

ارزیابی عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک رقم‌های گندم نان در شرایط تنش کم‌آبی پس از گلدهی در منطقه کرمانشاه

راضیه تیموری^۱، محسن سعیدی^{۲*}، سعید جلالی‌هنرمند^۲، محمدآقبال قبادی^۲ و مختار قبادی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۶

چکیده

وقوع تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی در شرایط کشت گندم، یکی از مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده عملکرد در اغلب مناطق کشاورزی ایران است. بر این اساس، این طرح به منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی روی عملکرد دانه و تبادلات گازی ارقام گندم نان در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این شرایط، فاکتور اصلی تیمار تنش کم‌آبی در دو سطح شامل ۱) تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی و ۲) بدون تنش و فاکتور فرعی شامل ۱۰ رقم گندم نان (زارع، پارسی، سیوند، پیشتاز، بهار، آذر، بزوستایا، گاسپارد، سیروان و مروداشت) بودند. نتایج نشان دادند که اعمال تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن هکتولیت و عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۵/۴۶، ۱۰/۲۵، ۱۷/۷۶، ۱/۱ و ۳/۲۹ درصد شد، ولی بر تعداد سنبله در مترمربع بی‌تأثیر بود و طی تنش کم‌آبی بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد دانه به ارقام پارسی و بزوستایا به ترتیب با مقادیر ۱۱۱۱۰ و ۶۰۸۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. همچنین، اعمال تنش کم‌آبی سبب کاهش سرعت فتوسنتز، محتوی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و پروتئین‌های محلول برگ‌ها به میزان ۱۶/۶۷، ۱۴/۰۳، ۲۴/۹۴ و ۱۲/۱۰ درصد و افزایش دمای سطح برگ به میزان ۱۲/۵۸ درصد گردید. به‌طور کلی، ارقام سیوند و پارسی به‌عنوان ارقام پرمحصول و ارقام زارع، مروداشت، سیروان و بهار به‌عنوان ارقام کم محصول در هر دو شرایط رطوبتی شناسایی شدند.

واژگان کلیدی: پروتئین، دمای برگ، سرعت فتوسنتز، وزن هکتولیت، هدایت روزنه‌ای.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

msaeidi@razi.ac.ir

(نگارنده مسئول)

مقدمه

گندم بعد از ذرت دومین غله مهم از نظر تولید کالری (۱۵ درصد کل کالری مصرفی) در اکثر مناطق کشاورزی دنیا می‌باشد (Abate et al., 2018). گندم از تیره غلات و با نام علمی *Triticum aestivum* L. استراتژیک در سطح جهان است. ۱۲/۵ درصد از اراضی زراعی دنیا به کاشت این گیاه اختصاص دارد (Anonymus, 2016). گندم با توجه به سطح زیرکشت (۵/۴ میلیون هکتار) و مقدار تولید (۱۳/۳ میلیون تن) مهم‌ترین گیاه زراعی ایران است (Anonymus, 2017). بنابراین، با توجه به افزایش جمعیت روزافزون جهان، افزایش تولید این گیاه مورد توجه قرار گرفته و از نظر اقتصادی و تأمین غذا از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد (Khodabande, 2013).

تنش کم‌آبی یکی از تنش‌های غیرزیستی بسیار مهم است که رشد گیاهان زراعی از جمله گندم را تحت تأثیر منفی خود قرار داده و بین ۱۷ تا ۹۰ درصد عملکرد دانه آن را نسبت به شرایط بهینه کاهش می‌دهد (Mary et al., 2001; Skovmand et al., 2001; Ahmed et al., 2019).

تنش کم‌آبی بیش از هر عامل محیطی دیگر باعث محدود شدن رشد گیاهان و کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌گردد (Altman, 2003). خشکی طی یک فرآیند پیچیده‌ی فیزیولوژیک-بیوشیمیایی بر کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، هورمون‌ها و مواد معدنی تأثیر می‌گذارد و رادیکال‌های آزاد اکسیژن موجود در گیاه را فعال می‌کند و با بسیاری از تنش‌ها از جمله تنش سرما، تنش شوری، تنش گرمایی، تنش اسیدی، تنش آلکالوئیدی و عکس العمل

گیاه به عوامل بیماری‌زا در ارتباط است (Fleury et al., 2010).

در مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای که دارای زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک هستند، مانند اغلب مناطق کشاورزی ایران، تنش کم‌آبی آخر فصل رشد مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی تولید عملکرد دانه در گندم تا ۵۰ درصد است (Dias de Oliveira et al., 2013; Ercoli et al., 2007). در این اقلیم میزان بارندگی کم بوده و بارندگی موجود نیز بیشتر در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد و در فصل بهار کمبود آب و تنش کم‌آبی پیش می‌آید که تقریباً همزمان با گرده‌افشانی و پر شدن دانه گندم است (Saeidi et al., 2007). تنش کم‌آبی در مرحله گرده‌افشانی از طریق کاهش رشد برگ‌ها (Gale et al., 2002)، غلظت کلروفیل (Egli, 2003; Saeidi and Abdoli, 2015) پروتئین‌های محلول برگ‌ها (Rodriguez et al., 2003) و سرعت فتوسنتز (Yang and Zhang, 2015; Ardalani et al., 2006) موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. در شدت‌های پایین تنش کم‌آبی کاهش سرعت فتوسنتز و در نتیجه آن کاهش عملکرد دانه در اثر بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه آن کاهش غلظت دی‌اکسید کربن درون کلروپلاست اتفاق می‌افتد. در شدت‌های بالای تنش کم‌آبی علاوه بر عوامل روزنه‌ای، عوامل غیرروزنه‌ای از جمله کاهش سرعت فعالیت‌های بیوشیمیایی مانند کاهش محتوی پروتئین‌های محلول، کاهش سرعت فعالیت آنزیم روبیسکو و خسارت به غشاءهای سلولی و ... در کاهش سرعت فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد دانه مؤثر هستند (Lawlor and Cornic, 2002; Flexas and Medrano, 2002; Saeidi et al., 2017).

تحقیق حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، عامل اصلی تیمار تنش کم‌آبی در دو سطح شامل: (۱) عدم تنش کم‌آبی (شاهد) و (۲) تنش کم‌آبی ناشی از قطع آبیاری پس از گرده‌افشانی و عامل فرعی نیز شامل ده رقم مختلف گندم نان شامل: (۱) زارع، (۲) پارسی، (۳) سیوند، (۴) پیشتاز، (۵) بهار، (۶) آذر، (۷) بزوستایا، (۸) گاسپارد، (۹) سیروان و (۱۰) مرو دشت بودند.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده، زمانی که بوته‌های هر رقم در رسیدگی کامل (رسیدگی تکنولوژیک) بودند اقدام به برداشت بوته‌های دو خط یک متری در هر کرت گردید. با توزین نمونه برداشت شده، عملکرد زیست‌توده اندازه‌گیری شد و پس از بوجاری و جدا کردن دانه از کاه و کلش، عملکرد دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله، پنج سنبله اصلی از هر کرت انتخاب گردید و پس از جداسازی دانه‌ها از بوته‌ها در مرحله‌ی تعیین عملکرد دانه، به صورت دستی تعداد دانه در سنبله شمارش شد. وزن هزار دانه هر ژنوتیپ با شمارش سه نمونه ۱۰۰۰ تایی از دانه‌های برداشت شده از بوته‌ها برحسب گرم اندازه‌گیری شد. برای برآورد تعداد سنبله در مترمربع، تمام سنبله‌های دو خط یک متری از هر کرت با رعایت اثر حاشیه شمارش شد و سپس تعداد سنبله در مترمربع محاسبه گردید. شاخص برداشت از تقسیم نمودن عملکرد دانه هر کرت بر عملکرد زیست‌توده همان کرت محاسبه شد. ارتفاع بوته برحسب سانتی‌متر از سطح خاک تا سنبله‌ی انتهایی بدون در نظر گرفتن طول ریشک در زمان برداشت اندازه‌گیری شد. وزن هکتولتر با وزن کردن بذرها داخل

کاهش غلظت پروتئین‌های محلول در برگ‌ها می‌تواند به علت کاهش سنتز پروتئین‌ها در شرایط کم‌آبی و یا تجزیه پروتئین‌ها به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئازی باشد (Mafakheri *et al.*, 2010). گزارش‌هایی مبنی بر کاهش محتوای کلروفیل برگ (Kirmak *et al.*, 2001; Abdoli *et al.*, 2013) و همچنین تغییر نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش کم‌آبی وجود دارد (Hong Bo *et al.*, 2005).

با توجه به مطالب بیان شده و اهمیت گیاه زراعی گندم و شرایط خشک و نیمه خشک ایران، این تحقیق به منظور مقایسه ۱۰ رقم گندم نان از نظر عملکرد دانه و اجزای آن و برخی صفات فیزیولوژیک در شرایط تنش کم‌آبی پس از گلدهی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی با ۱۳۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. قبل از اجرای آزمایش، زمین با گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و تسطیح و بلوک‌بندی در اوایل پاییز انجام شد. این تحقیق در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به صورت آزمایش مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. کشت به صورت خطی انجام شد. در هر کرت شش خط با فواصل ۲۵ سانتی‌متر و به طول پنج متر با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع در ۱۵ آبان ۱۳۹۳ انجام شد. عملیات داشت مانند کنترل علف‌های هرز، آبیاری و کوددهی در طول فصل رشد به‌طور یکنواخت و برای کلیه کرت‌ها طبق نیاز صورت گرفت. روند تغییرات دما و بارندگی در سال زراعی مذکور به صورت شکل ۱ بود.

استوانه مدرج که حجم آنها مشخص شده است و تعمیم آن به وزن یک حجم ۱۰۰ لیتری محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری صفات‌های فیزیولوژیک، بیست روز بعد از گرده‌افشانی اقدام به نمونه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری شاخص F_v/F_m (حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسنتز II در شرایط سازگار شده با تاریکی) از دستگاه استرس‌متر قابل حمل (PSM, Hansonthech, UK) استفاده گردید. به این منظور از هر کرت آزمایشی، آخرین برگ توسعه یافته در پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و بعد از قرار دادن برگ‌ها در تاریکی توسط گیره‌های مخصوص به مدت ۳۰ دقیقه، شاخص حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسنتز II (F_v/F_m) و شاخص زنده مانی (P_i) از روی دستگاه قرائت شدند.

برای اندازه‌گیری محتوی پروتئین‌های محلول برگ‌ها از روش بردفورد (Bradford, 1976) استفاده شد. به این منظور پس از تهیه عصاره و تیمارهای شیمیایی مورد نیاز، میزان جذب نوری آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه الیزا (Bio Tek, Powerwave XS2, USA) قرائت شد. غلظت پروتئین محلول در نمونه با توجه به جذب نمونه و با استفاده از منحنی استاندارد به دست آمد. جهت رسم منحنی استاندارد از سرم آلبومین گاوی (BSA) استفاده گردید.

برای اندازه‌گیری محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) از روش لیچتن تالر و ولبرن (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) استفاده شد. در ادامه طول موج جذبی محلول به دست-

آمده با دستگاه پلیت ریدر (Bio Tek, Powerwave XS2, USA) در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت و با استفاده از روابط مورد نظر غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری خصوصیات مرتبط با تبادلات گازی در واحد سطح برگ شامل: هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، غلظت CO_2 اتاقت روزنه و دمای سطح برگ از دستگاه فتوسنتز متر (LCi Portable, Bio scientific Ltd, UK) استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰ الی ۱۲ صبح و در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه انجام شد. از هر کرت آبیاری شده و تحت تنش با قرار دادن قسمت میانی برگ پرچم ساقه اصلی در داخل محفظه شیشه‌ای دستگاه به مدت ۴۵ ثانیه ثبت شد.

جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، نمونه‌ها از دو برگ پرچم برداشت شدند و در دمای چهار درجه سلسیوس به آزمایشگاه منتقل گردیدند. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ به روش بار و ودرلی (Barr and Weatherley, 1962) انجام گرفت.

پس از بررسی نرمال بودن داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار SPSS، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد. جهت انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزای آن (جدول ۱) نشان دادند که اثر تیمار تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله در سطح یک درصد و برای صفات عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و

ژنوتیپ‌های گندم گزارش کردند که از لحاظ تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بین ژنوتیپ‌ها اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد.

مطابق با نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار تنش کم‌آبی پس از گرده‌فشانی بر صفات عملکرد دانه و خصوصیات مرتبط با آن مؤثر بود، به‌طوری که موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هکتولیتتر و وزن هزار دانه (به ترتیب به‌میزان ۵/۴۶، ۳/۲۹، ۱/۱ و ۱۷/۷۶ درصد) نسبت به شاهد شد (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه در این شرایط بر اساس یافته‌های سعیدی و همکاران (Saeidi et al., 2010) که تنش تنش کم‌آبی پس از گرده‌فشانی را در سطوح مختلف و در مراحل مختلف رشد دانه اعمال کردند، بیشتر به علت تحت تأثیر قرار گرفتن تأمین مواد پرورده برای پر شدن دانه‌ها، کاهش قدرت مخزن جهت جذب مواد فتوسنتزی و همچنین کاهش دوره رشد دانه بود. این نتایج همچنین موافق با یافته‌های شاه و پالسن (Shah and Paulsen, 2003) و عبدلی و سعیدی (Abdoli and Saeidi, 2012) نیز بود. محققین مختلفی کاهش عملکرد و صفات زراعی را در گیاهان مختلف تحت تأثیر تنش کم-آبی گزارش کرده‌اند. به‌طورمثال، طی بررسی انجام شده توسط اکرم و همکاران (Akram et al., 2008) نیز در ارتباط با تأثیر تنش کم‌آبی بر صفات ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم اثر معنی‌دار گزارش شده است. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2007) با آزمایش خود بر روی تعدادی از ارقام گندم اعلام کردند، تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه گردید. پرآبا و همکاران (Praba et al., 2009) طی تحقیقات خود، ۳۲ درصد کاهش عملکرد دانه در

وزن هکتولیتتر در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، ولی بر روی شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع و ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. همچنین، بین رقم‌های مختلف گندم از نظر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هکتولیتتر، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع ساقه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. اثر متقابل رقم در تنش کم‌آبی نیز بر صفت تعداد دانه در سنبله در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

مطابق نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) از نظر عملکرد دانه رقم بزوستایا با ۶۰۸۰ کیلوگرم در هکتار کمترین و رقم پارسی با ۱۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان را داشتند. کمترین میانگین عملکرد بیولوژیک متعلق به رقم بزوستایا به میزان ۱۴۷۶۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین میانگین به‌ترتیب متعلق به رقم‌های پارسی و سیوند به‌میزان ۲۰۴۱۰ و ۲۰۰۷۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). رقم‌های آذر ۲ و بزوستایا کمترین (هر دو با ۷۹ کیلوگرم) میانگین وزن هکتولیتتر و رقم‌های پارسی و سیوند بیشترین میانگین این صفت را داشتند (به‌ترتیب با ۹۹ و ۱۰۰ کیلوگرم). رقم آذر ۲ با ۱۰۲ سانتی‌متر بیشترین میانگین ارتفاع بوته و رقم پارسی با ۷۸/۱ سانتی‌متر کمترین میانگین این صفت را به خود اختصاص دادند، هر چند که رقم پارسی اختلاف معنی‌داری با ارقام سیوند، پیش‌تاز، سیروان و گاسپارد نداشت. بیشترین شاخص برداشت به رقم پارسی (۵۴ درصد) و کمترین شاخص برداشت به رقم بزوستایا (۴۱ درصد) تعلق داشت (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده نشانگر وجود تنوع ژنتیکی در بین ارقام مورد مطالعه بود. مطابق با نتایج این تحقیق، مقدسی و همکاران (Moghadas et al., 2010) در بررسی روی

نتیجه تنش کم‌آبی در مقایسه با شرایط کنترل را گزارش کردند. با توجه به نتایج به‌دست آمده توسط سعیدی و همکاران (Saeidi et al., 2010) بر روی ارقام مختلف گندم تحت تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی و نتایج تحقیق حاضر کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی نشان دهنده‌ی عدم تأمین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌های در حال رشد می‌باشد. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2009) گزارش کرد کاهش عملکرد گیاهانی که تحت تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی قرار می‌گیرد که بیشتر به علت کاهش وزن دانه می‌باشد. رویو و همکاران (Royo et al., 2000) گزارش کردند تنش کم‌آبی و دمای بالای آخر فصل سبب کاهش دوره پر شدن دانه و متعاقب آن وزن هزار دانه‌ی گیاه تریتیکاله می‌شود. مغایر با نتایج این تحقیق، علی محمدی و همکاران (Alimohamadi et al., 2007) بیان کردند در شرایط تنش کم‌آبی مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه‌ها به‌عنوان منبعی برای تکمیل ظرفیت پرشدن دانه‌ها مطرح بوده و بنابراین وزن دانه‌ها کاهش نمی‌یابد. کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی به دلیل ایجاد اختلال در فرایند گرده‌افشانی می‌تواند موجب کاهش تعداد دانه در سنبله شود. نوری قنبلانی و همکاران (Nouri-Ganbalani et al., 2009) و اردلانی و همکاران (Ardalani et al., 2015) بیان کردند، تنش کم‌آبی موجب کاهش گرده‌افشانی می‌شود و تعداد دانه در هر سنبله می‌شود. میربهار و همکاران (Mirbahar et al., 2009) تأثیر تنش کم‌آبی آخر فصل را بر کاهش معنی‌دار تعداد دانه در هر سنبله و تعداد سنبله در هر مترمربع در گندم را گزارش کردند. هرچند گزارش‌هایی مبنی بر ثابت باقی ماندن تعداد دانه در سنبله‌ها در اثر

تنش کم‌آبی پس از مرحله گرده‌افشانی نیز وجود دارد (Plaut et al., 2004; Tavakoli et al., 2009). این اختلاف در نتایج آزمایش‌های مختلف احتمالاً به خاطر متفاوت بودن شرایط آزمایش، نوع رقم، تیمار تنش اعمال شده و مدت زمان تنش باشد. شریفی و رحیمیان مشهدی (Sharifi and Rahimian Mashhadi, 2001) هم گزارش نمودند که اعمال تنش کمبود آب باعث کاهش دوره گرده‌افشانی تا زمان رسیدگی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم می‌شود. در تحقیق حاضر کمترین میزان عملکرد دانه به دو رقم آذر ۲ و بزوستایا تعلق داشت. این دو رقم ارتفاع بوته‌ی بیشتری نسبت به سایر ارقام داشتند (جدول ۲). با توجه به زمستانه بودن رقم بزوستایا و نیاز بهاره‌سازی این رقم، می‌توان عملکرد کم این رقم را به عدم تکمیل نیاز بهاره‌سازی و در نتیجه پایین بودن عملکرد آن نسبت داد. در چنین شرایطی، رشد رویشی رقم بزوستایا بیشتر بوده و ارتفاع بوته نیز افزایش می‌یابد. در مورد رقم آذر ۲ نیز لازم به ذکر است که رقمی حساس به ورس بود و در این آزمایش دچار خوابیدگی نیز شد که این امر می‌تواند دلیلی بر عملکرد ضعیف این رقم می‌باشد. در این ارتباط، اکورا و سری (Akura and Ceri, 2011) گزارش کردند که بین عملکرد و ارتفاع بوته همبستگی منفی وجود دارد، در واقع ارقام با عملکرد ضعیف دارای ارتفاع زیاد هستند.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در تنش کم‌آبی (جدول ۴) نشان داد که ارقام مرودشت و بزوستایا کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند و همچنین رقم سیوند کمتر از سایر ارقام تحت تأثیر تنش قرار گرفت و کمترین درصد کاهش در تعداد دانه در سنبله در این رقم

مشاهده شد. این امر مؤید این مطلب است که ارقام در شرایط مختلف محیطی واکنش متفاوتی را نشان می‌دهند.

بررسی تجزیه واریانس پارامترهای تبادلات گازی و صفات فیزیولوژیک نشان داد که اثر تیمار تنش کم‌آبی بر صفات دمای برگ، پروتئین‌های محلول، کلروفیل a، b، کل و سرعت فتوسنتز در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵)، ولی بر هدایت روزنه‌ای، غلظت CO₂ اتاقک روزنه‌ای، سرعت تعرق، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، شاخص زنده‌مانی، محتوای کارتنوئیدها و محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود (جدول ۵). ارقام نیز در ارتباط با صفات پروتئین‌های محلول و غلظت CO₂ اتاقک روزنه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نسبت به هم داشتند و از نظر بقیه صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار باهم نداشتند (جدول ۵). اعمال تیمار تنش کم‌آبی پس از گلدهی در ۲۰ روز بعد از گلدهی، میزان دمای سطح برگ رقم‌ها را به طور متوسط از ۲۷/۸ به ۳۱/۸ درجه سلسیوس (۱۲/۵۸ درصد) افزایش داد (جدول ۷). بسته شدن روزنه‌ها به مدت طولانی می‌تواند منجر به تخریب کلروپلاست شده و در نهایت منجر به افزایش دمای سطح برگ به میزان ۵ تا ۶ درجه سلسیوس می‌شود. افزایش دمای برگ و کانوپی در اثر تنش خشکی ممکن است ناشی از افزایش سرعت تنفس و یا کاهش سرعت تعرق باشد که از بسته شدن روزنه‌ها ایجاد می‌شود (Siddique et al., 2000; Ardalani et al., 2015). اگرچه بسته شدن روزنه‌ها از طریق کاهش هدر رفت آب گیاه می‌تواند در مقاومت به خشکی مؤثر باشد، اما بسته شدن روزنه در تنش خشکی باعث افزایش دمای سطح برگ می‌شود که خود پیامدهای بعدی

را به دنبال دارد (Ritchie et al., 1990). فتوسنتز در مراحل رشدی گیاه زراعی بر پتانسیل عملکرد تأثیر می‌گذارد.

تنش کم‌آبی موجب کاهش سرعت فتوسنتز به میزان ۱۶/۶۷ درصد نسبت به شرایط عدم اعمال تنش شد (جدول ۷). این کاهش را می‌توان به کاهش در محتوای غلظت گیرنده‌های نوری، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش غلظت CO₂ درون کلروپلاست‌ها و یا کاهش محتوای پروتئین‌های محلول برگ از جمله آنزیم روبیسکو نسبت داد. در این تحقیق هدایت روزنه‌ای به طور معنی‌دار تحت تأثیر اعمال تیمار تنش کم‌آبی پس از گلدهی قرار نگرفت. اما غلظت کلروفیل‌های a، b و کل به ترتیب ۱۴/۰۳، ۲۴/۹۴ و ۱۲/۱۰ درصد و محتوای پروتئین‌های محلول برگ به میزان ۱۵/۵ درصد کاهش پیدا کردند (جدول ۷). کاهش در سرعت فتوسنتز طی تنش کم‌آبی در این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر مطابقت دارد. به طور نمونه، لاولور و کورنیک (Lawlor and Cornic, 2002)، سعیدی و عبدلی (Saeidi and Abdoli, 2015) و سعیدی و همکاران (Saeidi et al., 2017) بیان کردند تنش کم‌آبی موجب کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود. رشد محصولات زراعی در شرایط تنش خشکی به واسطه محدود شدن فتوسنتز کاهش می‌یابد. تنش کم‌آبی موجب کاهش سرعت فتوسنتز و تعرق در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌شود (Condon et al., 2002).

طی تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی محتوای کلروفیل‌های a، b و کل نسبت به حالت شاهد کاهش یافتند (جدول ۷). کاهش در محتوای کلروفیل می‌تواند به دلیل تخریب غشاهای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال

اکسیژن (Moran *et al.*, 1994; Ashraf *et al.*, 1994; Alonso *et al.*, 2001; Abdoli *et al.*, 2013) و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از باشد. در این مورد، مفاخری و همکاران (Mafakheri *et al.*, 2010) نیز گزارش کردند که تنش کم‌آبی باعث کاهش زیادی در محتوای کلروفیل a، محتوای کلروفیل b و محتوای کلروفیل کل در سه رقم مورد بررسی نخود شد. مغایر با نتایج این تحقیق، عدم تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل نیز ارایه شده است (Castrillo and Calcargo, 1989).

طی تنش کم آبی پس از گرده افشانی غلظت پروتئین‌های محلول برگ‌ها نیز به میزان ۱۵/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و اختلاف معنی‌داری از لحاظ خصوصیت فوق در بین ارقام وجود داشت (جدول ۶). به طوری که بیش‌ترین غلظت پروتئین‌های محلول برگ مربوط به رقم‌های گاسپارد و بهار (به‌ترتیب ۱۳۲/۸ و ۱۳۲/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) ولی با ارقام آذر۲، سیوند، پارسی و سیروان اختلافی نداشت و کمترین غلظت مربوط به رقم مروداشت (۹۷/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود (جدول ۶). غلظت پروتئین‌های محلول در اثر اعمال تنش کم‌آبی پس از گلدهی ممکن است به علت افزایش سرعت فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع اسیدآمین‌ه آزاد از جمله پرولین باشد (Ranjan *et al.*, 2001). منطبق با نتایج این مطالعه، کاهش غلظت پروتئین‌های محلول در اثر تنش کم‌آبی در تحقیقات یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2002)، طالع احمد و حداد (Taleahmad and Hadad, 2010) و عبدلی و همکاران (Abdoli *et al.*, 2013) نیز دیده شده است. در مقابل اردلانی و همکاران (Ardalani *et al.*, 2014) عدم تأثیر تنش کم‌آبی را بر غلظت پروتئین‌های محلول برگ گندم گزارش کردند.

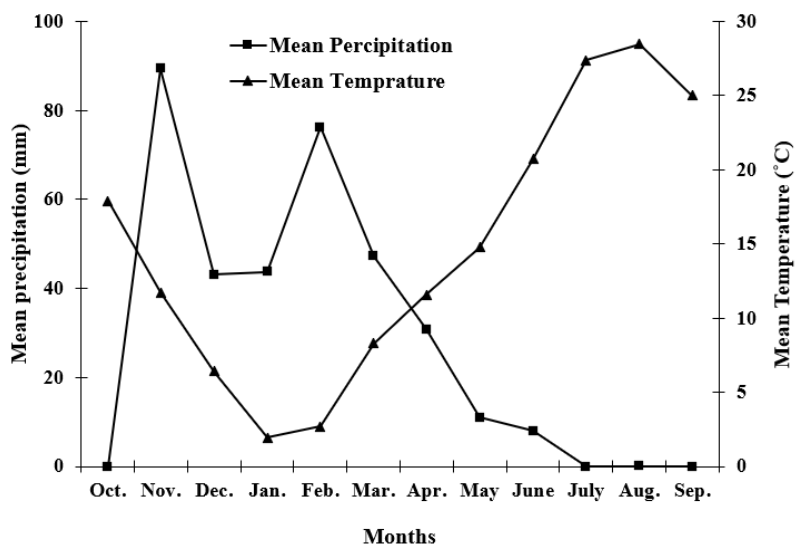
از نظر غلظت CO₂ اتاقک روزنه‌ای میان ارقام مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). به‌طوری‌که بیشترین میانگین غلظت CO₂ اتاقک روزنه‌ای متعلق به رقم مروداشت و کمترین مقدار آن مربوط به رقم بزوستایا بود. عوامل غیرروزنه‌ای، فرآوری کربن را از طریق اثر مستقیم کمبود آب بر روی فرایندهای بیوشیمیایی محدود می‌کنند (Siosemardeh *et al.*, 2006)، بنابراین بخشی از کاهش فعالیت فتوسنتزی در ارقام مختلف گندم را می‌توان به محدودیت فرایندهای متابولیکی غیرروزنه‌ای نسبت داد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ارقام مختلف گندم از نظر صفات زراعی، تبادلات گازی و برخی از خصوصیات فیزیولوژیک مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌داری بودند که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در بین آنها می‌باشد. اعمال تنش کم‌آبی پس از گرده افشانی سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، وزن بیولوژیک، سرعت فتوسنتز، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و پروتئین‌های محلول شد ولی بر تعداد سنبله در مترمربع بی‌تأثیر بود. طی تنش کم‌آبی بیشترین عملکرد به رقم پارسی و کمترین عملکرد به رقم بزوستایا تعلق داشت. رقم آذر۲ نیز عملکرد ضعیفی داشت. در این بین، رقم آذر۲ و بزوستایا ارتفاع بیشتری نسبت به سایر ارقام داشتند. چنین می‌توان نتیجه گرفت که ارقام پابلند عملکرد ضعیف‌تری نسبت به ارقام پاکوتاه دارند، البته عملکرد کم رقم آذر۲ را علاوه بر کم-

علاوه بر کاهش رطوبت، گرم بودن هوا نیز خسارات کم‌آبی در این مرحله را تشدید می‌کند. به‌طور کلی، ارقام سیوند و پاریسی به‌عنوان ارقام با عملکرد بالا و ارقام زارع، مرودشت، سیروان و بهار به‌عنوان ارقام با عملکرد پایین شناسایی شدند.

آبی و ارتفاع بوته بالا، به حساسیت این رقم به ورس نیز می‌توان نسبت داد. تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی موجب کاهش وزن و تعداد دانه‌ها نسبت به حالت کنترل شد. کوتاه شدن دوره پر شدن دانه‌ها می‌تواند دلیل این امر باشد البته



شکل ۱- نمودار دما و بارندگی کرمانشاه در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴

Figure 1- Temperature and rainfall diagram of Kermanshah in 2013-2014 crop year

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمار تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و برخی صفات مرتبط با آن در ارقام گندم نان در منطقه کرمانشاه

Table 1- Analysis of variance (mean of square) for effect of water deficit stress after post-anthesis on grain yield and some related traits in bread wheat cultivars in Kermanshah region

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)							
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هکتولتر Hectoliter weight	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	وزن هزار دانه Thousand grain weight	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m ²	ارتفاع بوته Plant height
Block بلوک	2	11074**	147 ns	0.380ns	327 *	4.50 ns	93853 ns	107157ns	863ns
تنش کم‌آبی Water Deficit (B)	1	33069 **	1551 *	3.21 ns	673 *	167 **	238963 *	117883 ns	1196 ns
Error (a) خطای اصلی	2	212	33.4	8.70	2.3	3.54	54403	60110	537
Cultivar (C) رقم	9	122317**	5051 **	22.3 **	52.5 **	70.6 **	63413 **	50609 ns	1233*
B × C	9	0.001 ns	10.02 ns	33.4 ns	55.1 ns	73.1 **	42714 ns	42050 ns	629ns
Error (b) خطای فرعی	36	276	211	6.59	98.5	2.41	44103	43507	441
C.V. (%) ضریب تغییرات		1.90	1.63	5.21	2.85	4.11	25.3	27.5	27.6

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک پنج و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

*, ** and ns significant at 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در ارقام گندم نان در شرایط تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی در منطقه کرمانشاه

Table 2- Mean of comparison of grain yield and some related traits in bread wheat cultivars on water deficit stress after post-anthesis in Kermanshah region

Cultivar	رقم	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن هکتولتر Hectoliter weight (kg)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
Azar2	آذر ۲	7310 f	15890 d	46 e	79 e	102 a
Bahar	بهار	8580 e	17380 cd	49 d	83 cd	89.4 c
Pishtaz	پیش‌تاز	8930 d	18080 b	49 d	91 b	81.2 e
Sivand	سیوند	10660 b	20070 a	53 b	100 a	80.6 e
Parsi	پارسی	11110 a	20410 a	54 a	99 a	78.1 e
Zare	زارع	8410 e	17180 cde	49 d	85 c	86.9 cd
Marvdasht	مرودشت	8630 e	17310 de	49 d	81 de	83.3 de
Sirvan	سیروان	8490 e	17290 cd	49 d	83 cd	79.4 e
Gaspard	گاسپارد	9640 c	18540 c	51 c	85 c	78.4 e
Bezostaya	بزوستایا	6080 g	14760 e	41 f	79 e	95.1 b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمار خشکی پس از گردهافشانی بر روی عملکرد دانه و برخی خصوصیات مرتبط با آن در ارقام گندم نان در منطقه کرمانشاه

Table 3- Mean comparison for effect of water deficit stress after post-anthesis on grain yield and some related traits in bread wheat cultivars in Kermanshah region

وزن هزار دانه	وزن هکتولیتتر	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	تنش کم آبی	Water Deficit
Thousand grain weight (g)	Hectoliter weight (kg)	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	Grain yield (kg.ha ⁻¹)		
39.46 a	87 a	17930 a	8970 a	بدون تنش	Non-stress
32.45 b	86 a	17340 b	8080 b	تنش	stress
-17.76	-1.1	-3.29	-10.02	درصد کاهش	Decrease (%)

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × تیمار تنش کم آبی پس از گردهافشانی بر تعداد دانه در سنبله در ارقام گندم نان در منطقه کرمانشاه

Table 4- Mean of comparison of cultivar × water deficit stress after post-anthesis interaction effect on number of grains per spike in bread wheat cultivars in Kermanshah region

تعداد دانه در سنبله	تیمار تنش کم آبی	Moisture treatment	رقم	Cultivar
Number of grains per spike				
33.33 abc	بدون تنش	Non-stress	آذر ۲	Azar2
23.48 bcd	تنش	stress		
29.55	درصد کاهش	Decrease (%)		
35.78 abc	بدون تنش	Non-stress	بهار	Bahar
30.90 abcd	تنش	stress		
13.63	درصد کاهش	Decrease (%)		
39.15 ab	بدون تنش	Non-stress	پیش‌تاز	Pishtaz
33.73 abc	تنش	stress		
16.07	درصد کاهش	Decrease (%)		
39.50 ab	بدون تنش	Non-stress	سیوند	Sivand
37.87 ab	تنش	stress		
4.30	درصد کاهش	Decrease (%)		
43.45 a	بدون تنش	Non-stress	پارسی	Parsi
39.32 ab	تنش	stress		
9.50	درصد کاهش	Decrease (%)		
44.32 a	بدون تنش	Non-stress	زارع	Zare
35.93 abc	تنش	stress		
18.93	درصد کاهش	Decrease (%)		
39.35 ab	بدون تنش	Non-stress	مرو دشت	Marvdasht
17.20 d	تنش	stress		
56.28	درصد کاهش	Decrease (%)		
34.70 abc	بدون تنش	Non-stress	سیروان	Sirvan
21.62 cd	تنش	stress		
37.69	درصد کاهش	Decrease (%)		
40.28 a	بدون تنش	Non-stress	گاسپارد	Gaspard
37.65 abc	تنش	stress		
6.99	درصد کاهش	Decrease (%)		
35.72 abc	بدون تنش	Non-stress	بزوستایا	Bezostaya
16.20 d	تنش	stress		
54.65	درصد کاهش	Decrease (%)		

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمار تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی بر تبادلات گازی و صفات فیزیولوژیک در ارقام گندم نان در منطقه کرمانشاه

Table 5- Analysis of variance (mean of square) for effect of water deficit stress after post-anthesis on gas exchange variables and some physiological traits in bread wheat cultivars in Kermanshah region

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	غلظت CO_2 اتاقک روزنه‌ای Sub-stomatal CO_2	سرعت تعرق Transpiration rate	دمای سطح برگ Leaf surface temperature	کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II Chlorophyll fluorescence
بلوک Block	2	44.8 ns	0.132 ns	7336 ns	9.35 ns	68.2 **	0.003 ns
تنش کم‌آبی Water Deficit (B)	1	172 *	0.123 ns	365 ns	13.09 ns	248.9 **	0.001 ns
خطای اصلی Error (a)	2	0.758	0.002	516	0.009	0.959	0.002
رقم Cultivar (C)	9	56.6 ns	0.137 ns	8943 *	6.72 ns	5.14 ns	0.002 ns
B × C	9	0.831 ns	0.006 ns	386 ns	0.324 ns	0.627 ns	0.004 ns
خطای فرعی Error (b)	36	41.3	0.115	3759	9.77	3.56	0.002
C.V. (%) ضریب تغییرات		65.4	9.76	28.2	48.7	6.33	6.35

*, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک پنج و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

*, **, ns significant at 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively.

ادامه جدول ۵-
Table 5-Continued

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	شاخص زنده‌مانی Performance index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئیدها Carotenoids
بلوک Block	2	0.786 ns	10.4 ns	7.94 ns	33.8 ns	171 **
تنش کم‌آبی Water Deficit (B)	1	1.224 ns	4.03 **	100 **	233 *	80.5 ns
خطای اصلی Error (a)	2	20.39	146	2.19	12.9	3.14
رقم Cultivar (C)	9	6.55 ns	1.67 ns	3.04 ns	1.04 ns	17.5 ns
B × C	9	7.79 ns	4.03 ns	13.6 ns	53.8 ns	53.9 ns
خطای فرعی Error (b)	36	6.77	15.1	9.69	50.9	27.3
C.V. (%) ضریب تغییرات		46.9	18.8	34.25	23.25	9.88

*, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک پنج و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

*, **, ns significant at 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین غلظت CO₂ اتاقک روزنه‌ای و غلظت پروتئین‌های محلول در ارقام گندم نان در شرایط تنش کم-آبی پس از گرده‌افشانی در منطقه کرمانشاه

Table 6- Mean of comparison of sub-stomatal CO₂ and water-soluble proteins in bread wheat cultivars under post-anthesis water deficit stress in Kermanshah region

Cultivar	رقم	غلظت CO ₂ اتاقک روزنه‌ای Sub-stomatal CO ₂ (mmol m ⁻² s ⁻¹)	پروتئین‌های محلول Water soluble proteins (mg g ⁻¹ FW)
Azar2	آذر ۲	172.8 bc	129.2 a
Bahar	بهار	235.3 abc	132.2 a
Pishtaz	پیش‌تاز	253.5 ab	117.6 ab
Sivand	سیوند	223.7 abc	124.2 a
Parsi	پارسی	204.2 ab	123.8 a
Zare	زارع	254.3 ab	118.2 ab
Marvdasht	مرودشت	165.0 c	97.8 b
Sirvan	سیروان	199.2 bc	131.0 a
Gaspard	گاسپارد	185.2 bc	132.8 a
Bezostaya	بزوستایا	281.5 a	116.1 ab

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تیمار تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی بر صفات فیزیولوژیک در ارقام گندم نان در منطقه کرمانشاه.

Table 7- Mean of comparison for the effect of post-anthesis water deficit stress on physiological traits in bread wheat cultivars in Kermanshah region

Water Deficit تیمار تنش کم‌آبی	سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate (μmol CO ₂ .m ⁻² .S ⁻¹)	دمای سطح برگ Leaf surface temperature (°C)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	پروتئین‌های محلول Water soluble proteins (mg g ⁻¹ FW)
بدون تنش Non-stress	19.8 a	27.8 b	22.29 a	10.98 a	32.67 a	133.2 a
تنش stress	16.5 a	31.8 a	19.16 b	3.79 b	28.72 a	112.5 b
درصد تغییرات Changes (%)	-16.67	+12.58	-14.03	-24.94	-12.10	-15.54

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

References

منابع مورد استفاده

- Abate G.T., T. Bernard, A.D. Brauw, and N. Minot. 2018. The impact of the use of new technologies on farmers' wheat yield in Ethiopia: evidence from a randomized control trial. *Journal of Agricultural Economy*. 49:409–421.
- Abdoli, M., and M. Saeidi. 2012. Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. *Annals of Biological Research*. 3(3): 1322-1333.
- Abdoli, M., M. Saeidi, S. Jalali-Honarmand, S. Mansourifar, and M.E. Ghobadi. 2013. Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 6(1): 47-63. (In Persian).
- Ahmadi, A., M. Joudi, A. Tavakoli, and M. Ranjbar. 2009. Investiation of yield and its related morphological traits responses in wheat genotypes under drought stress and irrigation conditions. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12(46): 155-166. (In Persian).
- Ahmed, M., M.A. Aslam, F. Hassan, R. Hayat, and S. Ahmad. 2019. Biochemical, physiological and agronomic response of wheat to changing climate of rainfed areas of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 51: 535-551.
- Akram, Z., S.U. Ajmal, and M. Munir. 2008. Estimation of correation coefficient among some yield parameter of wheat under rainfed conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 40: 1777-1781
- Akura, M., and S. Ceri. 2011. Evaluation of drought tolerance indices for selection of Turkish oat (*Avena sativa* L.) landraces under various environmental conditions. *Zemdirbyste*. 98(2): 166-157.
- Alimohamadi, M., A. Rezaei, and A.M. Meibodi. 2007. Evaluation of physiological traits and yield of ten cultivars of bread wheat in two irrigation regimes. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12: 107-120. (In Persian).
- Alonso, R., S. Elvira, F.J. Castillo, and B.S. Gimeno. 2001. Interactive effects of ozone and drought stress on pigments and activities of antioxidative enzymes in *Pinus halepensis*. *Plant Cell Environment*. 24: 905-916.
- Altman, A. 2003. From plant tissue culture to biotechnology: scientific revolution, abiotic stress tolerance and forestry. *In Vitro Cell Development of Biotechnology Plant*. 39: 75-84.
- Anonymus. 2016. FAO. FAO data based [online]. Available at, <http://faostat.fao.org>
- Anonymus. 2017. Agricultural Statistics. Deputy of planning and economics. Information and Communication Technology Center, Iran. (In Persian).
- Ardalani, S., M. Saeidi, S. Jalali Honarmand, M.E. Ghobadi, and M. Abdoli. 2014. The physiological responses and antioxidant enzyme activity in bread wheat genotypes under post anthesis drought tension. *Crop Physiology Journal*. 21: 45-59. (In Persian).
- Ardalani, S., M. Saeidi, S. Jalali Honarmand, M.E. Ghobadi, and M. Abdoli. 2015. Effect of post anthesis drought stress on some agronomic and physiological traits

- related to source strength in four bread wheat genotypes. *Cereal Research*. 5(1): 45-65. (In Persian).
- Ashraf, M.Y., A.R. Azmi, A.H. Khan, and S.A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologia Plantarum*. 16(3): 185-191.
 - Barr, H.D., and P.E. Weatherley. 1962. Are examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves? *Australian Journal of Biological Sciences*. 15: 413-428
 - Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantites of protein utilizing the principles of protein dyebinding. *Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.
 - Brevedan, R.E., and D.B. Egli. 2003. Short periods of water stress during seed filling leaf senescenc and yield of Soybean. *Crop Science*. 43: 2083-2088.
 - Castrillo, M., and A.M. Calcargo. 1989. Effects of water stress and rewatering on ribulose-I, 5-bisphosphate carboxylase activity, and chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. *Journal of Horticultural Sciences*. 64(6): 717-724.
 - Condon, A.G., R.A. Richards, G.J. Rebetzke, and G.D. Farouhar. 2002. Improving intrinsic water use efficiency and crop yield. *Crop Science*. 42: 122-131.
 - Dias de Oliveira, E., H. Bramley, K.H.M. Siddique, S. Henty, J. Berger, and J.A., Palta. 2013. Can elevated CO₂ combined with high temperature ameliorate the effect of terminal drought in wheat? *Functional Plant Biology*. 40:160–171.
 - Ercoli, L., L. Lulli, M. Mariotti, A. Masoni, and I. Arduini. 2007. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *European Journal of Agronomy*. 28: 138-147.
 - Fleury, D., S. Jefferies, H. Kuchel, and P. Langridge. 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*. 61(12): 3211-3222.
 - Flexas, J., and H. Medrano. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C₃ plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. *Annals of Botany*. 89: 183-189.
 - Gale, A., J. Csiszar, I. Tari, and L. Erdei. 2002. Change in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. Proceeding of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology. pp. 85-86.
 - Hong Bo, S., L. Zong Suom, and S. Ming An. 2005. Changes of anti-oxidative enzymes and MDA content under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotype at maturation stage. *Colloids. Surface Biochemistry*. 7: 13-45.
 - Khodabande, N. 2013. Cereals. University of Tehran Publications, Tehran, Iran. 538 p. (In Persian).
 - Kirnak, H., C. Kaya, I. Tas, and D. Higgs. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in egg plants. *Plant Physiology*. 27: 34-46.
 - Lawlor, D.W., and G. Cornic. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environment*. 25: 275-294.

- Lichtenthaler, H., and A.R. Wellburn. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and chlorophyll b leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 603: 591-592.
- Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahrarnnejad, P.C. Struik, and Y. Sohrabi. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Science*. 4(8): 580-585.
- Mary, J.G., C.S. Jeffery, O.B. Katherine, and S. Edward. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*. 41: 327-335.
- Mirbahar, A.A., G.S. Markhand, A.R. Mahar, S.A. Abro, and N.A. Kanhar. 2009. Effect of water stress on yield and yield components wheat (*Triticum Aestivum* L.) varieties. *Pakistan Journal of Botany*. 41(3): 1303-1310.
- Moghadasi, L., V. Rashidi, and A. Razbab Hagigi. 2010. Evaluation of drought of durum wheat lines by use of drought tolerance indexes. 11th Iranian Crop Sciences Congress. Shahid Beheshti University, Tehran. pp. 372-389. (In Persian).
- Mohammadi, A., E. Majidi, M.R. Bihanta, and H. Heidari Sharifabad. 2007. Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristics in some wheat cultivars. *Apply Field Crops Research*. 73: 184-192. (In Persian).
- Moran J.F., M. Becana, I. Iturbe-Ormaetxe, S. Frechilla, R.V. Klucas, and P. Aparicio-Tejo. 1994. Drought induces oxidative stress in pea plants. *Planta*. 194: 346-352.
- Nouri-Ganbalani, A., G. Nouri-Ganbalani, and D. Hassanpanah. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7(3&4): 228-234.
- Plaut, Z., B.J. Butow, C.S. Blumenthal, and C.W. Wrigley. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under postanthesis water deficit and evaluated temperature. *Field Crop Research*. 86: 185-198.
- Praba, M.L., J.E. Cairns, R.C. Babu, and H.R. Lafitte. 2009. Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 195: 30-46.
- Ranjan, R., S.P. Bohra, and A.M. Jeet. 2001. Book of plant senescence. Jodhpur, Agrobios New York. pp. 18-42.
- Ritchie, S.W., H.T. Nguyen, and A.S. Haloday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotype differing in drought resistance. *Crop Science*. 30: 105-111.
- Rodriguez, D.J., J. Romero-Garcia, R. Rodriguez-Garcia, and J.A.L. Sanchez. 2003. Characterization of protein from Sunflower leaves and seeds: Relationship of biomass and seed yield. *Trends in New Crops and New Uses*. 1: 143-149.
- Royo, C., M. Abaza, R. Blanco, and L.F. Garcia del Moral. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*. 27: 1051-1059.
- Saeidi, M., and M. Abdoli. 2015. Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 17(4): 885-898.

- Saeidi, M., A. Ahmadi, K. Postini, and M.R. Jahansooz. 2007. Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 11: 281-293. (In Persian).
- Saeidi, M., F. Moradi, and M. Abdoli. 2017. Impact of drought stress on yield, photosynthesis rate, and sugar alcohols contents in wheat after anthesis in semiarid region of Iran. *Arid Land Research Managment*. 31(2): 204-218.
- Saeidi, M., F. Moradi, A. Ahmadi, R. Spehri, G. Najafian, and A. Shabani. 2010. The effects of terminal water stress on physiological characteristics and sink-source relations in two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Science*. 12(4): 392-408. (In Persian).
- Shah, N.H., and G.M. Paulsenl. 2003. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. *Plant Soil*. 257: 219-226.
- Sharifi, H.A., and H.R. Rahimian Mashhadi. 2001. Effect of drought stress, seeding density and cultivar on productivity of dryland wheat in northern Khorasan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 8(1): 115-129. (In Persian).
- Siddique, M.R., B.A. Hamid, and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 41: 35-39.
- Siosemardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*. 98: 222-229.
- Skovmand, B., M.P. Renolds, and I.H. Delacy. 2001. Searching genetic resources for physiological traits with potential for increasing yield. – In: Renolds, Ortiz-Monasterio, M.P., J.I. Mc Nab. (ed): *Application of Physiology in Wheat Breeding*. Pp. 17-28. CIMMYT, Mexico DF 2001.
- Taleahmad, S., and R. Hadad. 2010. Effect of silicon on antioxidant enzymes activities and osmotic adjustment contents in two bread wheat genotypes under drought stress conditions. *Plant Seed*. 26(2): 207-225.
- Tavakoli, A., A. Ahmadi, and H. Alizade. 2009. Some aspects of physiological performance of sensitive and tolerant cultivars of wheat under drought stress conditions after pollination. *Iranian Journal of Crop Science*. 40(1): 197-211. (In Persian).
- Yang, J., and J. Zhang. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytology*. 169: 223-236.
- Yang, J., J. Zhang, Z. Huang, Z. Wang, Q. Zhu, and L. Liu. 2002. Correlation of cytokinin levels in the endosperms and roots with cell number and cell division activity during endosperm development in rice. *Annals of Botany*. 90: 369-377.

Research Article

DOI:

Evaluation of Grain Yield and some Physiological Traits of Bread Wheat Cultivars under Post Anthesis Water Deficit Stress in Kermanshah Region

Razieeh Teimoori¹, Mohsen Saeidi^{2*}, Saeid Jalali Honarmand², Mohammaddeghbal Ghobadi² and Mokhtar Ghobadi²

Received: July 2022, Revised: 24 October 2022, Accepted: 7 December 2022

Abstract

In wheat cultivation areas of Iran, post anthesis water stress is the main factors that declined grain yield production. Hence, in order to evaluate the effect of post anthesis water stress on formation of grain, physiological changes and gas exchange variables of bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.), this study was conduct in research farm of Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi university, Kermanshah, Iran at 2013-14 crop year. In experiment was used a split plot experiment based on randomized complete block design with three replications. In this experiment, main plot was water regimes in two levels (post anthesis water stress and control) and sub plot was 10 bred wheat cultivars (Zare, Parsi, Sivand, Pishtaz, Bahar, Azar2, Bezostaya, Gaspard, Sirvan and Marvdasht). The results showed that, post anthesis water stress significantly decreased grain yield, number of grains per spike, thousand grain weight, hectoliter weight and biomass production (5.46, 10.25, 17.76, 1.1 and 3.29%, respectively) but had no significant effect on no of spike per m². In post anthesis water stress, Parsi and Bezostaya cultivars had the highest and lowest grain yield production (11110 and 6080 kg.ha⁻¹, respectively). Also, post anthesis water stress significantly decreased photosynthetic rate, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and water-soluble protein by 16.67, 14.03, 24.94 and 12.10% respectively, but significantly increased leaf surface temperature by 12.58%. Bezostaya and Marvdasht cultivars had the highest and lowest photosynthesis rate, respectively, as well as Gaspard and Bahar cultivars had the highest and Marvdasht cultivar had the least soluble protein content. In general, Sivand and Parsi cultivars were identified as high yielding cultivars and Zare, Marvdasht, Sirvan and Bahar cultivars as low yield cultivars.

Key words: Hectoliter weight, Leaf temperature, Photosynthesis rate, Protein.

¹ M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Plant Production and Genetic, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

²- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetic, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

*Corresponding Authors: msaeidi@razi.ac.ir