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی متوسط بودند و در شرایط تنش خشکی متوسط و تنش خشکی کامل، ارقام تکتاز و آفتاب از نظر صفات مورد بررسی برتر بودند و با توجه به تحمل بالاتر این ارقام به تنش خشکی، استفاده از این ارقام در مناطق مواجه با محدودیت رطوبت، شایسته پژوهش‌های بلند مدت با جزئیات بیشتری است.

واژگان کلیدی: آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، پرولین، پلی فنول اکسیداز، کارایی مصرف آب.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران.

مقدمه

سازمان ملل متحد گزارش داده است که جمعیت کره زمین تا سال ۲۰۵۰ به ۹ میلیارد و ۸۰۰ میلیون نفر خواهد رسید و مسئله تامین غذا را چالش بزرگ پیش روی بشر دانسته است (Anonymus, 2017). با توجه به اینکه بیش از سه چهارم انرژی و در حدود نیمی از پروتئین مورد نیاز بشر از غلات تامین می شود همواره باید به فکر افزایش تولید این محصولات بود تا بتوان نیازهای پیش روی جمعیت جهان را تامین کرد. گندم، مهم ترین گیاه زراعی در جهان است که نقش مهمی در تامین غذای مردم دارد. این گیاه یک منبع غذایی بسیار مهمی است، زیرا نیاز انسان را به کربوهیدرات ها، پروتئین های غذایی، فیبر، کلسیم، روی، چربی و انرژی تامین می کند (Boukid et al., 2019). در سال ۲۰۱۸، مقدار تولید جهانی این گیاه ۷۶۰/۶ میلیون تن بوده است. ایران در سال ۲۰۱۹ بیش از ۹/۱ میلیون تن ذخیره غلات داشته است (Anonymus, 2021).

تنش خشکی یکی از مهم ترین عوامل تهدیدکننده و محدودیت زیست محیطی برای گیاهان است که اثرات نامطلوبی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد (Luo et al., 2019). با این وجود همزمان با تغییرات اقلیمی، فراوانی و شدت تنش خشکی به طور مداوم افزایش می یابد (Banks et al., 2019). از این رو در سال های اخیر به علت تغییر شرایط آب و هوایی تنش خشکی شدیدتر شده است. مطالعات مربوط به پاسخ های زراعی، ریخت شناسی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیک در شرایط تنش خشکی می تواند درک ما را از توانایی گیاهان برای پاسخگویی و سازگاری با محیط های مستعد خشکسالی افزایش دهد (Pour-Aboughadareh et al., 2020). در طی یک دوره

طولانی انتخاب و اصلاح گندم توسط به نژادگران، از استراتژی های پیچیده ای (شامل صفات زراعی مورفولوژیک همراه با سازوکارهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی) برای کنار آمدن با تنش خشکی استفاده شده است. از این رو، می توان از دانش ارتباط بین عملکرد و این صفات و همچنین برآورد دقیق تحمل تنش در مواد ژنتیکی گیاهی، برای بهبود کارایی برنامه های تکثیر در محیط های مختلف استفاده کرد (Vaughan et al., 2018). چندین صفت مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته، طول برگ، تعداد پنجه های بارور در بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و حتی طول ریشک نه تنها بر تحمل تنش به رطوبت محدود خاک در گندم تأثیر می گذارد، بلکه نشان می دهند که ارقام سازگار چگونه از طریق تغییرات ریخت شناسی با تنش خشکی کنار می آیند (Liu et al., 2015). به عنوان مثال رقم پر پتانسیل چمران که برای اراضی آبی اقلیم گرم جنوب کشور معرفی شده بود توانست به مدت طولانی (حدود بیش از ۲۰ سال) بالاترین ضریب نفوذ اراضی دیم و آبی را در این اقلیم به خود اختصاص داده و حتی از ارقام دیم هم در شرایط تنش خشکی بهتر عمل کند اما چند سالی است این رقم نسبت به بیماری های مختلف قارچی به ویژه بیماری زنگ زرد حساس و از چرخه تولید بذر این اقلیم حذف شده است.

یکی از اهداف اصلی مطالعه حاضر بررسی رقمی مشابه رقم چمران برای منطقه مغان (که حدود ۲۰ تا ۲۵ هزار هکتار گندم آبی و ۱۵۵ هزار هکتار گندم دیم در این منطقه کشت می شود) است. بنابراین، با توجه به اهمیت گندم و تنش خشکی هدف از انجام پژوهش حاضر شناسایی ارقام متحمل و حساس گندم با استفاده از صفات مورفولوژیک، زراعی و فیزیولوژیک تحت تنش

خشکی و همچنین شناسایی صفات مطلوب جهت گزینش ارقام متحمل به منظور کاشت در مناطق گرم و مرطوب کشور صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۹۸ - ۱۳۹۷ و ۹۹ - ۱۳۹۸ در سایت آزمایش‌های غلات آبی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۷۶ متر از سطح دریا و با شرایط آب و هوایی نیمه خشک معتدل (بر اساس اقلیم نمای آمبرژه) (شکل ۱) اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی رژیم آبیاری شامل: آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (شاهد بدون تنش خشکی) ۲- آبیاری تا مرحله گلدهی (تنش خشکی متوسط) و ۳- آبیاری خاک آب (تنش خشکی کامل) و کرت فرعی شامل شش رقم گندم نان شامل (تیرگان، احسان، آراز، کلاته، تکتاز و آفتاب) بود آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (شاهد بدون تنش خشکی) شامل ۶ مرتبه: ۱- مرحله جوانه‌زدن (خاک آب)، ۲- مرحله پنجه‌دادن (پنجه آب)، ۳- مرحله ساقه رفتن (ساقاب)، ۴- مرحله خوشه رفتن (خوشاب)، ۵- مرحله ظهور سنبله (گل آب) و ۶- مرحله بستن (دان آب) بود. آبیاری تا مرحله گلدهی (تنش خشکی متوسط) شامل ۵ مرتبه: ۱- مرحله جوانه‌زدن (خاک آب)، ۲- مرحله پنجه‌دادن (پنجه آب)، ۳- مرحله ساقه رفتن (ساقاب)، ۴- مرحله خوشه رفتن (خوشاب)، ۵- مرحله ظهور سنبله (گل آب) بود. آبیاری خاک آب (تنش خشکی کامل) شامل ۱ مرتبه: ۱- آبیاری پس از

کشت گندم (خاک آب) بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ و مشخصات ارقام گندم در جدول ۲ گزارش شده است.

زمین محل آزمایش در سال قبل، آیش بود و عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک و کوددهی و تسطیح در اول آبان ماه طبق روال هر سال انجام گرفت. در هر دو سال آزمایش کاشت در ۲۰ آبان ماه با بذور ضد عفونی شده ارقام گندم انجام شد. بذور هریک از ارقام مختلف گندم روی خط‌هایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر و بر اساس تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع با بذور کار مخصوص آزمایش‌های غلات وینتراشتاگر انجام شد. پس از کاشت، یک نوبت آبیاری در پاییز جهت سبز شدن گیاهچه‌ها و استقرار آنها انجام گرفت و پس از آن اعمال تیمارهای آبیاری آغاز شد. میزان آبیاری به وسیله کنتور با دقت یک دهم لیتر اندازه‌گیری و با کنترل شیرهای ورودی برای هر تیمار آبیاری جداگانه اعمال گردید. برای تعیین میزان آب آبیاری، ابتدا نیاز آبی گیاه در فاصله هر دو آبیاری مطابق معادله یک برآورد گردید.

$$\text{معادله ۱} \quad WR = (Etc + Ro - Pe - CR) / (Ei / 100)$$

در این معادله WR: نیاز آبی گیاه (میلی-متر)، Etc: تبخیر و تعرق گیاه زراعی (میلی-متر)، Ro: رواناب (میلی-متر)، Pe: بارندگی مؤثر (میلی-متر)، CR: صعود کاپیلاری (میلی-متر) و Ei: راندمان آبیاری (درصد) می‌باشند (Allen et al., 1998). با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی مقدار رواناب صفر در نظر گرفته شد. میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) بر پایه مدل پنمن مونتیث فائو (بر اساس داده‌های روزانه هواشناسی مربوط به فاصله زمانی تاریخ آبیاری قبلی تا تاریخ

آبیاری مورد نظر و با استفاده از داده‌های دستگاه هواشناسی خودکار) و میزان تبخیر و تعرق گیاه گندم بر اساس معادله دو محاسبه گردید.

$$\text{Eto} \times \text{Kc} = \text{Etc} \quad \text{معادله ۲}$$

با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی و انتقال آب تا ابتدای کلیه خطوط کشت به‌وسیله لوله، میزان راندمان آبیاری (Ei) نیز ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. کوددهی با مصرف کود سوپر فسفات تریپل (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان خاک‌ورزی و همچنین اوره (به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در هنگام ساقه روی در اواسط اسفندماه انجام شد. کنترل علف‌های هرز مزرعه هم به روش شیمیایی و هم به‌صورت وجین دستی انجام گردید. برداشت محصول در تاریخ ۳۰ خرداد ماه ۱۳۹۸ و ۲۸ خرداد ماه ۱۳۹۹ انجام شد. قبل از برداشت محصول ۶ بوته کامل از هر پلات به‌صورت تصادفی به‌عنوان نمونه جامعه هر کرت انتخاب و به آزمایشگاه غلات مرکز جهت اندازه‌گیری صفات مرفولوژیک منتقل شد. عملکرد دانه با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت و برداشت محصول با استفاده از کمباین آزمایش‌های غلات (وینتر اشتایگر) انجام و به کیلوگرم در هکتار تبدیل گردید.

اندازه‌گیری فعالیت‌های آنزیمی از برگ پرچم در زمان ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی انجام شد (Kiliç and Yağbasanlar, 2010). اندازه‌گیری میزان پرولین برگ نیز با استفاده از روش بیتس و همکاران (Bates et al., 1973) صورت گرفت. اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش کارو و میشر (Karo and Mishra, 1976) انجام گرفت. اندازه‌گیری قند

محلول برگ به‌روش فنول سولفوریک صورت گرفت (Dubois et al., 1956). برای سنجش آنزیم پلی‌فنول اکسیداز از روش خان (Khan, 1975) استفاده شد. پس از انجام آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (بارتلت)، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام شد. تجزیه‌های آماری و رسم شکل‌ها به‌ترتیب با استفاده از نرم افزار SPSS و برنامه Excel انجام و برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه کلاستر روش Ward استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس نشان داد برای صفت تعداد روز تا سبز شدن، اثر اصلی سال و اثر اصلی رقم معنی‌دار به دست آمد (جدول ۳). کمترین تعداد روز تا سبز شدن به طور معنی‌داری برای ارقام تیرگان و تکتاز به‌دست آمد (جدول ۴). بیشترین تعداد روز تا سبز شدن برای رقم احسان مشاهده گردید (جدول ۴). سبز شدن سریع به واسطه جذب رطوبت خاک، تسریع پوشاندن زمین و ممانعت از رشد علف‌های هرز مزیای زیادی به همراه دارد. با توجه به تفاوت ارقام گندم از نظر سرعت سبز شدن، انتظار می‌رود که تأثیرپذیری ارقام مختلف از دما و طول روز متفاوت باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سال، اثر اصلی تنش خشکی، اثر اصلی رقم و اثر متقابل دو جانبه سال در رقم از لحاظ ارتفاع گیاه گندم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). برای اصلی سال نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع بوته گندم برای سال دوم (۱۱۳/۱۱۷ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع ثبت شده برای سال اول (۱۰۵/۴۳۸ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۴).

نتایج اثر تنش خشکی بیانگر این بود که بیشترین ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) به‌دست آمد (جدول ۵). کمترین ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری در شرایط تنش خشکی کامل حاصل گردید (جدول ۵).

نتایج اثرات متقابل دو جانبه سال $\times$ رقم بیانگر این بود که بیشترین ارتفاع بوته به‌طور غیر معنی‌داری در سال دوم و برای ارقام تیرگان، تکتاز، آراز و کلاته به‌دست آمد (جدول ۹). کمترین ارتفاع بوته ارقام گندم به‌طور مشترک در سال اول و برای ارقام احسان، آفتاب و کلاته حاصل گردید (جدول ۹). گزارش شده است که غلات تا زمان گلدهی بیشترین ارتفاع خود را به دست آورده و در مراحل باقیمانده رشد تغییر چندانی در ارتفاع بوته آنها حاصل نمی‌شود (Tajalli et al., 2013). در آزمایشی با اعمال تنش خشکی در سطح قطع آبیاری در مرحله سنبله-دهی، در ابتدای مرحله دانه‌بندی و آبیاری کامل بر رقم‌های گندم یاواروس و بهرنگ مشخص شد که تیمار قطع آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد سنبله بارور و عملکرد دانه گردید (Ghae'ad Amini et al., 2021).

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد برای صفت تعداد پنجه بارور در بوته، اثرات متقابل دو جانبه سال در تنش خشکی و اثرات متقابل سه جانبه سال در تنش خشکی در رقم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این آزمایش بیشترین تعداد پنجه بارور گندم در سال دوم در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) و برای رقم تکتاز و تیرگان به‌دست آمد (جدول ۸). کمترین تعداد پنجه بارور گندم

نیز در سال اول و در شرایط تنش خشکی کامل و برای رقم احسان به‌دست آمد (جدول ۸). وقوع تنش خشکی در اواخر مرحله پنجه‌زنی موجب می‌گردد که گیاه این تنش را حس کند و برای حفظ بقای خود و مقاومت در برابر تنش خشکی، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور را کاهش دهد، تا از آب کم موجود بتواند حداکثر بهره‌وری را برای ایجاد دانه‌های سالم، اما به تعداد کم داشته باشد. با انجام آبیاری در شرایط بروز تنش خشکی در مرحله اواخر پنجه‌زنی و شروع ساقه-دهی، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه‌های بارور افزایش می‌یابد (Haghparsat, 2013).

نتایج تجزیه واریانس داده نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار اثر اصلی سال، اثر اصلی تنش خشکی و اثر اصلی رقم بر صفت طول سنبله گندم بود (جدول ۳). برای اصلی سال نتایج نشان داد بیشترین طول سنبله گندم برای سال دوم و کمترین طول سنبله برای سال اول به دست آمد (جدول ۴). نتایج اثر تنش خشکی بیانگر این بود که بیشترین طول سنبله گندم به‌طور معنی‌داری در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) به‌دست آمد (جدول ۵). کمترین طول سنبله گندم به‌طور معنی‌داری در شرایط تنش خشکی کامل حاصل گردید (جدول ۵).

نتایج نشان داد که بیشترین میزان طول سنبله برای رقم تکتاز (۱۱/۰۴ سانتی‌متر) و کمترین میزان طول سنبله گندم برای رقم احسان (۹/۴۶ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۶). بخشی از افزایش طول سنبله را در شرایط آبیاری کامل می‌توان به افزایش تعداد دانه در سنبله نسبت داد زیرا به نظر می‌رسد آبیاری کامل به‌دلیل جلوگیری از خشک شدن دانه کرده منجر به افزایش تعداد گل‌های تلقیح شده و افزایش تعداد دانه در سنبله

می‌شود که در نهایت منجر به افزایش طول سنبله می‌شود (Oelke et al., 2004). شمس‌ی و همکاران (Shamsi et al., 2010) گزارش کردند که تنش آبی موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله می‌شود. به دلیل اینکه مواد غذایی به صورت محلول در آب جذب گیاه می‌شوند، بنابراین محدودیت در منابع آبی منجر به محدودیت در کلیه منابع غذایی شده و گیاه مجبور به کم کردن رشد رویشی و اتمام زود هنگام مرحله رویشی و شروع مرحله زایشی می‌گردد. در نتیجه، ارتفاع، طول سنبله و عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد (Narimani et al., 2020).

با نگاهی به جدول آنالیز واریانس مشاهده می‌شود که برای صفت تعداد دانه در سنبله، اثر اصلی تنش خشکی، اثر اصلی رقم و اثرات متقابل دو جانبه تنش خشکی در رقم اختلاف معنی‌داری به دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی در رقم برای تعداد دانه در سنبله گندم نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله گندم به طور غیر معنی‌داری در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) و برای ارقام تکتاز و تیرگان (جدول ۷). کمترین تعداد دانه در سنبله ثبت شده، در شرایط تنش خشکی تنش خشکی کامل و برای رقم احسان به دست آمد (جدول ۷). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله ناشی از تنش خشکی توسط محققان گزارش شده است. اولک و همکاران (Oelke et al., 2004) اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی به دلیل خشک شدن دانه گرده و افت میزان گل‌های تلقیح شده، تعداد دانه‌ها در سنبله کاهش می‌یابد. لوییچی و همکاران (Luigi et al., 2008) کاهش تعداد دانه در سنبله را به اثر سوء تنش خشکی در

باروری تخمک‌ها و طی شدن سریع‌تر مراحل نمو گیاه نسبت دادند. تاتاری و همکاران (Tatari et al., 2012) گزارش کردند که تعداد گلچه‌هایی که در گیاه پس از شروع رشد سریع سنبله و ساقه باقی مانده و سرعت رشد طبیعی دارند، با قابلیت دسترسی به آب متناسب است. بنابراین، آبیاری در مرحله گل‌دهی با حفظ گلچه‌های تولیدی در گیاه موجب افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود (Tatari et al., 2012).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان‌دهنده این بود که برای صفت وزن دانه در سنبله، اثرات متقابل دو جانبه سال در رقم اختلاف معنی‌داری به دست آمد (جدول ۳). نتایج بیانگر این مطلب بود که بیشترین وزن دانه در سنبله گندم در سال اول و دوم برای رقم تکتاز به دست آمد (جدول ۹). کمترین وزن دانه در سنبله گندم نیز در هر دو سال برای رقم احسان به دست آمد (جدول ۹). اثر تنش رطوبتی بر روی گیاهان بسته به این که در کدام مرحله از رشد رخ دهد متفاوت است. خشکی در طی مرحله پر شدن دانه به ویژه اگر با گرما همراه باشد می‌تواند موجب تسریع پیری، کاهش دوره پر شدن دانه و کاهش وزن دانه شود. در آزمایشی با اعمال تنش خشکی در سه سطح ۳۵، ۶۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی بر روی ارقام میهن، حیدری، ساینوز و گاسگوژن گندم مشخص شد که تنش خشکی موجب کاهش صفات طول ساقه، طول ریشه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله و وزن هزار دانه گردید (Raeesi Sadati et al., 2020).

در صفت عملکرد دانه اثرات متقابل دو جانبه سال در رقم اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج بیانگر این مطلب است که بیشترین عملکرد دانه گندم در هر دو سال برای رقم تکتاز به دست

آمد (جدول ۹) و کمترین عملکرد دانه گندم به-طور معنی‌داری در هر دو سال برای رقم احسان به‌دست آمد (جدول ۹). وزن دانه بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را دارد و به عنوان یک صفت مهم در انتخاب برای مقاومت به خشکی و دمای بالا مورد توجه قرار گرفته است به‌طوری‌که وزن دانه و عملکرد با افزایش تعداد آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برای صفت پرولین، اثر اصلی رقم و اثرات متقابل تنش خشکی در رقم اختلاف معنی‌داری به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان پرولین (۱۱/۲۶۴ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) در شرایط تنش کامل و برای رقم تکتاز و کمترین میزان پرولین (۳/۸۰۶ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد و برای رقم احسان به-دست آمد (جدول ۱۰). نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تنش خشکی متوسط و تنش خشکی کامل باعث افزایش معنی‌دار پرولین (به ترتیب ۲۷ و ۴۵ درصد) نسبت به شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد شدند. افزایش محتوای پرولین در گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند نوعی سازگاری برای غلبه بر شرایط تنش می‌باشد (Manivannan et al., 2007) که منجر به حفظ تورژسانس سلول‌ها و فرایندهای وابسته به آن در پتانسیل‌های آب پایین می‌شود. در آزمایشی با اعمال تنش خشکی در سه سطح پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بر رقم گندم میهن مشخص شد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار پرولین و قندهای محلول گیاه گردید (Mahmoudi and Afkari, 2020). طبق نتایج

مندرج در جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی تنش خشکی، اثر اصلی رقم و اثرات متقابل دو جانبه تنش خشکی در رقم بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج بیانگر این مطلب است که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی کامل برای ارقام تیرگان و تکتاز به-دست آمده (جدول ۱۰) و کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد و به‌طور مشترک برای ارقام تکتاز، کلاته و احسان به‌دست آمد (جدول ۱۰). تحقیقات نشان داده است گیاهانی که مقدار بیشتری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز و پراکسیداز از نوع ساختاری یا القایی داشته باشند، در برابر آسیب‌های اکسیداتیو مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند (Ashraf and Bashir, 2006).

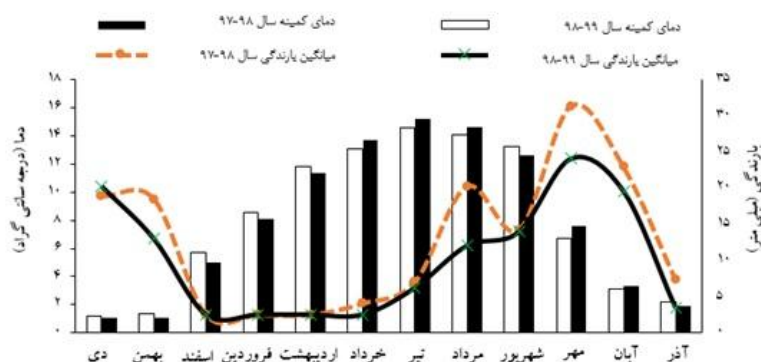
اثر اصلی تنش، اثر اصلی رقم و اثرات متقابل دو جانبه تنش خشکی در رقم بر فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که بیشترین پلی فنول اکسیداز در شرایط تنش کامل برای رقم تکتاز (۹۲/۶۸۷ تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه) به‌دست آمد (جدول ۱۰) و کمترین پلی فنول اکسیداز در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد و برای رقم تیرگان (۷۱/۰۳۲ تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه) به‌دست آمد (جدول ۱۰). گیاهان برای کاهش اثرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن، سازوکارهای متفاوتی دارند. از جمله این سازوکارها می‌توان به افزایش سیستم دفاع آنتی-اکسیدانی اشاره کرد (Agarwal and Pandey, 2004). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط محدودیت آبی (زراعت دیم) موجب تحمل بهتر گیاه به تنش‌های محیطی (Ahmad and Prasad, 2006).

هم باشند (تلاقی متحمل‌ترین و حساس‌ترین ارقام). بنابراین گروه‌بندی ارقام در گروه‌های مختلف ما را در انتخاب والدین تلاقی‌های به‌نژادی یاری خواهد کرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که برخی از صفات ارقام گندم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند که باید برای برنامه‌های اصلاح گندم در نظر گرفته شوند. همان‌طور که در این مطالعه مشاهده شد، ارتباط خصوصیات مورفوفیزیولوژیک با عملکرد دانه امکان ارزیابی ارقام با عملکرد بالا را با استفاده از این ویژگی‌ها در شرایط خشکسالی فراهم می‌کند. نتایج نشان داد که ارقام تکتاز و تیرگان دارای پتانسیل عملکرد بیشتر در هر دو شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد و تنش خشکی متوسط بودند و در شرایط تنش خشکی متوسط و تنش کامل، رقم‌های تکتاز و آفتاب از نظر صفات مورد بررسی برتر بودند. با توجه به شرایط بحرانی آب در جهان و ایران به‌ویژه در استان اردبیل (مغان)، معرفی ارقامی که بتوانند حداقل کاهش عملکرد را در شرایط کم آبیاری داشته باشند، از اهمیت بسزایی برخوردارند. لذا در بین ارقام مورد بررسی تکتاز و آفتاب با توجه به ثبات عملکرد دانه در شرایط تنش و کمبود آب در آخر فصل رشد، برای کاشت در شرایط مشابه این تحقیق مناسب به نظر می‌رسند.

2012) و کاهش اثرات مخرب تنش اکسیداتیو می‌شود (Mandhania et al., 2006). در آزمایشی با اعمال تنش خشکی در دو سطح شاهد (آبیاری در تمام مراحل رشدی بر اساس نیاز آبی گیاه) و قطع آبیاری از اواسط اردیبهشت تا پایان فصل رشد بر رقم‌های گندم الوند، سیوند، زرین، باز، بهار، شهریار، نورستار، پیشگام، پیشتاز، کویر، اروم و پارسی مشخص شد که تیمار قطع آبیاری سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، غلظت پروتئین‌های محلول و افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد (Teimouri et al., 2020). نتایج تجزیه خوشه‌ای وجود تنوع در صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد در بین ارقام مورد بررسی را نشان داد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در شرایط آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد ارقام گندم در سه گروه قرار می‌گیرند. بدین ترتیب که ارقام تکتاز و تیرگان در گروه اول، ارقام آراز و کلاته در گروه دوم و ارقام احسان و آفتاب در گروه سوم قرار می‌گیرند. در شرایط تنش خشکی متوسط ارقام گندم در سه گروه قرار گرفتند بدین ترتیب که ارقام تکتاز و تیرگان در گروه اول، ارقام آراز و احسان در گروه دوم و ارقام کلاته و آفتاب در گروه سوم قرار گرفتند. در شرایط تنش خشکی کامل ارقام گندم تکتاز و آفتاب در گروه اول، ارقام تیرگان و آراز در گروه دوم و ارقام کلاته و احسان در گروه سوم قرار گرفتند. یکی از مهم‌ترین کارهایی که در رابطه با مطالعات ژنتیکی تحمل به خشکی در مرکز سیمیت انجام می‌شود، ایجاد جمعیت در حال تفرق و بدست آوردن نشانگرهای مولکولی است. جمعیتی می‌تواند حداکثر تفرق را نشان دهد که والدین آن از نظر تحمل خشکی کاملاً متفاوت از



شکل ۱- میانگین دمای هوا و بارش در سال ۹۹ - ۱۳۹۷ در استان اردبیل (مغان)

Figure 1- Average air temperature and precipitation in 2018-2020 in Ardabil province (Moghan)

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physical and chemical properties of the farm soil

بافت خاک Soil texture	EC (ds/m)	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	%(N)	ppm(P)	ppm(K)
SC	1.08	46	40	14	1.20	0.12	12.72	626.6

جدول ۲- مشخصات ارقام گندم مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Characteristics of wheat cultivars used in the experiment

رقم Cultivar	سال معرفی Introduction year	تیپ رشد و مناطق مورد کشت Type of growth and cultivated areas
تیرگان	۱۳۹۶	تیپ رشدی بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۱۰۵ سانتی متر، متوسط عملکرد ۵۹۰۰ کیلوگرم در هکتار، دارای کیفیت خیلی خوب جهت تهیه نان، نیمه مقاوم به ورس و مقاوم ریزش دانه، دارای ۱۲/۲ درصد پروتئین دانه، مقاوم نسبت به بیماریهای زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و زنگ سیاه و نیمه مقاوم نسبت به بیماری فوزاریوم سنبله. متوسط عملکرد ۵۷۱۹ کیلوگرم در هکتار، تیپ رشدی بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۱۰۷ سانتی متر، نیمه مقاوم به ورس، مقاوم به ریزش دانه، متوسط رس، دارای ۱۲/۳ درصد پروتئین در دانه، مقاوم به بیماریهای زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و فوزاریوم سنبله.
احسان	۱۳۹۵	تیپ رشدی بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۱۰۰ سانتی متر، متوسط عملکرد ۵۹۲۰ کیلوگرم در هکتار، دارای کیفیت خوب جهت تهیه نان، مقاوم به ورس و ریزش دانه، دارای ۱۲/۳ درصد پروتئین دانه، مقاوم نسبت به بیماریهای زنگ زرد و زنگ قهوه‌ای، حساس به بیماریهای زنگ سیاه و فوزاریوم سنبله.
کلاته	۱۳۹۷	تیپ رشدی بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۱۰۶ سانتی متر، متوسط عملکرد ۶۲۳۲ کیلوگرم در هکتار، دارای کیفیت خوب تا خیلی خوب جهت تهیه نان، نیمه مقاوم به ورس و مقاوم ریزش دانه، دارای ۱۲/۲ درصد پروتئین دانه، مقاوم تا نیمه مقاوم نسبت به بیماری زنگ زرد و مقاوم تا حساس نسبت به زنگ قهوه‌ای، حساس به بیماری زنگ سیاه و نیمه مقاوم نسبت به فوزاریوم سنبله.
آراز	۱۴۰۰	تیپ رشدی بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۱۰۶ سانتی متر، متوسط عملکرد ۶۲۳۲ کیلوگرم در هکتار، دارای کیفیت خوب تا خیلی خوب جهت تهیه نان، نیمه مقاوم به ورس و مقاوم ریزش دانه، دارای ۱۲/۲ درصد پروتئین دانه، مقاوم تا نیمه مقاوم نسبت به بیماری زنگ زرد و مقاوم تا حساس نسبت به زنگ قهوه‌ای، حساس به بیماری زنگ سیاه و نیمه مقاوم نسبت به فوزاریوم سنبله.
تکتاز	۱۴۰۰	تیپ رشدی بهاره، متوسط عملکرد ۶۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، مقاومت قابل قبول نسبت به بیماریهای زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و مقاومت نسبی به بیماری سفیدک پودری و ریزش دانه و با کیفیت نانوائی مطلوب
آفتاب	۱۳۹۴	مناسب جهت کشت در مناطق دیم، متوسط عملکرد ۳۱۸۳ کیلوگرم در هکتار، دارای کیفیت مناسب آرد جهت تهیه نان، مقاوم نسبت به بیماریهای زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای، فوزاریوم سنبله و سیاهک پنهان معمولی.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورفوفیزیولوژیک در اقام و لاین‌های گندم تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در دو سال
Table 3- Combined analysis of morphophysiological traits in wheat cultivars and lines under normal conditions and drought stress in two years

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد روز تا سبز شدن Number of days until emergence	ارتفاع Plant height	تعداد پنجه بارور در بوته Number of fertile tillers	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Number of grain in spike	وزن دانه در سنبله Grain weight in spike	عملکرد دانه Seed yield	پروترین Proline	کاتالاز Catalase	پلی فنول اکسیداز Polyphenol oxidase
سال Year (Y)	1	73.34*	8212.23*	16 ^{ns}	14.52*	79.36 ^{ns}	0.84 ^{ns}	28167.21 ^{ns}	12.00 ^{ns}	259.40 ^{ns}	41.50 ^{ns}
تکرار / سال Year/ replication	4	0.64	406.14	2.16	1.65	12.21	0.11	1986250.98	33.99	852.13	136.34
تنش خشکی Drought stress	2	0.03 ^{ns}	2596.75*	0.34 ^{ns}	554.92**	4915.29**	0.00 ^{ns}	30287.76 ^{ns}	24.17 ^{ns}	628.20**	100.51**
سال × تنش خشکی Y × D	2	0.14 ^{ns}	477.65 ^{ns}	2.62*	1.91 ^{ns}	96.91 ^{ns}	0.48 ^{ns}	1108017.89 ^{ns}	33.08 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.05 ^{ns}
خطای اصلی Error (a)	8	0.56	180.79	0.21	1.93	45.42	0.03	2471566.03	54.68	47.38	7.58
رقم Cultivar (C)	5	250.92**	988.15*	1.36 ^{ns}	15.07**	68.24*	0.38 ^{ns}	1.826000 ^{ns}	4.63**	88.42**	14.14**
سال × رقم Y × C	5	0.60 ^{ns}	207.06**	0.75 ^{ns}	1.72 ^{ns}	17.18 ^{ns}	0.89*	6126901.38*	0.26 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.01 ^{ns}
تنش خشکی × رقم D × C	10	0.68 ^{ns}	37.17 ^{ns}	0.81 ^{ns}	6.23 ^{ns}	30.95**	0.29 ^{ns}	812258.52 ^{ns}	0.84*	89.94**	14.39**
سال × تنش خشکی × رقم Y × D × C	10	0.34 ^{ns}	30.24 ^{ns}	0.66*	2.32 ^{ns}	7.64 ^{ns}	0.28 ^{ns}	1139505.17 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.05 ^{ns}
خطای فرعی Error (b)	60	0.51	20.47	0.28	2.01	15.84	0.16	2.023	0.64	32.23	5.15
C.V. ضریب تغییرات (%)		9.27	5.11	14.59	3.34	9.16	8.95	15.24	13.09	14.27	11.22

^{ns}, *, ** به ترتیب اختلاف غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

^{ns}, * and **: non-significant and significant at 5% and 1 % probability levels, respectively.

جدول ۴- اثر اصلی سال بر صفات گندم
Table 4- The main effect of year on wheat traits

سال Year	ارتفاع Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)
اول First	105.438	9.710
دوم Second	113.117	10.580
LSD	2.22	0.79

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف بیشتری نسبت به مقدار LSD دارند، تفاوت معنی‌داری دارند.

In each column, the means that have a greater difference than the LSD value have a significant difference.

جدول ۵- اثر اصلی تنش خشکی بر صفات گندم
Table 5- The main effect drought stress on wheat traits

Drought stress	تنش خشکی	ارتفاع Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)
	آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) Normal irrigation (non-drought stress)	113.75	10.705
	آبیاری تا مرحله ساقه رفتن (تنش خشکی متوسط) Irrigation up to boot stage (moderate drought stress)	108.732	10.12
	آبیاری پس از کشت گندم (تنش خشکی کامل) Full drought stress (dryland)	105.351	9.61
	LSD	2.14	0.45

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف بیشتری نسبت به مقدار LSD دارند، تفاوت معنی‌داری دارند.
In each column, the means that have a greater difference than the LSD value have a significant difference.

جدول ۶- اثر اصلی رقم بر صفات گندم
Table 6- The main effect of cultivar on wheat traits

wheat cultivars	ارقام گندم	تعداد روز تا سبز شدن Number of days until emergence (day)	طول سنبله Spike length (cm)
	Taktaz تکتاز	12	11.04
	Tirghan تیرگان	12.61	10.37
	Araz آراز	15.83	9.76
	Kalateh کلاته	14.88	10.09
	Ehsan احسان	18.44	9.46
	Aftab آفتاب	17.11	10.15
	LSD	0.74	0.58

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف بیشتری نسبت به مقدار LSD دارند، تفاوت معنی‌داری دارند.
In each column, the means that have a greater difference than the LSD value have a significant difference.

جدول ۷- اثر متقابل تنش خشکی در ارقام گندم بر تعداد دانه در سنبله
Table 7- Interaction of, drought stress and wheat cultivars on number of grain in spike

Drought stress	تنش خشکی	ارقام گندم wheat cultivars	تعداد دانه در سنبله Number of grain in spike
		Taktaz تکتاز	48.61
		Tirghan تیرگان	46.78
	آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) Normal irrigation (non-drought stress)	Araz آراز	45.61
		alateh کلاته	45.50
		Ehsan احسان	45.00
		Aftab آفتاب	43.95
		Taktaz تکتاز	42.83
		Tirghan تیرگان	42.56
	آبیاری تا مرحله ساقه رفتن (تنش خشکی متوسط) Irrigation up to boot stage (moderate drought stress)	Araz آراز	42.17
		alateh کلاته	40.72
		Ehsan احسان	41.56
		Aftab آفتاب	40.95
		Taktaz تکتاز	40.06
		Tirghan تیرگان	39.61
	آبیاری پس از کشت گندم (تنش خشکی کامل) Full drought stress (dryland)	Araz آراز	39.16
		alateh کلاته	37.83
		Ehsan احسان	35.67
		Aftab آفتاب	39.72
		LSD	4.57

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف بیشتری نسبت به مقدار LSD دارند، تفاوت معنی‌داری دارند.
In each column, the means that have a greater difference than the LSD value have a significant difference.

جدول ۸- اثر متقابل سال در تنش خشکی در رقم بر تعداد پنجه بارور در بوته

Table 8- Interaction of year, drought stress and cultivar on number of fertile tillers

سال Year	تنش خشکی Drought stress	ارقام گندم wheat cultivars	تعداد پنجه بارور در بوته Number of fertile tillers
اول First	آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) Normal irrigation (non-drought stress)	Taktaz	2.666
		Tirghan	2.556
		Araz	2.336
		alateh	2.443
		Ehsan	2.223
		Aftab	2.22
		Taktaz	2.443
		Tirghan	2.443
		Araz	2.336
	آبیاری تا مرحله ساقه رفتن (تنش خشکی متوسط) Irrigation up to boot stage (moderate drought stress)	alateh	2.336
		Ehsan	2.223
		Aftab	2.443
		Taktaz	2.22
		Tirghan	2.11
		Araz	1.78
		alateh	1.776
		Ehsan	1.556
		Aftab	1.89
دوم Second	آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) Normal irrigation (non-drought stress)	Taktaz	3.11
		Tirghan	2.89
		Araz	2.22
		alateh	2.443
		Ehsan	2.223
		Aftab	1.78
		Taktaz	2.553
		Tirghan	2.443
		Araz	2.336
	آبیاری تا مرحله ساقه رفتن (تنش خشکی متوسط) Irrigation up to boot stage (moderate drought stress)	alateh	2.11
		Ehsan	1.78
		Aftab	2.446
		Taktaz	2.11
		Tirghan	1.78
		Araz	1.776
		Kalateh	1.78
		Ehsan	1.67
		Aftab	2
LSD			0.497

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف بیشتری نسبت به مقدار LSD دارند، تفاوت معنی‌داری دارند.

In each column, the means that have a greater difference than the LSD value have a significant difference.

جدول ۹- اثر متقابل سال در رقم بر صفات گندم

Table 9- Interaction of year and cultivar on wheat traits

سال Year	ارقام گندم wheat cultivars	ارتفاع Plant height (cm)	وزن دانه در سنبله Grain weight in spike (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)
اول First	Taktaz	109.184	2.11	8535.1
	Tirghan	108.259	2.08	6976.9
	Araz	106.407	1.89	6884.1
	Kalateh	101.37	2.04	6732.7
	Ehsan	101.814	1.62	5991.0
	Aftab	101.554	1.90	6387.6
دوم Second	Taktaz	116.149	2.16	8547.0
	Tirghan	117.002	2.03	8391.4
	Araz	115.408	2.01	6928.2
	Kalateh	112.703	1.83	6876.5
	Ehsan	110.962	1.77	6026.2
	Aftab	110.52	1.86	6663.4
LSD		4.12	0.32	1038

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف بیشتری نسبت به مقدار LSD دارند، تفاوت معنی‌داری دارند.

In each column, the means that have a greater difference than the LSD value have a significant difference

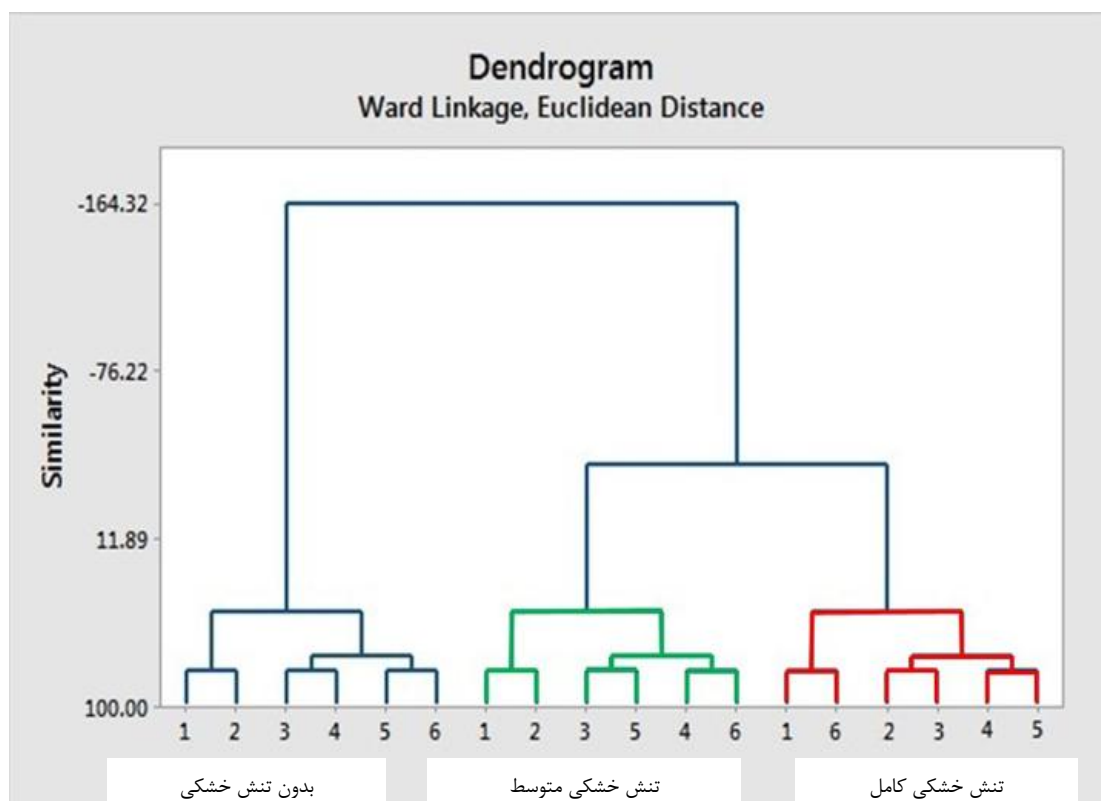
جدول ۱۰- اثرات متقابل تنش خشکی در ارقام بر صفات گندم

Table 10- Interactions of drought stress and cultivars on wheat traits

تنش خشکی Drought stress	ارقام گندم wheat cultivars	پروکلین Proline (μg g ⁻¹)	کاتالاز Catalase (absorption changes in mg of protein per minute)	پلی فنول اکسیداز Polyphenol oxidase (absorption changes in mg of protein per minute)
آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد (بدون تنش خشکی) Normal irrigation (non-drought stress)	Taktaz	3.825	18.347	82.213
	Tirghan	4.485	22.063	71.032
	Araz	4.765	20.624	71.224
	Kalateh	4.506	19.363	71.427
	Ehsan	3.806	17.495	71.682
	Aftab	4.891	22.522	71.813
آبیاری تا مرحله ساقه رفتن (تنش خشکی متوسط) Irrigation up to boot stage (moderate drought stress)	Taktaz	6.596	30.883	71.866
	Tirghan	6.445	30.844	81.915
	Araz	5.767	30.718	81.97
	Kalateh	5.050	30.399	82.176
	Ehsan	5.584	27.233	82.162
	Aftab	6.075	30.804	82.206
آبیاری پس از کشت گندم (تنش خشکی کامل) Full drought stress (dryland)	Taktaz	11.264	35.096	92.687
	Tirghan	10.604	34.641	92.335
	Araz	6.723	33.545	92.339
	Kalateh	6.243	33.377	92.471
	Ehsan	6.235	32.346	92.503
	Aftab	7.237	33.657	92.664
LSD		0.92	3.71	4.26

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف بیشتری نسبت به مقدار LSD دارند، تفاوت معنی‌داری دارند.

In each column, the means that have a greater difference than the LSD value have a significant difference.



شکل ۲- گروه‌بندی ارقام گندم بر اساس صفات اندازه‌گیری شده به روش Ward تحت شرایط مختلف تنش خشکی
Figure 2- Grouping of wheat cultivars based on traits measured by Ward method under different drought stress conditions

۱. تکتاز، ۲. تیرگان، ۳. آراز، ۴. کلاته، ۵. احسان، ۶. آفتاب

1. Taktaz, 2. Tirgan, 3. Araz, 4. Kalateh, 5. Ehsan, 6. Aftab

References

منابع مورد استفاده

- Agarwal, S., and V. Pandey. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Plant Biology*. 48: 555-560.
- Ahmad, P., and M.N.V. Prasad. 2012. Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability, New York. (In Persian).
- Allen, R.G., L.S.Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. 56.
- Anonymus. 2017. FAO (Food and Agriculture Organization). [www.fao.org/ fileadmin/ templates/wsfs /.../How to Feed the World in 2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/.../How%20to%20Feed%20the%20World%20in%202050.pdf).
- Anonymus. 2021. FAO (Food and Agriculture Organization).. [www.fao.org/ fileadmin/ templates/wsfs /.../How to Feed the World in 2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/ templates/wsfs /.../How%20to%20Feed%20the%20World%20in%202050.pdf).
- Ashraf, M., and A. Bashir. 2006. Salt stress induced changes in some organic metabolites and ionic relation in nodules and other plant parts of two crop legumes differing in salt tolerance. *Flora*. 198: 486-498.
- Banks, J.M., G.C. Percival, and G. Rose. 2019. Variations in seasonal drought tolerance rankings. *Trees Physiology*. 33(4): 1063-1072.
- Bates, L.S., R.P. Waldern, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39:205-207.
- Boukid, F., M. Dall'Asta, L. Bresciani, P. Mena, and D. Del Rio. 2019. Phenolic profile and antioxidant capacity of landraces, old and modern Tunisian durum wheat. *European Food Research and Technology*. 245 (1): 73-82.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28:350-356.
- Ghaeadi Amini, M., Gh. Fathi, A. Siyahpoosh, M.H. Gharineh, and A. Lotfi JalalAbadi. 2021. Effect of irrigation cut and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components of two durum wheat cultivars. *Crop Physiology Journal*. 12 (48): 47-62. (In Persian).
- Haghparast, R. 2013. Principles of wheat and rainfed agriculture mixed with new and indigenous knowledge. Authors of Agricultural Insurance Fund, Agricultural Education and Extension Publications. Tehran. (In Persian).
- Karo, M., and D. Mishra. 1976. Catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activity during rice leaf senescence. *Plant Physiology*. 57: 315-319.
- Khan. V. 1975. Polyphenol oxide activity and browning of three Avocado varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 26: 1319-1324.
- Kiliç, H., and T. Yağbasanlar. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38(1):164-170.
- Liu, H., L.R. Searle, D.E. Mather, A.J. Able, and J.A. Able. 2015. Morphological, physiological and yield responses of durum wheat to pre-anthesis water-deficit stress are genotype-dependent. *Crop and Pasture Science*. 66(10):1024-1038.

- Luigi, C., F. Rizza, B. Farnaz, E. Mazzucotelli, A.M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare, T. Alessandro, and M.A. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants. *Field Crops Reserch*. 105: 1-14.
- Luo, L.J., H. Xia, and B.R. Lu. 2019. Editorial: crop breeding for drought resistance. *Frontiers in Plant Science*. 1(10): 314-324.
- Mahmoudi, H., and A. Afkari. 2020. Physiological traits of wheat in drought stress conditions. *Crop Physiology Journal*. 12 (46): 131-147. (In Persian).
- Mandhania, S., S. Madan, and V. Sawhney. 2006. Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum*. 50(2): 227-231.
- Manivannan, P., C.A. Jaleel, B. Sankar, A. Kishurekumar, R. Somasundaram, and G.M. Lakshmanan. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. *Colloids and Surfaces, Biointerfaces*. 59: 141-149.
- Narimani, H., R. Seyed Sharifi, and F. Aghaei. 2020. Effect of methanol on the activity of antioxidant enzymes, some compatible osmolytes and biochemical traits of wheat under cut off irrigation conditions. *Crop Physiology Journal*. 12(47): 99-144. (In Persian).
- Oelke, E.A., E.S. Oplinger, and T.M. Teynor. 2004. Safflower. University of Minnesota. pp. 97-109.
- Pour-Aboughadareh, A., R. Mohammadi, A. Etminan, L. Shooshtari, N. Maleki-Tabrizi, and P. Poczai. 2020. Effects of drought stress on some agronomic and morpho-physiological traits in durum wheat genotypes. *Sustainability*. 12: 1-14.
- Raeesi Sadati, S.Y., S. Jahanbakhsh Godekahriz, A. Ebadi, and M. Sedghi. 2020. Effect of zinc nano oxide foliar application yield and physiological traits wheat under drought stress. *Crop Physiology Journal*. 12(46): 45-64. (In Persian).
- Shamsi, K., M. Petrosyan, G. Noor-mohammadi, and R. Haghparast. 2010. Evaluation of grain yield and its components in three bread wheat cultivars under drought stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 9(1): 1117-1121.
- Tajalli, H., S.G. Mousavi, R. Baradaran, M.H. Saberi, and E. Arazmjoo. 2013. Evaluation of 20 barley genotypes under the terminal drought condition. *Journal of Crop Ecophysiology*. 7(1): 91-104. (In Persian).
- Tatari, M., M.M. Ahmadi, and R. Abbasi Alikamar. 2012. Effect of supplementary irrigation on rainfed wheat yield. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(2): 448-455. (In Persian).
- Teimouri, N., M. Saeidi, M. Ghobadi, and S. Sasani. 2020. The effect of cut of irrigation at the end of the growing season on grain yield and some physiological characteristics of bread wheat cultivars. *Crop Physiology Journal*. 12(46): 111-129. (In Persian).
- Vaughan, M.M., A. Block, S.A. Christensen, L.H. Allen, and E.A. Schmelz. 2018. The effects of climate change associated abiotic stresses on maize phytochemical defenses. *Phytochemistry Reviews*. 17(1): 37-49.

Research Article

DOI:

Investigating the Morphophysiological Traits of some Bread Wheat Cultivars under Normal Conditions and Drought Stress

Kamal Shahbazi Homounlu ^{1*}, Ali Ebadi ², Salim Farzaneh ² and Manocher Khodarahmi ³

Received: October 2022, Revised: 7 January 2023, Accepted: 16 January 2023

Abstract

The aim of this study was to evaluate and select bread wheat cultivars by assessing the yield, yield components and some physiological traits under drought stress conditions. Six cultivars were evaluated as sub-plots in 2018 to 2020 cropping seasons using a split plot design based on RCBD with three replicates. The Main plot covered the three irrigation regimes including normal irrigation (non-drought stress), terminal drought stress (irrigation up to boot-stage as moderate drought stress) and full drought stress (dryland). The results revealed that a significant reduction of the plant height (3.37 and 6.88%), fertile tillers number (19.39 and 22.72%), seeds number per spike (7.76 and 15.76%), seed weight per spike (6.38 and 7.86) and grain yield (7.66 and 15.29%) were recorded under the moderate drought stress and full drought stress, respectively as compared to non-stress conditions. Also moderate drought stress and full drought significantly increased the proline content (26.45 and 45.71%, respectively) and polyphenol oxidase (13.09 and 20.81%, respectively). Tektaz, Tirgan and Aftab cultivars had the highest water use efficiency and the water use efficiency increased under drought stress conditions. In general, the results showed that the wheat cultivars 'Taktaz' showed the highest yield potential followed by the Tirgan in both non-stress and moderate drought stress conditions and in moderate drought stress and full drought stress, Tektaz and Aftab cultivars were superior in terms of investigated traits and with regard to the higher tolerance of the cultivars to drought stress, the use of these cultivars in areas with limited humidity deserves long-term research with more details.

Key words: Anti oxidant enzyme, Polyphenol oxidase, Proline enzyme, Water use efficiency..

¹ Ph.D. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

²- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

³- Cereals Research Department, Seed and Plant Breeding Research Institute, Karaj, Iran

*Corresponding Authors: kamal.shahbazi@yahoo.com