

مقایسه عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام گندم تحت تأثیر قطع آبیاری در منطقه شهریار

رضا افشاریان زاده^۱، اسلام مجیدی هروان^{۲*}، محمد نصری^۳، حسین حیدری شریف آباد^۲ و قربان نورمحمدی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف قطع آبیاری بر عملکرد و خصوصیات کمی و کیفی ارقام گندم در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در منطقه شهریار به صورت کرت‌های خرد شده (اسپیلت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل قطع آبیاری و ارقام در ۶۳ تیمار و سه تکرار انجام شد. عامل اصلی تیمارهای آبیاری در سه سطح شامل؛ آبیاری معمول (I₀)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی (براساس مقیاس زادوکس، شروع گلدهی گندم با کد ۶۱ (گلدهی سنبلچه‌های وسط سنبله) و اتمام گلدهی با کد ۶۹ (گلدهی تمام سنبلچه‌های سنبله) I₁)، قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (اولین گره قابل رویت است با کد ۷۳ تا ظهور کامل سنبله کد ۹۴) I₂ و ۲۱ رقم به‌عنوان عامل فرعی شامل ارقام؛ چمران، استار، سیروان، سیوند، ارگ، پارسی، برات، نارین، حیدری، افق، رخشان، بهاران، سپاهان، افلاک، میهن، زارع، گنبد، اروم، سایسون، گاسکوژن، مهرگان بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد کل، هدایت روزنه‌ای، دمای کانوپی، پرولین برگ، پایداری غشای سلولی، گلوتن دانه، آنزیم آنتی‌اکسیدانت SOD و بیومارکر تخریب MDA تحت تأثیر اثرات اصلی سطوح قطع آبیاری و ارقام و اثرات متقابل تیمارها قرار گرفتند و اختلافات به وجود آمده در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه ($1.0857/2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)، عملکرد کل ($44.092/8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) و هدایت روزنه‌ای ($236/0.8 \text{ mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) از تیمار آبیاری معمول و رقم رخشان و کمترین عملکرد دانه ($1.467/9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)، عملکرد کل ($11496/7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) و هدایت روزنه‌ای ($44/81 \text{ mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و رقم افق با حاصل شد. قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه رقم افق بیشترین دمای کانوپی ($19/827 \text{ }^{\circ}\text{C}$) و پرولین برگ ($0/994 \mu\text{g} \cdot \text{gFw}$) و کمترین دمای کانوپی ($13/126 \text{ }^{\circ}\text{C}$) و پرولین برگ ($0/416 \mu\text{g} \cdot \text{gFw}$) پایداری غشای سلولی ($171/14 \mu\text{mos} \cdot \text{cm}$) از آبیاری معمول در رقم رخشان به‌دست آمد. بیشترین آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ($19/06 \text{ U/mgprotein}$) و مالون دی آلدئید ($40/68 \eta\text{mol} \cdot \text{gFw}^{-1}$) مربوط به قطع آبیاری در مرحله گلدهی رقم گاسکوژن بود. نتایج نشان داد ارقام متحمل به خشکی کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند و با تولید کمتر مواد آلی مانند پرولین و آنزیم‌ها و بیومارکرهای تخریب، میزان عملکرد را در سطح قابل قبولی حفظ کردند.

واژگان کلیدی: گندم، تنش خشکی، ارقام، عملکرد، خصوصیات بیوشیمیایی.

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

مقدمه

عمده‌ترین تنش محیطی و عامل محدود کننده رشد و تولید محصولات زراعی، خشکی بوده که موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Rezaeimoradali *et al.*, 2013). ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، از نظر میزان و پراکنش نامناسب نزولات آسمانی در بسیاری مناطق با چالش کم‌آبی مواجه است که با استفاده از ارقام مناسب منطقه و روش‌های متنوع آبیاری می‌توان از کاهش عملکرد گیاهان زراعی جلوگیری نمود (Naseri *et al.*, 2016). گندم با نام علمی (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی جهان بوده که بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است (Soleymani, 2016). تحقیقات نشان داد تنش آخر فصل، عملکرد دانه گندم را به‌طور میانگین حدود ۱۲ درصد کاهش داد که به نظر می‌رسد با توجه به شدت و زمان وقوع تنش، میزان کاهش عملکرد متفاوت باشد (Ribaut *et al.*, 2012). در این راستا تولید و معرفی ارقام متحمل به خشکی و ارقام زودرس گندم راه‌حل مناسبی می‌باشد (Aghaei SarBarzeh and Roostaei, 2009). تنش خشکی با تحت تأثیر قرار دادن منبع فتوسنتزی از طریق کاهش سطح فتوسنتزی و دوام سطح فتوسنتز کننده (Gallagher *et al.*, 2012) و محدود نمودن فتوسنتز از طریق عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای (Du and Wang, 2010) سبب کاهش عملکرد دانه و اندازه و وزن دانه گندم گردید (Moursi and Salem, 2013). محققان کاهش محدودیت منبع و افزایش وزن هزار دانه را به‌عنوان یکی از راهکارهای مهم به‌نژادی در راستای افزایش عملکرد دانه در گندم مطرح نمودند (Guttieri *et al.*, 2006). پیرر و

همکاران (Pierre *et al.*, 2008) گزارش کردند که تنش کم آبی در مرحله پر شدن دانه در نه لاین گندم نان، باعث کاهش عملکرد، وزن هزار دانه و ضخامت دانه آنها شد. دستور و همکاران (Dastoor *et al.*, 2014) با بررسی لاین‌های گندم بیان داشتند که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کمتر از شرایط معمول بود و خشکی بعد از گلدهی موجب بروز کاهش شدید عملکرد دانه گردید، نتایج مشابهی را فرشادفر و امیری (Farshadfar and Amiri, 2016) گزارش کردند. در شرایطی که تنش کم آبی با گرمای آخر فصل رشد همراه باشد ارقامی که دارای دمای کانوبی کمتری هستند تحمل بیشتری نشان داده و برای کاشت مناسب‌تر هستند (Balota *et al.*, 2007). گیاهان با تنظیم اسمزی و تولید مواد آلی مختلف مانند پرولین و ... در ریشه‌ها و اندام‌های هوایی (Ahmed *et al.*, 2015) در برابر تنش تحمل خود را افزایش می‌دهند (Siddique and Whan, 2004). پژوهش‌گران دریافتند که پرولین، سلول را در برابر خشکی محافظت می‌کند و بالاترین انباشت را در برگ‌ها دارد (Yoshiba *et al.*, 2009). گندم با تجمع پرولین، پلی‌آمین، ترهالوز، افزایش فعالیت آنزیمی نیترات ردوکتاز، افزایش ذخیره کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌سازی می‌تواند تحمل خود را در برابر تنش کم آبی افزایش دهد (Hong *et al.*, 2006). در شرایط تنش، تولید انواع اکسیژن فعال نظیر H_2O_2 در سلول افزایش یافته (Ashraf *et al.*, 2011) و با آسیب رساندن به بیومولکول‌های حیاتی نظیر پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک، سبب ایجاد اختلالات متابولیسمی و در نهایت در اثر بروز صدمات شدید موجبات مرگ سلولی را فراهم می‌نماید (Ben Amor *et al.*, 2007). گیاهان برای جلوگیری از

انجام شده بر اساس شرایط آب و هوایی منطقه انتخاب شدند. عوامل مورد مطالعه در این بررسی؛ عامل اصلی سطوح آبیاری در سه سطح: شاهد (آبیاری معمول) I_0 ، قطع آبیاری در مرحله گلدهی (بر اساس مقیاس زادوکس، شروع گلدهی گندم با کد ۶۱ و اتمام گلدهی با کد ۶۹) I_1 ، قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (اولین گره قابل رویت با کد ۷۳ تا ظهور کامل سنبله کد ۹۴) I_2 ، که با توجه به تعدد ارقام و تفاوت دوره رشدی آنها، قطع آبیاری براساس مشاهده مزرعه‌ای صورت پذیرفت. در مراحل قطع آبیاری، بارندگی در منطقه آزمایشی وجود نداشت، میزان بارندگی و دمای هوای منطقه در جداول ۱ و ۲ ارایه شده است. ارقام گندم در ۲۱ سطح به عنوان عامل فرعی؛ چمران ۲، استار، سیروان، سیوند، ارگ، پارسی، برات، نارین، حیدری، افق، رخشان، بهاران، سپاهان، افلاک، میهن، زارع، گنبد، اروم، سایسون، گاسکوژن، مهرگان بودند. هر تیمار آزمایشی شامل دو ردیف ۶۰ سانتی‌متری و شش خط کاشت شش‌متری بود که فاصله خطوط از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف از همدیگر ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Poor Yusuf and Yousefi, 2011). فاصله بین عامل اصلی در هر تکرار دو فارو به عرض ۱۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو تکرار چهار متر بود. میزان کود براساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی مصرف شد.

کشت در ۱۷ آبان ماه ۱۳۹۶ انجام شد. قطع آبیاری بر اساس تیمارها، در زمان‌های یاد شده بر اساس مقیاس زادوکس اجرا گردید. در مرحله داشت، برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش توفوردی استفاده شد.

هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر AP4 مدل U،MK،Delta از ۵ برگ بالای پوشش

اثرات مخرب تنش اکسیداتیو، از سیستم دفاعی پیچیده به نام آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی شامل سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، گلوکاتایون پراکسیداز (GPX)، اسید آسکوربیک و ... استفاده می‌کنند (Verma et al., 2014). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در شرایط تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال سوپراکسید است که موجب فعال شدن مسیرهای انتقال پیام در سلول و افزایش بیان ژن‌های رمز کننده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌شود (Mittler, 2009) تا خسارت‌های ناشی از آن کمتر گردد. تخریب غشاهای سلول یکی از پیامدهای مستقیم کمبود آب است. به عبارت دیگر بین میزان مالون دی‌آلدئید (MDA) و شدت تنش رابطه مستقیم وجود دارد. در شرایط تنش خشکی، افزایش میزان MDA در برگ پرچم و سنبله ژنوتیپ‌های گندم نشان داد که ساز و کارهای ترمیم سلولی با ساز و کارهای تخریب حاصل از کمبود آب که می‌توانند بر تجزیه و بازیابی لیپیدهای غشای تأثیر بگذارند (Izabela et al., 2013) همگام نمی‌شوند.

این تحقیق به منظور بررسی اثرات قطع آبیاری بر عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی ارقام گندم و تعیین متحمل و حساس‌ترین رقم در منطقه شهریار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انتخاب متحمل‌ترین رقم در بین ارقام گندم مورد مطالعه در شرایط قطع آبیاری در منطقه شهریار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ تحقیقی به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل قطع آبیاری و ارقام گندم در سه تکرار در شرایط مزرعه انجام گردید. ارقام در آزمایش اولیه

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد کل، هدایت روزنه‌ای، دمای کانوپی، پرولین برگ، شاخص پایداری غشای سلولی، گلوتن دانه، میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و میزان مالون دی‌آلدئید تحت تأثیر اثرات اصلی سطوح قطع آبیاری و ارقام و اثرات متقابل تیمارها قرار گرفت و اختلافات به وجود آمده در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بودند (جداول ۳ و ۴).

وزن هزار دانه

وزن دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد به شمار می‌آید و نشانگر میزان مواد انتقال و تجمع یافته در دانه است. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد بیشترین وزن هزار دانه از رقم اروم و قطع آبیاری در مرحله گلدهی (۴۵/۸ گرم) و کمترین وزن هزار دانه از ارقام افق، استار و گنبد در قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه با (۳۱/۷ گرم) حاصل شد (شکل ۱). نتایج نشان داد ارقام مختلف گندم با بروز تنش قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی دارای تفاوت معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه بودند. قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه باعث تغییر محسوس وزن هزار دانه گردید. تحقیقات نشان داد که به واسطه‌ی عدم وجود آب کافی، ترکیبات لازم دانه گندم به صورت نامطلوب تجمع یافت و در نهایت بر تعداد و وزن دانه اثر منفی داشت و دانه‌ها کوچک و چروکیده شدند (Gallagher *et al.*, 2012). قطع آبیاری از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک باعث تسریع در پیری برگ گندم و طول دوره و سرعت پر شدن دانه شد (Royo *et al.*, 2010) که این امر در نهایت منجر به کاهش وزن دانه‌ها گردید که در این پژوهش

گیاهی در هر تیمار تعیین گردید. در هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری این شاخص از وسط برگ پرچم انجام شد. دمای کانوپی هم برای هر کرت با استفاده از دوربین حرارتی اندازه‌گیری شد. میزان پرولین برگ با استفاده از نمونه برگ‌ی تازه از جوان‌ترین برگ‌ها با استفاده از اسپکتوفتومتر با طول موج ۵۱۵ نانومتر و روش ایریگون و همکاران (Irigoyen *et al.*, 1993) اندازه‌گیری شد. پس از اعمال هر مرحله تنش، با تهیه دیسکت از برگ از هر تیمار و قرار دادن آن در آب مقطر به مدت ۸ ساعت و در نهایت اندازه‌گیری EC محلول به جا مانده، پایداری غشای سلولی اندازه‌گیری شد (Nasri, 2004). میزان گلوتن دانه بعد از خشک شدن دانه‌ها در آون با استفاده از دستگاه Gluten index 2018 (زایس آلمان) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با روش میسرا و فریدوویچ (Misra and Fridovich, 1972) از طریق میزان تغییرات آنزیم تعیین گردید. برای سنجش مالون دی‌آلدئید از روش کروماتوگرافی HPLC در آزمایشگاه بر اساس روش استون (Steven and Joseph, 1978) اندازه‌گیری گردید.

برای برداشت نهایی نمونه‌ها در هر کرت از مساحت ۲ مترمربع (Sayre, 2009) از خطوط نمونه‌برداری و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام و صفات مرتبط با عملکرد دانه در آنها اندازه‌گیری شدند. شمارش دانه‌ها با دستگاه دانه‌شمار انجام و وزن هزار دانه توزین و به‌دست آمد.

نتایج آزمایش به کمک نرم‌افزار Mstat-C تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین داده‌ها با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار EXCEL صورت پذیرفت.

حساسیت کمتری به شرایط محیطی داشته و از سازگاری عمومی مناسبی تری برخوردار بودند. عملکرد ارقام در مواجهه با شرایط کم آبی پس از گلدهی کاهش پیدا کرد که احتمالاً دلیل آن فتوسنتز (Tatar *et al.*, 2016) بود که سبب کاهش وزن هزاردانه و عملکرد دانه گردید و انتقال مجدد نیز نتوانست میزان کاهش عملکرد را جبران نماید در واقع عرضه مواد فتوسنتزی توسط منبع (برگ‌ها) به مخزن‌های در حال رشد (دانه‌ها) کافی نبود. بالابودن منبع به مخزن در گیاه گندم در شرایط فاریاب توسط احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2009) گزارش شده است. در این پژوهش به نظر می‌رسد قطع آبیاری در مرحله گلدهی موجب کاهش تعداد دانه گردید و ارقام نتوانستند بعد از تأمین آب در مرحله بعد این کمبود را جبران کنند به همین دلیل گیاه دچار تنش شدید در مرحله گلدهی گردید و عملکرد کاهش نشان داد ولی قطع آبیاری در دوره پر شدن دانه هر چند موجب کاهش شدید میزان آسیمیلات‌های تولیدی گردید ولی گیاه دوره رشدی خود را کوتاه‌تر نموده و با انتقال مجدد مواد تولیدی از ساقه و برگ‌ها به دانه تا حدودی کمبود عملکرد را نسبت به قطع آبیاری در دوره گلدهی جبران نمود.

عملکرد بیولوژیک

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک به تیمار آبیاری معمول در رقم رخشان با متوسط ۴۴۰۹۲/۸ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت که با تیمار آبیاری معمول و رقم حیدری اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی

نیز مشهود است. به نظر می‌رسد قبل از اعمال تنش، گیاه مخازن (دانه) بیشتری تولید ولی با نزدیک شدن گیاه به پایان دوره رشدی این شرایط شدیدتر شده و به علت عدم وجود آب کافی برای تولید مواد فتوسنتزی، مخازن (دانه‌ها) نتوانستند پر شده و در نتیجه چروکیده و ریز شدند و در نهایت وزن دانه کاهش پیدا کرد (Plaut *et al.*, 2014).

عملکرد دانه

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین عملکرد دانه به تیمار آبیاری معمول و رقم رخشان با متوسط ۱۰۸۵۷/۲ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت که با تیمار آبیاری معمول و رقم حیدری اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد دانه از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی در رقم افق با ۱۴۶۷/۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۲).

عملکرد دانه و پایداری آن در مناطقی که تنش‌های محیطی وجود دارد، می‌تواند به‌عنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مورد استفاده قرارگیرد و ارقامی که دارای سازگاری بیشتری هستند باید از حساسیت کمتر به شرایط نامساعد محیطی و سازگاری عمومی مناسب در شرایط متنوع محیطی برخوردار باشند. در این تحقیق، ارقامی که تحمل بیشتری به قطع آبیاری داشتند، توانستند در شرایط تنش قطع آبیاری تحمل بیشتری داشته و عملکرد آنها کاهش کمتری یابد. رقم رخشان و افق در شرایط آبیاری معمول به ترتیب بالاترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند و در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی، کاهش ۴۰ و ۶۲ درصدی داشتند که نشان دهنده حساسیت این ارقام به تنش خشکی می‌باشد. ارقام سیوند، حیدری، رخشان و پارسی

در رقم افق با میانگین $11496/7$ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۳).

تنش کم آبی با تحت تأثیر قراردادن منبع فتوسنتزی (برگ‌ها و ساقه‌ها) از طریق کاهش سطح فتوسنتزی، کاهش دوام سطح فتوسنتز کننده سبب کاهش عملکرد دانه و به دنبال آن بیوماس کل گردید (Moursi and Salem, 2013). محققان بیان نمودند میزان عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری مناسب بیشتر از شرایط تنش بود هر چند خشکی سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در پرکردن دانه را تا ۲۳ درصد افزایش داد لیکن از میزان عملکرد بیولوژیک کاسته شد (Sankar *et al.*, 2008). با توجه به نتایج این تحقیق، رقم رخشان که در آبیاری معمول بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشت در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی ۲۱ درصد کاهش یافت اما این میزان در رقم افق در تیمارهای آبیاری معمول و قطع آبیاری در مرحله گلدهی به ۳۹ درصد رسید. به نظر می‌رسد خصوصیات نژادی ارقام در تحمل به کم آبی بر عملکرد بیولوژیک بسیار تأثیرگذار هست. کاهش عملکرد بیولوژیک در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی کاملاً مشخص بود که می‌توان علت را در کاهش شدید عملکرد دانه و وزن هزار دانه دانست.

هدایت روزنه‌ای

تنش خشکی از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای به دلیل بسته شدن روزنه‌ها باعث اختلال در سوخت و ساز شد، با اینحال به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی تلفات آب به حداقل رسید. بالاترین هدایت روزنه‌ای به تیمار آبیاری معمول و رقم رخشان با متوسط $236/08$ ($\text{mmolH}_2\text{O.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) اختصاص یافت که با تیمار آبیاری معمول و رقم سیوند اختلاف

معنی‌داری نداشت و هر دو در کلاس آماری a قرار گرفتند و کمترین هدایت روزنه‌ای در رقم افق با قطع آبیاری در مرحله گلدهی به مقدار $44/81$ ($\text{mmolH}_2\text{O.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) حاصل شد (شکل ۴). وضعیت آبی با هدایت روزنه‌ای گیاه همبستگی دارد (Ashraf and Harris, 2013). گیاهان تحت تنش، توسط تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب از طریق تعرق جلوگیری می‌کنند (Chinnusamy, 2004). نتایج نشان داد هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی کاهش یافته اما کارایی مصرف آب فتوسنتزی و غلظت CO_2 درون روزنه‌ای افزایش داشت بنابراین در شرایط تنش CO_2 وارده به خوبی در فتوسنتز استفاده نگردید. تنظیم هدر رفت آب از طریق بسته شدن روزنه‌ها ممکن است به عنوان یک ساز و کار تحمل به خشکی عمل نماید اما باعث افزایش دمای برگ و توقف فتوسنتز صورت می‌گیرد که این امر موجب کاهش آسیمیلاسیون تولیدی و در نهایت عملکرد دانه گردیده که با نتایج تحقیقات سایر محققان مشابَهت دارد (Gooding *et al.*, 2013). در این آزمایش رقم رخشان جزو ارقام با عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط بود که می‌توان دلیل آن را داشتن هدایت روزنه‌ای بالاتر و راندمان فتوسنتز و تولید ماده خشک بیشتر دانست. پژوهش‌گران گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله گلدهی و آخر فصل رشد باعث تسریع پیری برگ‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص و کوتاه شدن مدت پر شدن دانه (Imam, 2011) در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Gonzalez *et al.*, 2010) که در این تحقیق نیز مشهود است.

دمای کانوپی

نتایج نشان داد بیشترین دمای کانوپی در رقم افق از تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن

کرده که این امر باعث کاهش غلظت دی‌اکسید کربن در جایگاه آنزیم رابیسکو می‌گردد که نتیجه آن کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس نوری و در نهایت کاهش ماده خشک تولیدی و متعاقب آن کاهش عملکرد خواهد بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

پرولین

انباشت پرولین به‌عنوان شاخصی از تحمل به خشکی محسوب می‌گردد. براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل داده‌ها، بیشترین و کمترین پرولین برگ به‌ترتیب از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی در رقم افق با متوسط مقدار $0/994$ ($\mu\text{g.gFW}^{-1}$) و رقم رخشان در آبیاری معمول با مقدار $0/416$ ($\mu\text{g.gFW}^{-1}$) حاصل شد (شکل ۶).

تنظیم اسمزی، یک نوع سازگاری به تنش کم آبی است که از طریق تجمع مواد محلول درون سلول‌ها می‌تواند منجر به حفظ تورژسانس سلول‌ها و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل‌های پایین آب گردد (Vinocur and Altman, 2005). اسید آمینه پرولین معمولاً در مقادیر زیاد در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابد (Ahmed et al, 2015). محققان گزارش کردند در شرایط تنش کم آبی در گندم بر میزان اسیدهای آمینه از جمله؛ گلیسین، سرین، بتائین، والین، پرولین، آسپارژین و گلوتامین در برگ افزوده شد که در این میان میزان تجمع پرولین بیشتر از سایر آمینواسیدها بود (Yoshida et al., 2009). در این پژوهش قطع آبیاری باعث افزایش معنی‌دار محتوی پروتئین‌های محلول در ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس شد. چنین به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های متحمل با افزایش بیان برخی ژن‌ها قادر به تحمل بهتر

دانه با متوسط $19/827$ درجه سلسیوس و کمترین دمای کانوپی در رقم رخشان و آبیاری معمول با $13/126$ درجه سلسیوس حاصل شد (شکل ۵). در شرایط خشکی، ارقام گندمی که در نیم‌روز دمای سایه‌انداز گیاهی پایین‌تری دارند به طور نسبی وضعیت آبی بهتری دارند. هنگامی که دمای سایه‌انداز گیاهی از دمای هوا بیشتر باشد گیاه دچار تنش کم آبی می‌شود (Blum, 2005).

نتایج نشان داد در هر دو شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و دمای کانوپی وجود داشت، می‌توان گفت ارقامی که عملکرد بالاتری داشتند دمای کانوپی آنها پایین‌تر بود. قطع آبیاری پس از گلدهی باعث افزایش دمای کانوپی نسبت به دمای هوا و کاهش تفاوت دمای کانوپی و دمای هوا گردید. بررسی برهمکنش تنش خشکی و رقم بر افت دمای کانوپی نشان داد که در شرایط تنش خشکی دمای کانوپی بالا، موجب کاهش عملکرد دانه گردید؛ وجود رابطه مستقیم بین دمای کانوپی و عملکرد دانه در شرایط با و بدون تنش خشکی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Balota et al., 2007). به نظر می‌رسد بالا بودن دمای کانوپی در تیمارهای قطع آبیاری با تأثیرگذاری منفی بر مواد تولیدی فتوسنتزی موجب کاهش عملکرد کل و عملکرد دانه گردید. در این تحقیق مشخص شد بین دمای کانوپی و هدایت روزنه‌ای رابطه عکس وجود دارد هرچه دمای کانوپی بیشتر شود هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش دمای کانوپی در اثر کمبود آب نشان‌دهنده بسته شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش تعرق به‌عنوان فرآیند خنک‌کننده گیاهان می‌باشد. از طرفی بسته شدن روزنه‌ها، ورود دی‌اکسید کربن به برگ را مختل

در رقم مهرگان با قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و با متوسط ($\mu\text{mos.cm}^{-1}$) ۹۳۶/۱۷ و کمترین پایداری غشای سلولی در رقم رخشان و آبیاری معمول و با میانگین ($\mu\text{mos.cm}^{-1}$) ۱۷۱/۱۴ حاصل شد (شکل ۷). در شرایط تنش، غشای سلولی پایداری خود را از دست داد و با قرار گرفتن برگ در یک محیط آبی مواد محلول از سلول‌های آن تراوش یافت. بنابراین، پایداری غشای به‌وسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن تعیین می‌شود (Sanchez-Rodriguez *et al.*, 2010). میزان پایداری غشای سلولی به‌عنوان شاخصی از تحمل به تنش می‌باشد (Sairam *et al.*, 2003). به نظرمی‌رسد که پایداری غشای سلولی در زمان بروز تنش با سنتز پروتئین‌ها و ویژگی‌های سیستم فتوسنتزی از جمله آنزیم‌های کلیدی و غشاهای تیلاکوئیدی ارتباط دارد و پایداری غشای سلولی در طی تنش، نقش محوری در تحمل به خشکی دارد (Bewley, 2009). در این آزمایش نیز در برخی مراحل نشت الکترولیت در تیمار تحت تنش افزایش داشت اما با حذف تنش گیاه قادر به بهبود غشای سلولی شد، بین ارقام نیز اختلاف چندانی از لحاظ نشت مشاهده نشد. به نظر می‌رسد در این پژوهش، پایداری غشای سلولی در دوره قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه افزایش چشم‌گیری نسبت به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی داشت. علت را می‌توان در پیر شدن گیاه و کاهش تحمل گیاه نسبت به تنش دانست که گیاه سعی می‌کند با انتقال آسیمیلات‌های تولیدی مواد ذخیره شده در ساقه و برگ را به دانه منتقل کند و تحمل غشای سلولی کاهش و تراوش‌های سلولی به بیرون زیاد شده و مرگ سلولی در نهایت رخ می‌دهد. در شرایط تنش با افزایش دمای کانوپی از میزان پتانسیل اسمزی و هدایت روزنه‌ای در سلول

شرایط تنش شدند (Ansari and Tabatabaei, 2019). با قطع آبیاری در مرحله گلدهی، رقم افق بیشترین میزان تجمع پرولین را داشت که از نظر عملکرد دانه در آخرین رتبه آماری قرار گرفت. قطع آبیاری در مرحله گلدهی موجب افزایش بیومارکرهای تخریب‌کننده و در نتیجه تخریب غشای سلولی می‌گردد و گیاه برای افزایش تحمل خود تولید پرولین و بتائین‌ها و سایر اسیدهای آمینه می‌کند به‌همین دلیل در شرایط قطع آبیاری میزان پرولین افزایش می‌یابد. تنش خشکی موجب افزایش دمای کانوپی و به‌دنبال آن کاهش فعالیت فلورسانس و تولید مواد پرورده می‌شود، گیاه برای مقابله با تنش میزان هدایت روزنه‌ای خود را کاهش می‌دهد تا با جلوگیری از تعرق بتواند آب مورد نیاز خود را تأمین نماید و با شکستن ماکرومولکول‌های پروتئین و تبدیل آن به اسید آمینه و تعدادی مولکول آب میزان پتانسیل اسمزی خود را افزایش داده و با افزایش میزان پرولین تحمل گیاه را در برابر تنش محیطی افزایش دهد. در این پژوهش رابطه معکوسی بین میزان پرولین و هدایت روزنه‌ای وجود دارد که با نتایج نجفی (Najafy, 2013) مطابقت دارد. هرچند رقم افق بیشترین میزان پرولین را در شرایط قطع آبیاری تولید کرد از آن جهت که این رقم حساس به تنش بوده و با تولید پرولین بیشتر مانع از مرگ سلولی شده نتوانست میزان آسیمیلات‌های تولیدی خود را در شرایط تنش اندوخته نماید و مواد پرورده ذخیره شده در ساقه نیز صرف تولید آمینواسید جهت بقا گیاه گردید و کمترین میزان عملکرد دانه را داشت (شکل‌های ۶ و ۲).

میزان پایداری غشای سلولی

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری در ارقام نشان داد بیشترین پایداری غشای سلولی

توجه به مشابهت روند کاهش‌ی در ژنوتیپ‌های مختلف مورد آزمایش به‌نظر می‌رسد حساسیت یا تحمل به تنش تأثیر چندانی بر روند نزولی شاخص گلوتن در شرایط گذار از وضعیت بهینه به تنش ندارد بلکه سایر عوامل محیطی مرتبط به تنش ممکن است باعث کاهش عمومی شاخص گلوتن شده باشد (Hui *et al.*, 2007). در این تحقیق مشخص گردید قطع آبیاری در مرحله زایشی به‌خصوص پرشدن دانه نسبت به قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی تأثیر معنی‌داری بر میزان گلوتن دانه داشت که با نتایج اعلامی توسط اوزتورک و آیدین همخوانی دارد (Ozturk and Aydin, 2014).

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) یکی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است که با تبدیل رادیکال سوپراکسید به پراکسید هیدروژن نقش مهمی در ایجاد تحمل به تنش اکسیداتیو ناشی از تنش‌های محیطی ایفا می‌کند. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین و کمترین میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به‌ترتیب از رقم گاسگوژن در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی معادل (۱۹/۰۶ U/mgprotein) و رقم سیروان با آبیاری معمول معادل (۷/۰۶ U/mgprotein) حاصل شد (شکل ۹).

افزایش فعالیت آنزیم SOD در شرایط تنش منجر به تعدیل قابل توجه رادیکال سوپر اکسید می‌شود تا خسارت‌های ناشی از آن کمتر شود (Ge *et al.*, 2006). در این تحقیق برای مقابله با آسیب تنش آبی در ارقامی که بسیار حساس هستند در مرحله گلدهی میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز برای مقابله با آسیب به بیومولکول‌های حیاتی سلول افزایش یافت. به‌نظر

کاسته شد و دیواره سلولی تحت تأثیر آثار مخرب تنش قرار گرفت و میزان نشت مواد از درون سلول به خارج و به‌دنبال آن پایداری غشای سلولی افزایش یافت. رابطه منفی بین میزان عملکرد کل و پرولین و هدایت روزنه‌ای با میزان دمای کانوپی و پایداری غشای سلولی در این پژوهش مشاهده شد. رقم افق که دارای بیشترین میزان پایداری غشای سلولی بود کمترین میزان عملکرد را داشت لیکن رقم رخشان که کمترین میزان دمای کانوپی و پایداری غشای سیتوپلاسمی را به خود اختصاص داد، دارای بیشترین میزان عملکرد اقتصادی در بین ارقام بود، این تغییرات با نتایج سایر محققان مشابهت دارد (Zhou *et al.*, 2013).

گلوتن دانه

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بالاترین درصد گلوتن دانه گندم در رقم سیوند با شرایط آبیاری معمول معادل ۱۳/۱۱ درصد و پایین‌ترین آن از رقم کاسگوژن با قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه معادل ۵/۲۱ درصد حاصل شد (شکل ۸). عیوضی و همکاران (Eivazi *et al.*, 2006) کاهش مقادیر صفات شاخص گلوتن و گیلیادین و افزایش میزان پروتئین دانه و میزان جذب آب توسط آرد را در شرایط تنش گزارش نمودند. پژوهشگران اعلام کردند در مواقعی که تنش کم آبی در مرحله پرشدن دانه رخ دهد احتمال این که ژنوتیپ‌های زودرس کیفیت دانه بالاتری داشته باشند، بیشتر است (Pierre *et al.*, 2008). اما در آزمایش حاضر نه تنها درصد گلوتن ژنوتیپ‌های متحمل افزایش نداشت بلکه با کاهش روبرو شد که این موضوع با توجه به همبستگی بالای گلوتن و میزان پروتئین قابل توجیه است زیرا بخش اعظم گلوتن از دو گروه پروتئینی گلوتنین‌ها و گلیادین‌ها تشکیل گردیده است. با

گندم شد. ارقامی که بیشترین میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانت را داشتند، کمترین پراکسیداسیون لیپیدها یعنی محتوی مالون دی آلدئید را به خود اختصاص دادند که با نتایج تحقیقات پازوکی (Pazoki, 2015) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش تنش ناشی از افزایش فواصل آبیاری به‌خصوص در مرحله‌ی زایشی اثر بارزی بر عملکرد داشته و منجر به کاهش ظرفیت مخزن در گیاه شده و در نتیجه موجب افت شدید عملکرد دانه و بیولوژیک گردید. علت کاهش عملکرد را می‌توان عدم مواد تولیدی کافی و به پایان رسیدن مرحله رشدی گیاه دانست. در شرایط تنش در مرحله گلدهی میزان آنتی اکسیدانت‌ها افزایش داشت ولی در مرحله پر شدن دانه کاهش یافت. ارقام متحمل میزان پرولین کمتری نسبت به ارقام حساس به خشکی تولید کردند و آسیمیلات‌های تولیدی صرف افزایش عملکرد در ارقام متحمل گردید. در زمان بروز تنش عملکرد ارقام متحمل مانند؛ رخشان، حیدری و ... کاهش کمتری نشان داد. در مناطقی که خشکی در مرحله رشد زایشی و انتهای فصل وجود دارد استفاده از ارقام متحمل به خشکی و سازگار منطقه که دارای پتانسیل عملکرد بالا و حساسیت کمتر به خشکی هستند بایستی مورد توجه قرار گیرد.

می‌رسد ارقام متحمل به خشکی با افزایش پرولین به تنش خشکی سازگار شده و مانع از افزایش فعالیت این آنزیم شده‌اند اما در ارقام حساس و نیمه متحمل گیاه تلاش کرده است با این ساز و کار حیات خود را حفظ نماید.

میزان مالون دی آلدئید

مالون دی آلدئید از مهم‌ترین بیومارکرهای تولید شده جهت دست‌یابی به یک شاخص کلی سطح پراکسیداسیون لیپیدی در شرایط بروز تنش است. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین میزان بیومارکر مالون دی آلدئید در رقم گاسگوژن از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و با متوسط $40/68$ ($\eta\text{mol.gFw}^{-1}$) و کمترین آن در رقم سیوند با آبیاری معمول معادل $11/45$ ($\eta\text{mol.gFw}^{-1}$) حاصل شد (شکل ۱۰).

نتایج به‌دست آمده نشان داد که بین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و میزان پراکسیداسیون لیپیدی رابطه منفی وجود دارد (Esfandiari *et al.*, 2008). در این تحقیق با افزایش شدت تنش اسمزی میزان آسیب به غشاها در هر ۲۱ رقم گندم شدت یافت و در ارقام مختلف، کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از عوامل اصلی محدودکننده ساز و کارهای دفاعی به‌شمار آمد که سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدی گردید. در حقیقت تنش کم‌آبی، موجب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و کاهش مقاومت غشایی

جدول ۱- میزان بارندگی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بر حسب میلی‌متر

Table 1- The amount of rainfall in the crop year 2017-2018 (mm)

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر
September	August	July	June	May	April	March	February	January	December	November	October
0	0	0	0	0	1.7	10	55	44	46	28	12

جدول ۲- میزان دما سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بر حسب درجه سلسیوس
Table 2: The temperature of the crop year 2017-2018 (C)

	شهریور September	مرداد August	تیر July	خرداد June	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر December	آبان November	مهر October
Max	21	37	29	24	21	18	11.7	4	3.2	4.6	6.8	16
Min	12	16	14	11.6	11	9	3	-2.1	-1.3	0	2	5.2

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف قطع آبیاری و ارقام گندم بر وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد کل، هدایت روزنه- ای و دمای کانوپی

Table 3- Analysis of variance of the effect of different levels of cut irrigation and wheat cultivars on 1000-grain weight, grain yield, total yield, stomatal conductance and canopy temperature

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات				
		وزن هزار دانه T.W.G	عملکرد دانه G.Y	عملکرد بیولوژیک T.Y	هدایت روزنه‌ای stomatal conductance	دمای کانوپی Canopy temp
تکرار Replication	2	27110.13 ^{ns}	3129741.28 ^{ns}	155176874321.78 [*]	2418.16 ^{ns}	418.16 ^{ns}
آبیاری Irrigation	2	4892163.72 [*]	94184119126.72 ^{**}	8710231980746.12 ^{**}	6637631.43 [*]	542228.77 ^{**}
خطای a Error a	4	700229.98	6819012224.13	21426480977.41	948233.13	31895.81
ارقام Variety	20	947120.09 [*]	29175828946.41 ^{**}	3211391250741.37 ^{**}	12836187.18 ^{**}	369457.47 ^{**}
آبیاری × رقم Var×Irr	40	2822048.43 ^{**}	322845028962.02 ^{**}	361795410222.19 ^{**}	14179937.87 ^{**}	201812.16 ^{**}
خطای b Error b	120	135328.95	4648206959.47	11926113826.47	878604.77	22218.59
C.V.(%) ضریب تغییرات		9.61	13.79	14.02	8.16	8.98

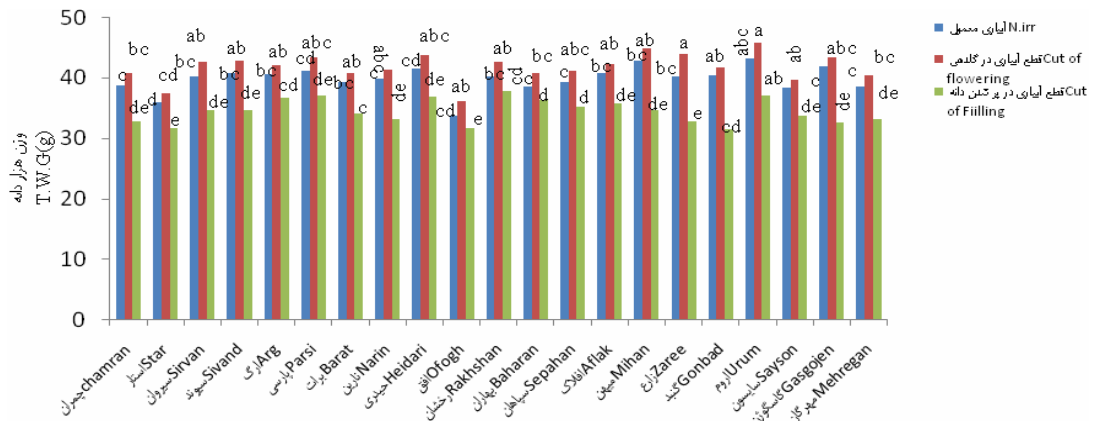
ns و ** و * به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.
 ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1 percent probability levels respectively.

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف قطع آبیاری و ارقام گندم بر پرولین برگ، شاخص پایداری غشای سلولی، گلوتن دانه، SOD و MDA

Table 4- Analysis of variance of the effect of different levels of cut irrigation and wheat cultivars on leaf proline, cell membrane stability, grain gluten, SOD and MDA

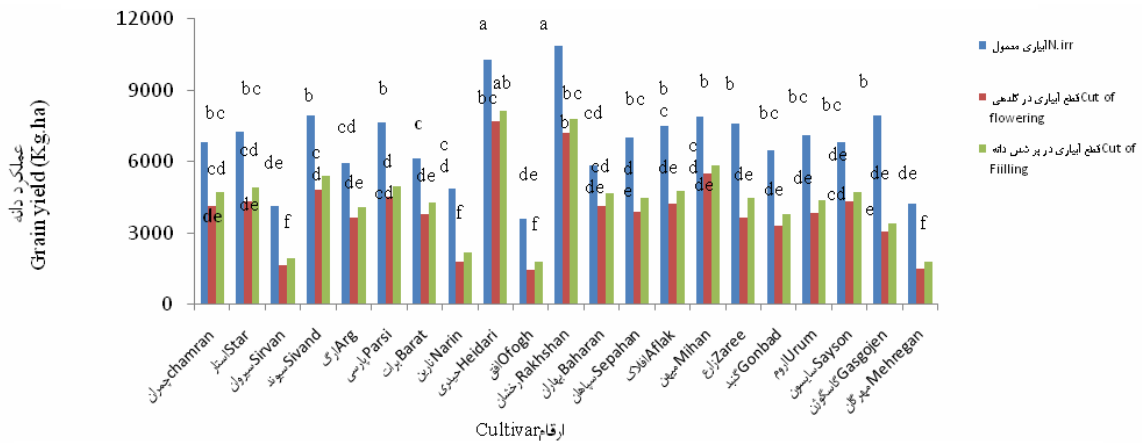
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات				
		پرولین برگ proline	پایداری غشای سلولی C.M.S	گلوتن دانه gluten	سوپراکسید دیسموتاز SOD	مالون دی آلدئید MDA
تکرار Replication	2	15.766 ^{ns}	0.0102 ^{ns}	0.0485 ^{ns}	0.1169 ^{ns}	0.0107 ^{ns}
آبیاری Irrigation	2	3291.328 ^{**}	0.1592 ^{**}	1.0289 ^{**}	9.1308 ^{**}	11.2862 ^{**}
خطای a Error a	4	21.521	0.0048	0.0424	0.4986	0.9079
ارقام Variety	20	128.407 [*]	0.0987 ^{**}	0.8734 ^{**}	8.1657 ^{**}	6.7368 ^{**}
آبیاری × رقم Var×Irr	40	405.809 ^{**}	0.1281 ^{**}	0.9280 ^{**}	6.1807 ^{**}	5.9861 ^{**}
خطای b Error b	120	17.665	0.0012	0.0358	0.3733	0.2979
C.V.(%) ضریب تغییرات		-	5.92	6.47	4.89	6.82

ns و ** و * به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.
 ns, *and **: non-significant and significant at 5 and 1 percent probability levels respectively.



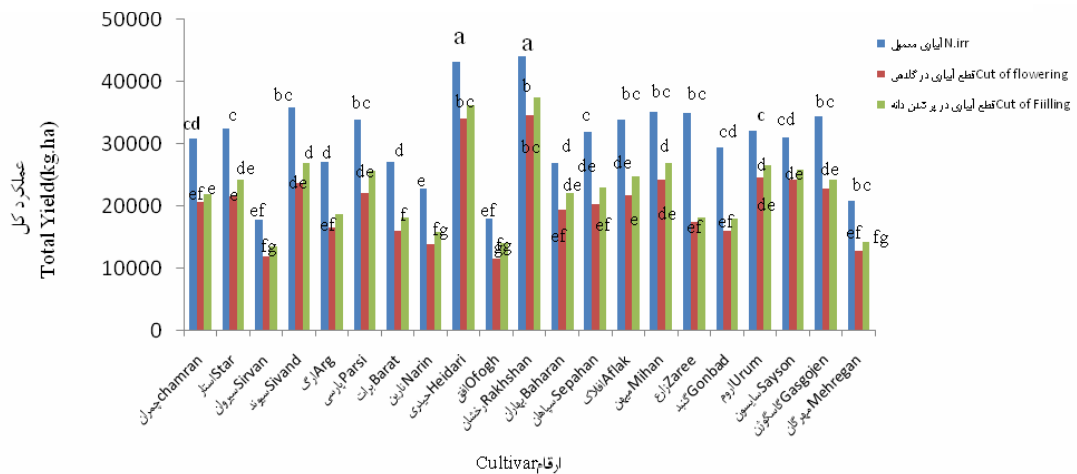
شکل ۱- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر وزن هزار دانه

Figure 1- Interaction effects of cut irrigation and cultivars on T.W.G. of wheat



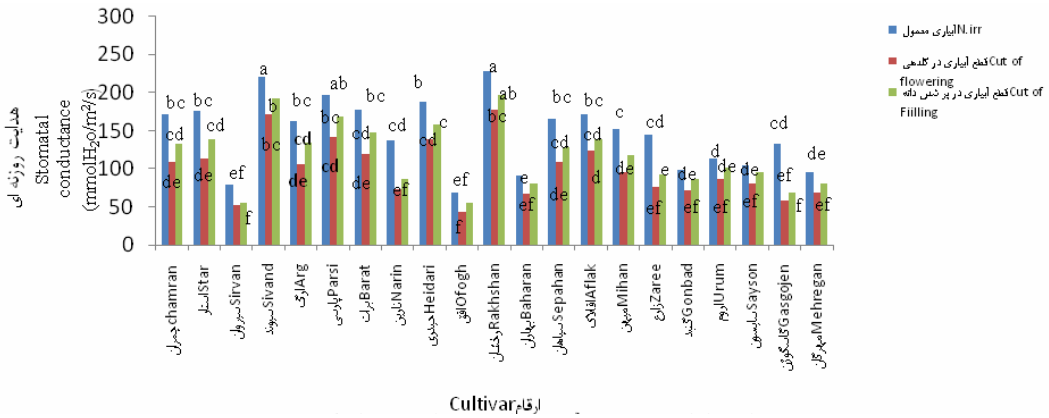
شکل ۲- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر عملکرد دانه گندم

Figure 2- Interaction effects of cut irrigation and cultivars on grain yield of wheat



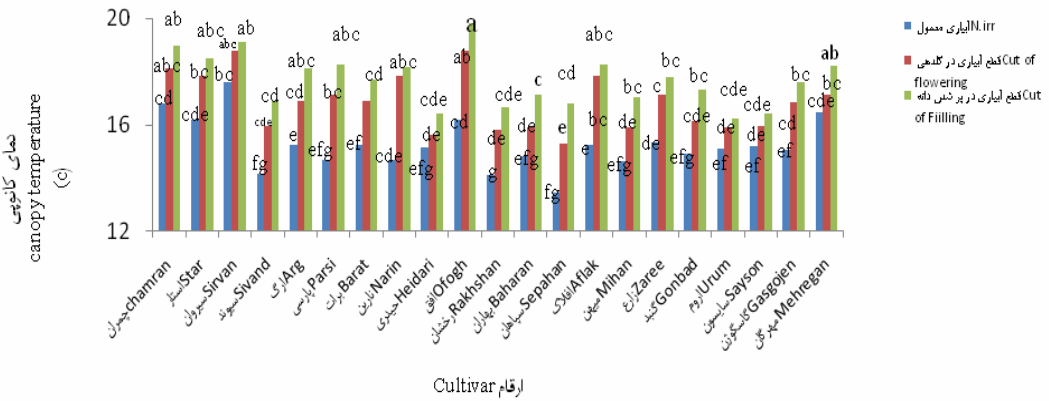
شکل ۳- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر عملکرد کل گندم

Figure 3- Interaction effects of cut irrigation and cultivars on total yield of wheat



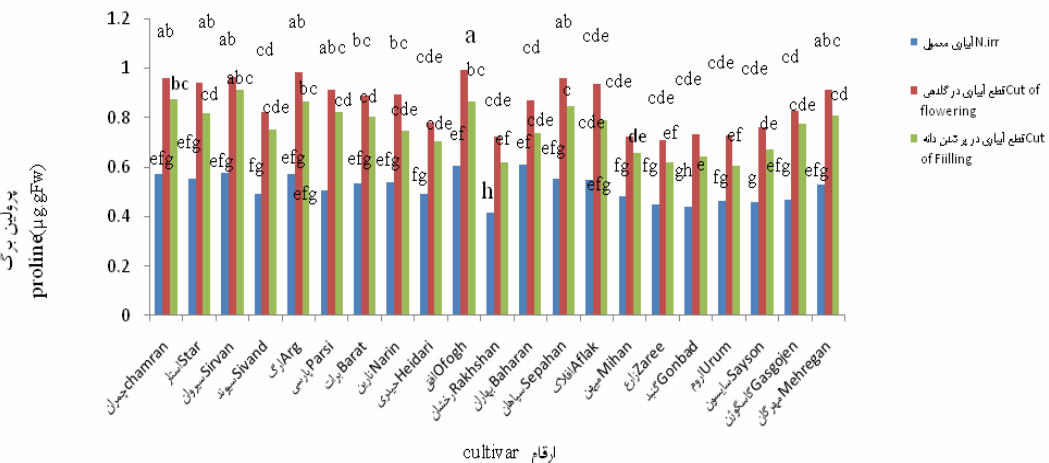
شکل ۴- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر هدایت روزنه ایی گندم

Figure 4- Intraction effects of cut irrigation and cultivars on stomata conductivity of wheat



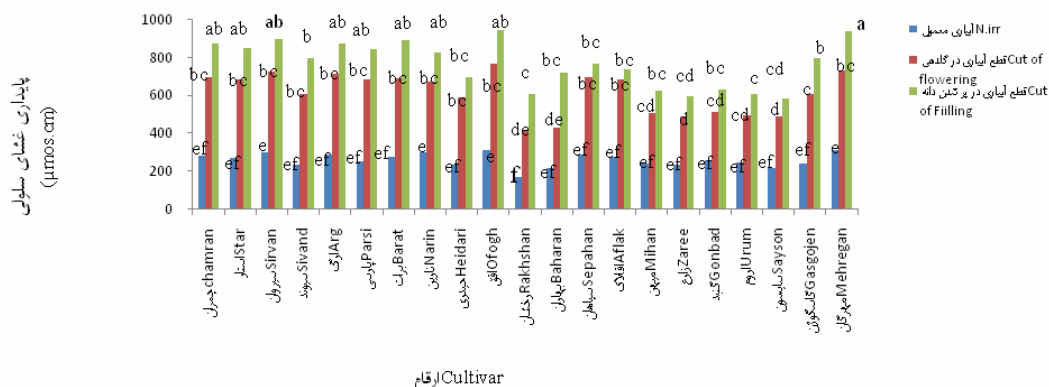
شکل ۵- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر دمای کانوپی گندم

Figure 5- Intraction effects of cut irrigation and cultivars on canopy temprature of wheat



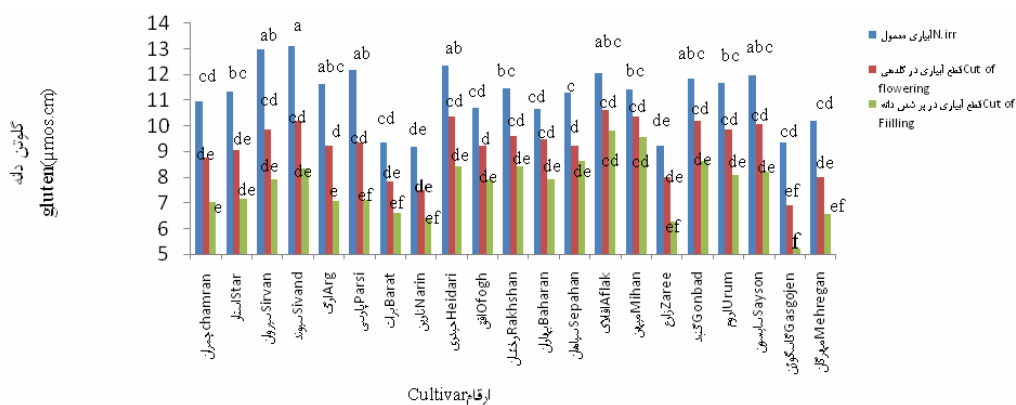
شکل ۶- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر پرولین برگ گندم

Figure 6- Intraction effects of cut irrigation and cultivars on leaf prolin content of wheat



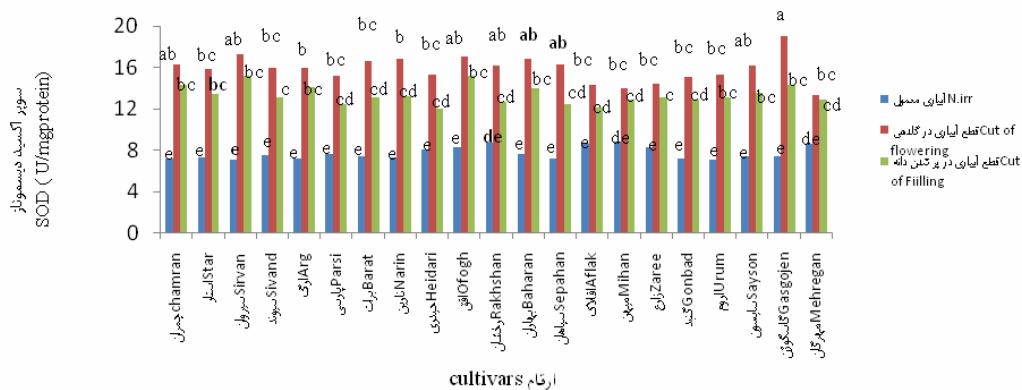
شکل ۷- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر پایداری غشای سلولی گندم

Figure 7- Intraction effects of cut irrigation and cultivars on cell membrane stability of wheat



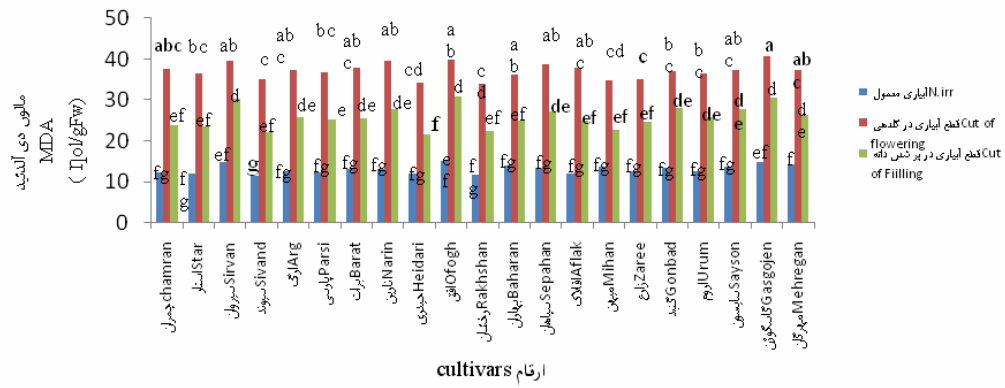
شکل ۸- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر گلوتن دانه گندم

Figure 8- Intraction effects of cut irrigation and cultivars on grain gluten of wheat



شکل ۹- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر میزان سوپراکسید دیسموتاز گندم

Figure 9- Intraction effects of cut irrigation and cultivars on SOD amount of wheat



شکل ۱۰- اثرات متقابل قطع آبیاری و ارقام بر میزان مالون در آلدئید گندم

Figure 10- Intraction effects of cut irrigation and cultivars on MDA amount of wheat

References

منابع مورد استفاده

- Aghaei SarBarzeh, M., and M. Roostae. 2009. Evaluation of advanced bread wheat genotypes under drought stress in temperate and cold regions. 10th Congress of Agriculture and Plant Breeding. Karaj. Iran. (In Persian).
- Ahmadi, A., M. Joudi, and M. Janmohammdi. 2009. Late defoliation and wheat yield: little evidence of post an thesis source limitation. *Field Crops Research*. 113: 90-93. doi:10.1016/j.fcr.2009.04.010.
- Ahmed, Z., E.A. Waraich, T. Ahmad, R. Ahmad, and M.I. Awan. 2015. Yield responses of maize as influenced by supplemental foliar applied phosphorus under drought stress. *International Journal of Food and Allied Sciences*. 1: 45-55. doi:10.21620/ijfaas.2015245-55.
- Ashraf, M., and P.J.C. Harris. 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica*. 51(2): 163-190. doi:10.1007/s11099-013-0021-6.
- Ashraf, M., N.A. Akram, F. Al-Qurainy, and M.R. Flood. 2011. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. *Advance Agronomy*. 111: 249-296. doi:10.1016/B978-0-12-387689-8.00002-3.
- Balota, M., W.A. Payne, S.R. Evett, and M.D. Lazar. 2007. Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Science*. 47:1518–1529. doi:10.2135/cropsci2006.06.0383.
- Ben Amor, N., A. Jimenez, W. Megdiche, M. Lundqvist, F. Sevilla, and C. Abdelly. 2007. Kinetics of the anti-oxidant response to salinity in the halophyte *Cakile maritime*. *Plant Biology*. 49: 982-992. doi:10.1111/j.1672-9072.2007.00491.x.
- Bewley, J.D. 2009. Physiological aspects of desiccation tolerance. *Annual Review of Plant Physiology*. 124: 321-329. doi:10.1146/annurev-arplant-070808-09464592.
- Blum, A. 2005. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*. 100:77-83. doi:10.1023/A:1018303922482.
- Chinnusamy, V. 2004. Use of genetic engineering and molecular biology approaches for crop improvement for stress environments. In: Abiotic stress: plant resistance through breeding and molecular approaches. Eds. Xiong, L. and J.K. Zhu. 47-107. Taylor and Francis Press, New York. doi:10.1201/9781482293609.
- Dastoor, A., R. Asghari, and H. Shahbazi. 2014. Evaluation of wheat genotypes for yield and grain-filling rate of wheat genotypes under non stress and post an thesis drought stress conditions. *Agro-Ecology*. 6(3):561-570. doi:10.22067/jag.v6i3.23874. (In Persian).
- Du, J.Z., and G. Wang. 2010. Effects of positive interactions, size symmetry of competition and abiotic stress on self-thinning in simulated plant populations. *Annals of Botany*. 106: 647-652. doi:10.1093/aob/mcq145.
- Eivazi, A., S. Abdollahi, H. Salekdeh, I. Majidi, A. Mohamadi, and B. Pirayeshfar. 2006. Effect of drought and salinity stress on quality related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Iranian Journal of Crop Science*. 7: 252-267. doi:10.22077/escs.2020.2202.1550. (In Persian).
- Esfandiari, E.A., M.R. Shakiba, S.A. Mahboob, H. Alyari, and S. Shahabivand. 2008. The effect of water stress on the antioxidant content, protective enzyme activities, proline content and lipid peroxidation in wheat seedling. *Pakistan Journal Biological Science*. 11: 1916- 1922. doi: 10.3923/pjbs.2008.1916.1922 .

- Farshadfar, E., and R. Amiri. 2016. Assessment of genetic diversity and estimation of genetic parameters for remobilization related traits of wheat under drought conditions. *Genetika*. 48: 139-149. doi: 10.2298/GENSR1601139F.
- Gallagher, J.N., P.V. Briscoe, and B.H. Inter. 2012. Effects of drought on grain growth. *Nature*. 332: 141-143. doi: 10.1038/264541a0.
- Ge, T.D., F.G. Sui, L.P. Bai, Y.Y. Lu, and G.S. Zhou. 2006. Effects of water stress on the protective enzyme activities and lipid peroxidation in roots and leaves of summer maize. *Agricultural Sciences in China*. 5: 101-105. doi: 10.3923/pjbs.2006.1916.1922.
- Gonzalez, A., V. Bermejo, and B.S. Gimeno. 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. *Journal of Agricultural Science*. 148: 319–328. doi:10.1017/S0021859610000031.
- Gooding, M.J., R.H. Ellis, P.R. Shewry, and J.D. Schofield. 2013. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of water wheat. *Journal of Cereal Science*. 37: 295-309. doi: 10.1006/jcrs.2013.0501].
- Guttieri, M.J., J.C. Stark, K. Brien, and E. Souza. 2006. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*. 41: 327-335. doi:10.2135/cropsci2006.412327x.
- Hong, Z., K. Lakkineni, Z. Zhang, and D.S. Verma. 2006. Removal of feedback inhibition of 1- pyrrolin -5-carboxylate synthetic results in increased proline accumulation and production of plant from osmotic stress. *Plant Physiology*. 122: 1129-1136. doi:10.1089/ars.2006.5074].
- Hui, J., D.T. Bo, J. Qi, J. Dong, and C.W. Xing. 2007. Effects of post-anthesis high temperature and water stress on activities of key regulatory enzymes involved in protein formation in two wheat cultivars. *Acta Agronomica Sinica*. 33(12): 2021-2027. doi:10.6048/j.issn.1001-4330.2007.02.002.
- Imam, Y. 2011. Cereal Agriculture, fourth edition. Shiraz University Press. Shiraz. doi:10.22067/jsw. V 0i0.43208. (In Persian).
- Irigoyen, J.J., D.W. Emerich, and M. Sanchez Diz. 1993. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in modulated of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Physiology a Plantarum*. 84: 55.60. doi:10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x.
- Izabela, M., C.M. Ilona, S. Edyta, F. Maria, G. Stanisław, and T.G. Maciej. 2013. Impact to osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in droughts useptible and drought-resistant wheat genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*. 35(2): 451-461. doi:10.1007/s11738-012-1088-6.
- Misra, HP., and I. Fridovich. 1972. The Generation of super oxide radical during oxidation. *Journal Biology Chemistry*. Volume 247, Issue 21, November 1972, Pages 6960-6962. doi:0.1016/S0021-9258(19)44679-6.
- Mittler, R. 2009. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 4(9):132-137. doi:10.1016/s1360-1385(02)02312-9.

- Moursi, M.A., and S.A. Salem. 2013. Effect of rates and methods of urea application chemical composition of maize. *Crop Absolute*. 61:12-14. doi:10.2174/1874331502014010036].
- Najafy, M. 2013. The role of amino acids in organic farming. doi:10.22067/ijpr.v1394i2.35619.
- Naseri, R., M. Barary, M.J. Zarea, K. Khavazi, and Z. Tahmasebi. 2016. Studying root morphological characteristics of seminal roots systems of durum and bread wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10 (2): 477-492. doi:10.22067/gsc.v17i1.69147. (In Persian).
- Nasri, M. 2004. Investigation of the interaction of nutrients and drought stress on physiological aspects of rapeseed lines and cultivars. PhD Thesis in Agriculture. Islamic Azad University, Science and Research Branch. Tehran. P200. (In Persian).
- Ozturk, A., and F. Aydin. 2014. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 231: 1092-1097. doi:10.1046/j.1439-037X.2003.00080.x.
- Pazoki, A.R. 2015. The effect of zeolite consumption on the amount of biomarkers of degradation, relative leaf water content, leakage of electrolytes and canola chlorophyll under low water stress conditions. *Journal of Crop Physiology*. 7(28): 841-847. doi:10.3923/jbs.2015.841.847. (In Persian).
- Pierre, C.S., J. Peterson, A. Rossa, J. Ohma, M. Verhoerena, M. Larsona, and B. Hoefera. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *Agronomy Journal*. 100: 414-420. doi:10.3390/agronomy8110257.
- Plaut, Z., B.J. Butow, C.S. Blumenthal, and C.W. Wrigley. 2014. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post anthesis water deficit and evaluated temperature. *Field Crop Research*. 86: 185-198. doi: 10.1016/j.fcr.2003.08.005.
- Poor Yusuf, M., and A.R. Yousefi. 2011. Investigation of the effect of row spacing on biomass and yield of wheat beech, The first national congress of modern agricultural sciences and technologies. (COI): MAST01_1154. doi:10.22077/escs.2011.1893.1457.
- Rezaeimoradali, M., A.R. Avazii, S. Mohammadi, and Sh. ShirAlizadeh. 2013. Effect of drought stress on dry matter remobilization and grain yield of winter bread wheat genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*. (3)15: 262-276. (In Persian). doi:10.22099/iar.2022.42353.1469.
- Ribaut, J.M., J. Betran, P. Monneveux, and T. Setter. 2012. Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J.L., S.C. Hake. (Eds.), *Handbook of Maize: Its Biology*. Springer, New York, pp. 11– 34. doi:10.1007/978-0-387-79418-1_16.
- Royo, C., M. Abaza, R. Blanco, and L.F. Garcia del Moral. 2010. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*. 69: 1051–1059. doi:10.1071/PP99113.
- Sairam, R.K., K.V. Rao, and G.C. Srivastava. 2003. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant

- activity and osmolyte concentration. *Plant Science*. 163(5): 1037-1046. doi:10.1590/1678-4685-GMB-2015-0109
- Sanchez-Rodriguez, E., M. Rubio-Wilhelmi, L.M. Cervilla, B. Blasco, J.J. Rios, M.A. Rosales, L. Romero, and J.M. Anduiz. 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*. 178:30–40. doi:10.1016/j.plantsci.2009.10.001.
 - Sankar, B., C. Abdul Jaleel, P. Manivannan, A. Kishore Kumar, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam. 2008. Relative efficiency of water use in five varieties of (*Abelmo schusculentus* L. Moench) under water limited conditions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 62: 125-129. doi:10.1016/j.colsurfb.2007.09.025. Epub 2008 Sep 29.
 - Sayre, K.D. 2009. Methods for estimating wheat yield components from hand harvest plots. Wheat Special report, CIMMYT press. doi:10.1017/S0014479711000809.
 - Siddique, K.H.M., and B.R. Whan. 2004. Ear: stem ratio in breeding population of wheat: significance for yield improvement. *Euphytica* .73:241-254. doi:10.1007/BF00036703.
 - Soleymani, A. 2016. Effect of drought stress on yield and yield components of wheat by ET-HS model. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 9(3):205-215. doi:10.22077/escs.2016.412.
 - Steven, A.K., and M.H. Joseph. 1978. Lipid peroxides in sample as measured by liquid chromatographic separation. *Elin. Chemistry*. 32: 217-220. doi:10.1016/0003-2697(83)90612-7].
 - Tabatabaei, A., O. Ansari. 2019. Evaluation of Germination and Biochemical Changes of Two Wheat (*Triticum aestivum*) Cultivars Under Pb (NO₃)₂ Stress. Volume 5, Issue 2. *Iranian Journal Seed Research*. 5(2): 15-28. doi:10.29252/yujs.5.2.15.
 - Tatar, Ö., H. Brück, and F. Asch. 2016. Photosynthesis and remobilization of dry matter in wheat as affected by progressive drought stress at stem elongation stage. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 202: 292-299. doi:10.3390/agronomy13020336.
 - Verma, K.K., M. Singh, R.K. Gupta, and C.I. Verma. 2014. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence, antioxidant enzyme and growth responses of *Jatropha cruce* during soil flooding. *Turkish Journal of Botany*. 38(1):130-140. doi:10.3906/bot-1212-32.
 - Vinocur, B., and A. Altman. 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current Opinion in Biotechnology*. 16: 123-132. doi:10.1016/j.copbio.2005.02.001.
 - Yoshiba, Y., T. Kiyosue, K. Nakashima, K. Kamayushi-Shino Zaki, and K. Shinozaki. 2009. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant and Cell Physiology*. 38: 1095-1102. doi: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a029093.
 - Zhou, J., L. Fang, X. Wang, L. Guo, and L. Huang. 2013. Effects of smoke-water on photosynthetic characteristics of *isatisindigotica* seedlings. *Sustainable Agriculture Research*. 2: 24-28. doi:10.5539/sar.v2n2p24.

Research Article

DOI:10.30495/JCEP.2023.1937295.1823

Comparison of Yield and some Physiological Characteristics of Wheat Cultivars under Cut Irrigation Levels in Shahriar Region

Reza Afsharianzadeh¹, Eslam Majidi Heravan^{2*}, Mohammad Nasri³, Hossein Heidari SharifAbad² and Ghorban Nour Mohammadi²

Received: August 2021 , Revised: 8 February 2022, Accepted: 14 April 2022

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of different levels of cut irrigation on yield and quantitative and qualitative characteristics of cultivars wheat in the crop year 2017-18 in Shahriar region. This research was carried out as split plots design a randomized complete block with two cut irrigation and cultivars factors in 63 treatments and three replications. The main factor of irrigation treatment in three levels including: normal irrigation I_0 , cut irrigation in flowering stage I_1 and cut irrigation in grain filling stage I_2 and cultivars in 21 levels as a sub-factor including: Chamran, star, Sirvan, Sivand, Arg, Parsi, Barat, Narin, Heidary, Ofogh, Rakhshan, Baharan, Sepahan, Aflak, Mihan, Zare, Gonhad, Orum, Saison, Gascogen and Mehregan. The results of analysis of variance showed that 1000-seed weight, grain yield, total yield, stomatal conductance, canopy temperature, leaf proline, cell membrane stability, grain gluten, SOD antioxidant enzyme and MDA degradation biomarker were affected by the main effects of irrigation levels and cultivars and interactions were significant at the level of 5% and 1%. The highest grain yield ($10857.2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), total yield ($44092.8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and stomatal conductance ($236.08 \text{ molH}_2\text{O}\cdot\text{m}_2\cdot\text{s}^{-1}$) were allocated to Normal irrigation and Rakhshan cultivar treatment. The lowest grain yield ($1467.9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), total yield ($11496.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and stomatal conductance ($44.81 \text{ mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}_2\cdot\text{s}$) were obtained from cut irrigation at flowering stage and Ofogh cultivar treatment. However cut irrigation treatment at flowering stage and Ofogh cultivar obtained the highest canopy temperature (19.827 C), proline leaf ($0.994 \mu\text{g}\cdot\text{gFw}^{-1}$) and the lowest canopy temperature (13.126 C), leaf proline ($0.416 \mu\text{g}\cdot\text{gFw}^{-1}$) and cell membrane stability ($171.14 \mu\text{mos}\cdot\text{cm}$) was observed from normal irrigation and Rakhshan cultivar treatment. The highest antioxidant enzyme superoxide dismutase SOD ($19.06 \text{ U}\cdot\text{mgprotein}^{-1}$) and MDA ($40.68 \text{ nmol}\cdot\text{gFw}^{-1}$) were achieved from cut irrigation at flowering stage and Gascogen cultivar treatment. The results showed that the tolerant cultivars were less affected by drought stress. And by less producing organic matter such as proline and degrading enzymes and biomarkers, they maintained their yield at an acceptable level.

Key words: Biochemical characteristics, Cultivars, Drought stress, Wheat, Yield.

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Varamin- Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

*Corresponding Author: majidi_e@yahoo.com