

بررسی صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم تحت سطوح مختلف نیتروژن و آبیاری

Evaluation of Wheat Cultivars for Physiological Traits under Different Levels of Nitrogen and Irrigation

حمزه فعله‌گری^۱، محمد اقبال قبادی^{۲*}، غلامرضا محمدی^۳ و سعید جلالی هنرمند^۴

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۹/۰۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و سطوح مختلف کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دو رقم گندم دیم، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری تکمیلی به‌عنوان فاکتور اصلی در ۴ سطح (دیم و آبیاری در مراحل غلاف رفتن، گرده‌افشانی و پرشدن دانه)، کود نیتروژن خالص به‌عنوان فاکتور فرعی در ۴ سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و دو رقم گندم دیم (سرداری و کراس البرز) در کرت فرعی فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تأثیر آبیاری تکمیلی، سطوح نیتروژن و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه با آبیاری تکمیلی در مراحل گرده‌افشانی و غلاف رفتن به ترتیب با ۳۶۲/۲ و ۳۵۲/۰ گرم در مترمربع به دست آمد. بیشترین میزان پروتئین دانه در شرایط شاهد (دیم) حاصل شد. با آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل b افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه (۳۳۷/۰ گرم در مترمربع) با اعمال ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. رقم کراس البرز عملکرد دانه و عملکرد پروتئین بیشتری نسبت به رقم سرداری داشت. با توجه به نتایج این آزمایش، اهمیت آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی و یا غلاف رفتن نسبت به دوره پرشدن دانه بیشتر بود. با آبیاری در این مراحل و همچنین با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، عملکرد دانه و شاخص‌های فیزیولوژیکی گندم افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، عملکرد، گرده‌افشانی، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیاران، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

Email: eghbalghobadi@yahoo.com

* نویسنده مسئول

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین غلات در دنیاست. تولید گندم در دیم‌زارها به‌وسیله عوامل مختلفی مثل رطوبت و تغذیه گیاهی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. آبیاری و نیتروژن عمده‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آیند. در این مناطق، آبیاری تکمیلی و نیتروژن باعث تولید عملکرد پایدار و رضایت‌بخش می‌شود (توکلی و اویس^۱، ۲۰۰۴). تأثیر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن به‌عنوان دو عامل مهم تولید مناطق خشک به‌وسیله محققین در مناطق مختلفی با دما و ارقام متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است (اوکانا^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). در مناطق با بارندگی کم، تنش خشکی تأثیری منفی بر رشد محصول و عملکرد آن دارد (چاوز^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). فررز و سوریانو^۴ (۲۰۰۷) گزارش کردند در شرایطی که آب کافی در دسترس نیست یک مرحله آبیاری و آن هم در زمان مناسب تأثیر بسزایی بر عملکرد گندم دارد. علاوه بر آبیاری و رطوبت خاک، نیتروژن نیز به‌عنوان فاکتور محدودکننده عملکرد گندم در مناطق دیم گزارش شده است. آبیاری در مرحله مناسب و به‌خصوص کود نیتروژنه به مقدار لازم با افزایش رشد رویشی و تداوم دوره فتوسنتزی برای مدت زمان بیشتری باعث حصول عملکرد مناسب می‌شوند (بوداکلی^۵ و همکاران، ۲۰۰۷). آبیاری، تغذیه با عناصر معدنی و اثر متقابل آنها برای افزایش عملکرد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در شرایط کم‌آبی افزایش میزان نیتروژن در دانه، میزان پروتئین دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد درحالی‌که آبیاری ممکن است میزان پروتئین دانه را به‌وسیله تولید کربوهیدرات‌ها کاهش دهد (گوتیری^۶ و همکاران، ۲۰۰۵).

در گندم، میزان پروتئین دانه نسبت به سایر اجزای عملکرد بیشتر تحت تأثیر اعمال نیتروژن قرار می‌گیرد (دوپونت^۷ و همکاران، ۲۰۰۳). پروتئین دانه و کیفیت نانوائی به میزان زیادی وابسته به عوامل ژنتیکی و محیطی است، از جمله عوامل محیطی می‌توان به خشکی و تنش گرمایی در طول دوره پر شدن دانه و فراهمی نیتروژن اشاره نمود (تیا^۸ و همکاران، ۲۰۰۴). رونگ هو^۹ و همکاران (۲۰۰۶) عنوان کردند که کلروفیل

را می‌توان به‌عنوان یک شاخص مطمئن برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی عنوان نمود. آشکارترین تأثیر غیرمستقیم خشکی بر رشد گیاه، کاهش رشد در نتیجه کاهش آب خاک است زیرا خشکی باعث کاهش پتانسیل آب می‌شود. به‌طور کلی، خاک خشک باعث تنش آب می‌شود و جذب آب را برای رشد مناسب گیاه مشکل می‌سازد.

بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک از قبیل توسعه برگ، باز شدن روزنه‌ها و فتوسنتز برگ به‌طور مستقیم تحت تأثیر کاهش پتانسیل آب برگ قرار می‌گیرند که با کاهش آب در برگ همراه است. کاهش جذب آب عمده‌ترین پاسخ گیاهان در معرض خشکی است (اوجیایی و ماتوه^{۱۰}، ۲۰۰۱). میزان آب نسبی برگ نسبت به پتانسیل آب شاخص بهتری از وضعیت آب گیاه است (صدیقی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۰). کمبود آب باعث کاهش میزان آب نسبی در برگ می‌شود (الباسینو و بختا^{۱۲}، ۲۰۰۵). اسچنفلد^{۱۳} و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که ارقام گندم با میزان آب نسبی برگ بیشتر مقاومت بالاتری به تنش خشکی داشتند (ژن ژو و ژن ون^{۱۴}، ۲۰۰۶).

فتوت^{۱۵} و همکاران (۲۰۰۷) عنوان کردند که تنش خشکی شدید میزان کلروفیل برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. تحت شرایط تنش خشکی میزان کلروفیل کل نسبت به شرایط مرطوب کاهش می‌یابد. گیاهان طی دوره خشکی فیزیولوژیک در پاسخ به تنش عناصر غذایی (به‌ویژه نیتروژن) متفاوتند. پتانسیل اسمزی پایین‌تر در پاسخ به تجمع مواد محلول اسمزی (اسمولیت‌ها) صورت می‌گیرد. پرولین از جمله مهم‌ترین اسمولیت‌های معمول در گیاهان تحت تنش و گیاهان مناطق خشک است (عزیز و خان^{۱۶}، ۲۰۰۳). پرولین در واکنش‌های بیوشیمیایی معمول گیاه تداخل ایجاد نمی‌کند و زنده‌مانی گیاه در شرایط خشکی را ممکن می‌سازد. تجمع پرولین پاسخ عمومی گیاه در محیط‌های تحت تنش از جمله پتانسیل آب پایین است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دو رقم گندم نان بود.

1. Tavakoli and Oweis
2. Ucana
3. Chaves
4. Fereres and Soriano
5. Budakli
6. Guttieri
7. Dupont
8. Tea
9. Rong Hua

10. Ochiai and Match
11. Siddique
12. El-bassiouny and Bekhetz
13. Schonfeld
14. Zhen-Zhu and Zhen-Wen
15. Fotovat
16. Aziz and Khan

جدول ۱: میانگین دمای حداکثر، حداقل و میزان بارش از مهر تا خرداد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷

Table 1: Mean of maximum (T_{max}) and minimum (T_{min}) air temperature and total rainfall from October, 2008 to June, 2009

ماه Month									پارامتر Parameter
خرداد Jun	اردیبهشت May	فروردین Apr	اسفند Mar	بهمن Feb	دی Jan	آذر Dec	آبان Nov	مهر Oct	
12.1	9.4	5.1	-5.2	-8.4	-13.3	-9.9	-2.2	3.8	دمای حداقل (سانتی‌گراد) T_{min} (°C)
32.5	27.5	21.6	20.0	17.8	15.1	16.6	27.6	32.5	دمای حداکثر (سانتی‌گراد) T_{max} (°C)
2.9	7.7	58.5	16.1	67.1	30.8	53.7	100.0	0.0	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)

مواد و روش‌ها

رسی بود. کود شیمیایی مصرفی براساس نتایج آزمون خاک به میزان ۵۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار بود که تمامی این مقادیر قبل از کاشت استفاده گردید. ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

هر کرت شامل ۶ خط ۵ متری به فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر و تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع بود. فاصله بین کرت‌های اصلی، فرعی و فرعی به ترتیب ۲ متر، ۱ متر و ۲۵ سانتی‌متر بودند. آب مورد نیاز هر کرت (آبیاری تکمیلی) با استفاده از پمپ و به میزان ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد (آلن^۵ و همکاران، ۱۹۹۸).

غلظت پروتئین نمونه‌ها با استفاده از روش برادفورد^۶ (۱۹۷۶) به دست آمد. بدین منظور، بافر تریس-HCL (۰/۰۵ مولار، $PH=7/5$) به نسبت ۳:۱ مورد استفاده قرار گرفت. پس از استخراج پروتئین در سردخانه با دمای ۴-۰ درجه سانتی‌گراد و سانتریفیوژ نمونه‌ها (۱۹۰۰۰ rpm، ۴۵ دقیقه، دمای ۴-۲ درجه سانتی‌گراد) انجام گرفت، محلول شناور برای سنجش غلظت پروتئین مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد پروتئین، با استفاده از فرمول زیر به دست آمد (خان^۷، ۲۰۰۲).

عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار) = پروتئین دانه (درصد) × عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

برای اندازه‌گیری و قرائت شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپید) از هر کرت ۵ برگ انتخاب شده و قرائت شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپید) از سه نقطه برگ پرچم انجام

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح دو بار خرد شده^۱ با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در ۴ سطح شامل دیم و آبیاری تکمیلی در مراحل غلاف رفتن^۲، گرده‌افشانی^۳ و پر شدن دانه^۴، کود نیتروژن خالص به عنوان فاکتور فرعی در ۴ سطح شامل صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و ارقام گندم نان به عنوان فاکتور فرعی شامل دو رقم سرداری و کراس البرز بودند. تاریخ کاشت ۲۷ آبان سال ۱۳۸۷ بود، برداشت نیز در تاریخ ۱ تیر ۱۳۸۸ انجام گرفت.

با توجه به متغیر بودن بارندگی و همچنین دما طی سال‌های مختلف، لذا آگاهی یافتن از میزان بارش رخ داده طی سال زراعی ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین مشخصات هواشناسی محل آزمایش از نظر دما و بارندگی در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در جدول ۱ آمده است. میزان بارندگی در این سال زراعی ۳۳۶ میلی‌متر بود که از میانگین بلندمدت (۴۴۵)، ۱۰۰ میلی‌متر کمتر است. دمای حداقل (۱۱/۶-) درجه سانتی‌گراد) بیشتر از میانگین بلندمدت (۱۳/۳-) و دمای حداکثر (۴۲/۱) درجه سانتی‌گراد) نیز از میانگین بلندمدت (۴۱/۴) بیشتر بود.

این دو رقم، کشت غالب گندم دیم منطقه هستند. مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش بود. خاک مزرعه دارای بافت لوم

1. Split split plot
2. Boot stage
3. Anthesis stage
4. Grain filling

5. Allen
6. Bradford
7. Khan

گرفت. از اعداد به دست آمده از هر کرت میانگین گرفته شد و عدد حاصل برای آن کرت در نظر گرفته شد.

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2: Physicochemical properties of the soil

اسیدیته	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	بافت Texture
PH	OC (%)	Total N (%)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	K ₂ O (mg kg ⁻¹)	
7.0	0.5	0.12	8.0	370	لوم رسی Loam - Clay

اندازه‌گیری پرولین در طول موج ۵۲۰ nm با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a, b و کلروفیل کل ۰/۵ گرم از وزن تازه برگ به همراه استون ۸۰ درصد به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس نمونه‌ها سانتریفیوژ شدند، نمونه به دست آمده دوباره با استفاده از استون ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس میزان جذب نور توسط عصاره استخراج شده با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین شد (دوپت و مانوئل، ۲۰۰۲).

تجزیه داده‌های آزمایش پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها، یکنواختی واریانس‌ها و اثر غیر افزایشی تکرار و تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و SAS تجزیه شد و مقایسات میانگین به روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که زمان آبیاری تکمیلی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، غلظت پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، میزان آب نسبی برگ و کلروفیل b داشت. اثر نیتروژن بر عملکرد دانه، غلظت پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، میزان آب نسبی برگ، شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپد) و غلظت پروتئین معنی‌دار شد. اختلاف بین دراقام بر صفات عملکرد دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار شد (جدول ۳).

برای اندازه‌گیری محتوی آب نسبی برگ ۰/۵ گرم از جوان‌ترین برگ توسعه یافته هر گیاه (FW) جدا شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت روی آب مقطر شناور شدند. بعد از این مدت زمان آب‌گیری، قطعات برگ بلافاصله وزن شدند تا وزن در هنگام تورژسانس (TW) به دست آید. پس از آن قطعات برگ در آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند تا وزن خشک ثابت (DW) به دست آید. میزان آب نسبی برگ (RWC) از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (دوپت و مانوئل، ۲۰۰۲).

$$RWC(\%) = \left[\frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \right] \times 100$$

برای اندازه‌گیری پرولین از روش بی‌تس و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شده، به این منظور در مرحله گلدهی تعداد ۵ برگ از هر کرت در هر تکرار را جمع‌آوری کرده به مدت ۴۸ ساعت در داخل آن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود. بعد از آن که وزن خشک برگ‌ها ثبت شد، با هاون برگ‌ها را پودر کرده، ۰/۱ گرم از پودر را داخل لوله آزمایش ریخته روی آن ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوسالیسیلیک (SSA) ۳٪ اضافه نموده، بعد از ۴۸ ساعت نمونه‌ها را با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف کرده و محلول‌ها صاف شد. برای اندازه‌گیری پرولین استفاده شد. یک میلی‌لیتر از محلول هر نمونه را در لوله آزمایش ریخته و به آن یک میلی‌لیتر اسید استیک گلیسیال و یک میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین اضافه می‌گردد، سپس لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در بن‌ماری جوشان ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده، تا زمانی که رنگ آجری تولید شده تثبیت گردد. سپس لوله‌ها را بلافاصله در آب یخ قرار داده تا واکنش‌ها سریعاً متوقف شوند. در ادامه به هر لوله ۲ میلی‌لیتر تولوئن افزوده و محتویات لوله به وسیله دستگاه ورتکس به هم زده شده تا یک مایع با دو فاز تشکیل شود، پرولین در مایع یاد شده تغییر رنگ داده متمایل به قرمز شده و در سطح بالایی آن جمع می‌گردد. از فاز قرمز رنگ بخش بالایی محلول جهت

جدول ۳: تجزیه واریانس عملکرد دانه، غلظت پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، محتوای آب نسبی برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، شاخص کلروفیل (عدد اسپد) و غلظت پرولین

Table 3: Analysis of variance on grain yield (GY), grain protein content (GPC), protein yield (PY), relative water content (RWC), Chlorophyll a (Chl a), Chlorophyll b (Chl b), Chlorophyll index (SPAD No.) and proline content (PC)

غلظت پرولین PC	شاخص کلروفیل (عدد اسپد) Chlorophyll index (SPAD No.)	کلروفیل b Chl. b	کلروفیل a Chl. a	محتوای آب نسبی برگ RWC	عملکرد پروتئین PY	غلظت پروتئین دانه GPC	عملکرد دانه GY	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variations
0.001 ^{ns}	1005.3 ^{**}	0.17 ^{ns}	0.001 ^{ns}	2567.7 ^{**}	163611.3 ^{**}	0.43 ^{**}	51102.4 ^{**}	3	آبیاری تکمیلی Supplemental Irrigation (I)
0.001	80.45	0.05	0.002	28.57	8890.1	0.01	2651.1	6	خطا Error a
0.002 ^{**}	4.01 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.002 ^{ns}	60.9 ^{ns}	29376.7 ^{ns}	0.04 ^{**}	5419.0 [*]	3	نیتروژن Nitrogen (N)
0.002 ^{**}	3.50 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.003 ^{**}	6837.2 [*]	34795.5 [*]	0.12 ^{**}	6837.2 [*]	9	آبیاری تکمیلی × نیتروژن I×N
0.0001	2.90	0.08	0.003	21.19	11759.7	0.01	2620.0	24	خطا Error b
0.0001 ^{ns}	13.95 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.044 ^{ns}	5.34 ^{ns}	188764.2 ^{**}	0.00 ^{ns}	40303.0 ^{**}	1	رقم Cultivar (C)
0.0001 ^{ns}	2.45 ^{ns}	0.18 ^{**}	0.001 ^{ns}	6.84 ^{ns}	15857.7 ^{ns}	0.07 ^{**}	3375.9 ^{ns}	3	آبیاری تکمیلی × رقم I×C
0.0001 ^{ns}	6.23 ^{**}	0.14 ^{**}	0.002 [*]	39.43 ^{ns}	1490.1 ^{ns}	0.04 [*]	802.2 ^{ns}	3	نیتروژن × رقم N×C
0.002 ^{ns}	1.42 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.007 ^{ns}	84.08 ^{**}	14083.3 ^{ns}	0.15 ^{**}	1040.0 ^{ns}	9	آبیاری تکمیلی × نیتروژن × رقم I×N×C
0.0001	2.14	0.03	0.015	17.93	13179.8	0.01	2694.3	32	خطا Error c
19.40	3.02	19.33	3.76	7.86	16.84	4.28	16.35	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: non significant and significant at the levels 5 and 1 percent probably, respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری تکمیلی، مقادیر کود نیتروژنه و ارقام گندم بر عملکرد دانه، غلظت پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، میزان آب نسبی برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپد) و غلظت پرولین

Table 4: Mean comparison of the effect of supplemental irrigation time, nitrogen and cultivars on grain yield (GY), grain protein content (GPC), protein yield (PY), relative water content (RWC), Chlorophyll a (Chl a), Chlorophyll b (Chl b), Chlorophyll index (SPAD No.) and proline content (PC)

تیمارها Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) GY (kg ha ⁻¹)	غلظت پروتئین دانه (میلی گرم در میلی لیتر) GPC (mg ml ⁻¹)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) PY (kg ha ⁻¹)	محتوای آب نسبی برگ (درصد) RWC (%)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) Chl a (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) Chl b (mg g ⁻¹ FW)	شاخص کلروفیل (عدد اسپد) Chlorophyll index (SPAD No.)	غلظت پرولین PC
شاهد Control	2724 ^b	2.35 ^a	590.8 ^b	42.83 ^b	0.78 ^a	38.87 ^b	0.87 ^a	0.030 ^a
زمان آبیاری شکم خوش Booting	3532 ^a	2.18 ^b	770.2 ^a	62.71 ^a	0.79 ^a	51.82 ^a	0.91 ^a	0.030 ^a
تکمیلی گرده افشانی Anthesis	3610 ^a	2.04 ^c	729.6 ^a	65.67 ^a	0.78 ^a	52.98 ^a	0.94 ^a	0.030 ^a
Supplemental irrigation time	2832 ^b	2.09 ^c	636.4 ^b	62.33 ^a	0.77 ^a	49.89 ^a	0.75 ^a	0.030 ^a
نیتروژن پرشدن دانه Grain filling	3229 ^b	2.15 ^b	690.5 ^a	58.38 ^a	0.79 ^a	48.40 ^a	0.78 ^b	0.030 ^{ab}
0	3350 ^a	2.16 ^b	718.5 ^a	60.08 ^a	0.79 ^a	48.25 ^a	0.89 ^{ab}	0.035 ^a
50	3019 ^c	2.12 ^b	634.4 ^a	56.79 ^a	0.76 ^a	47.96 ^a	0.96 ^a	0.028 ^b
100	3103 ^c	2.21 ^a	583.4 ^a	58.29 ^a	0.78 ^a	48.94 ^a	0.84 ^{ab}	0.036 ^a
150								
رقم گندم سرداری Sardari	2962 ^b	2.16 ^a	637.4 ^b	58.48 ^a	0.78 ^a	48.01 ^a	0.88 ^a	0.030 ^a
Wheat cultivars	3378 ^a	2.16 ^a	726.1 ^a	58.79 ^a	0.78 ^a	48.77 ^a	0.85 ^a	0.030 ^a
Cross alborz								

میانگین‌های هر ستون (بین دو خط افقی) با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نیستند

Means within each column (between two horizontal lines) with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (alpha = 0.05)

به خصوص برگ پرچم سبز هستند و در شرایط رطوبت کافی (آبیاری تکمیلی) می‌توانند فتوسنتز بیشتری داشته باشند و مواد بیشتری را به طرف دانه‌های در حال پرشدن منتقل کنند. بیشترین غلظت پروتئین دانه در شرایط دیم به دست آمد، در این شرایط با کوتاه شدن دوره پرشدن دانه بر سرعت آن افزوده می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود که غلظت پروتئین دانه بیشتر باشد (جدول ۴). نتایج نشان داد که آبیاری تکمیلی (در مراحل آبستنی، گرده افشانی و پر شدن دانه) میزان آب نسبی برگ و کلروفیل b را افزایش می‌دهد. این نتایج با یافته‌های الباسینو و بختا (2005) و ژن ژو و ژن ون (2006) مطابقت دارد. ال طیب^۳ (2006) گزارش کرد که در ارقام حساس‌تر به خشکی، نسبت کلروفیل a/b با اعمال خشکی افزایش می‌یابد. با اعمال آبیاری تکمیلی (آبستنی، گرده افشانی و پر شدن دانه) RWC نسبت به شرایط شاهد (دیم) بیشتر بود (جدول ۴). در آزمایشی که نمونه برداری‌ها به ترتیب ۱۴ و ۲۱ روز پس از گرده افشانی انجام شد، در تیمار ۱۴ روز پس از گرده افشانی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین زمان آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه، غلظت پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، میزان آب نسبی برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپد) و غلظت پرولین در جدول ۴ نشان داده شده است. بررسی اثر زمان‌های مختلف آبیاری تکمیلی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله ظهور سنبله و حداقل عملکرد در شرایط دیم (شاهد) به دست آمد (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های توکلی و اویس^۱ (2004) که آبیاری تکمیلی در زمان‌های ظهور سنبله و پر شدن دانه و کودهای نیتروژنه صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار را مورد بررسی قرار داده بودند مطابقت دارد. آبیاری در مرحله گرده افشانی باعث بقاء دانه‌های گرده و جلوگیری از سقط جنین و گرده افشانی موفق می‌شود. تینگ لو^۲ و همکاران (2005) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. همچنین در این مرحله برگ‌های بالایی بوته و

1. Tavakoli and Oweis
2. Tinglu

نقش بارز و تعیین کننده‌ای دارد. سینکسر و جمیسن^۹ (2006) بیان کردند که عملکرد دانه به واسطه تأمین منابع در طول فصل رشد به شدت محدود می‌شود.

بیشترین غلظت پروتئین دانه در تیمار دیم (شاهد) و کود نیتروژنه ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که در شرایط دیم به دلیل عملکرد پایین تر انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه کاهش می‌یابد و درصد انتقال نیتروژن به دانه بیشتر است (هدایی^{۱۰} و همکاران، 2006). حداکثر عملکرد پروتئین با آبیاری در مرحله آبستنی و عدم اعمال نیتروژن به دست آمد. بیشترین میزان RWC در اثر متقابل آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و کود ۵۰ کیلوگرم بود و کمترین میزان RWC در اثر متقابل شاهد و کود ۱۵۰ کیلوگرم به دست آمد. به طور کلی تنش خشکی باعث کاهش میزان آب نسبی در گندم می‌شود (اکرم^{۱۱}، 2011؛ خاکونی^{۱۲}، 2011؛ الباسینو و بختا، 2005).

تیمار شاهد (دیم) دارای کمترین میزان RWC بود که با نتایج کار حاضر مطابقت دارد (ژن ژو و ژن ون، 2006).

با افزایش میزان نیتروژن تا ۵۰ کیلوگرم عملکرد افزایش پیدا کرده اما در مقادیر بالاتر از این مقدار از عملکرد گندم کاسته شده است (جدول ۴). گزارش تحقیقات *آنالقی*^۱ و همکاران (2006) نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن در شرایط دیم نسبت به عدم استفاده از آن باعث افزایش عملکرد دانه گندم شده است. ولی مقدار مصرف آن به طور واضح و دقیق مشخص نشده است. در همین زمینه *آنالقی* و همکاران (2006) با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار، *توکلی و اویس*^۲ (2004) / *اویس*^۳ و همکاران (1999) با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار، *ساندو و سیدو*^۴ (1996) با اعمال ۸۰ کیلوگرم در هکتار *شکوف و امام*^۵ (2008) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم حداکثر عملکرد دانه گندم را در شرایط دیم به دست آورده‌اند. در این آزمایش به نظر می‌رسد که نیاز نیتروژنی گیاه در سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تأمین شده و افزایش بعدی نیتروژن با توجه به شرایط محیطی منطقه باعث کاهش عملکرد شده است. بیشترین وزن هزار دانه در کود نیتروژن ۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج نشان داد که با اعمال نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپد) افزایش یافت. نتایج مشابهی توسط *تامبوسی*^۶ و همکاران (2000) گزارش شد.

عملکرد دانه در رقم کراس البرز (۳۳۷۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به رقم سرداری (۲۹۶۲ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود (جدول ۴). *اشرف*^۷ و همکاران (2002) و *آرئوس*^۸ و همکاران (2008) با استفاده از ارقام متفاوت، نتایج مشابهی به دست آورده‌اند.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری تکمیلی و مقادیر کود نیتروژنه بر عملکرد دانه، غلظت پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، میزان آب نسبی برگ، کلروفیل a و غلظت پرولین در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با آبیاری تکمیلی در مراحل گرده‌افشانی و اعمال ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عملکرد دانه افزایش یافته است. البته لازم به ذکر است که اهمیت و اثرات آب از کود بیشتر است، زیرا کود نسبت به آب ارزانتر و قابل دسترس تر است. همچنین در بین عوامل مؤثر بر تولیدات زراعی، آب (ناشی از بارندگی و آبیاری)

1. Anagholi
2. Tavakoli and Oweis
3. Oweis
4. Sandhu and Sidhu
5. Shekoofa and Emam
6. Tambussi
7. Ashraf
8. Araus

9. Sinclair and Jamieson,
10. Ehdai
11. Akram
12. Khakwani

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری تکمیلی و مقادیر کود نیتروژنه بر عملکرد دانه، غلظت پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، میزان آب نسبی برگ، کلروفیل a و غلظت پرولین

Table 5: Mean comparison of interaction of supplemental irrigation time and nitrogen fertilizer on grain yield (GY), grain protein content (GPC), protein yield (PY), relative water content (RWC), Chlorophyll a (Chl a), Chlorophyll b (Chl b), Chlorophyll index (SPAD No.) and proline content (PC)

غلظت پرولین PC	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) Chl a (mg g ⁻¹ FW)	محتوای آب نسبی برگ (درصد) RWC (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) PY (kg ha ⁻¹)	غلظت پروتئین دانه (میلی لیتر) GPC (mg ml ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) GY (kg ha ⁻¹)	تیمارها Treatments	
						نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg ha ⁻¹)	زمان آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation time
3.24 ^{c-f}	0.79 ^a	43.50 ^g	617.7 ^{cd}	2.27 ^{bc}	2715 ^{ef}	0	شاهد Control (non irrigation)
4.14 ^{ab}	0.78 ^a	41.83 ^g	667.5 ^{cd}	2.34 ^{ab}	2831 ^{def}	50	
3.32 ^{c-f}	0.77 ^{ab}	45.00 ^g	671.3 ^{cd}	2.34 ^{ab}	2868 ^{def}	100	
3.64 ^{b-e}	0.77 ^{ab}	40.53 ^g	589.1 ^{cd}	2.42 ^a	2464 ^f	150	شکم خوش Booting
3.01 ^{ef}	0.78 ^a	61.00 ^{c-f}	863.2 ^a	2.30 ^{bc}	3768 ^{ab}	0	
3.60 ^{b-e}	0.78 ^a	64.50 ^{a-d}	716.4 ^{bc}	2.09 ^{ef}	3443 ^{bcd}	50	
2.78 ^f	0.79 ^a	57.67 ^f	647.9 ^{cd}	1.95 ^{hi}	3329 ^{b-e}	100	گرده افشانی Anthesis
4.67 ^a	0.77 ^{ab}	67.17 ^{ab}	853.4 ^{ab}	2.37 ^{ab}	3591 ^{abc}	150	
3.52 ^{b-f}	0.79 ^a	66.83 ^{abc}	720.3 ^{bc}	1.91 ⁱ	3768 ^{ab}	0	
4.01 ^{abc}	0.77 ^{ab}	70.67 ^a	849.7 ^{ab}	2.01 ^{gh}	4244 ^a	50	پرشدن دانه Grain filling
3.39 ^{b-f}	0.78 ^a	63.50 ^{b-f}	628.2 ^{cd}	2.21 ^{cd}	2848 ^{def}	100	
3.38 ^{b-f}	0.79 ^a	60.00 ^{def}	720.3 ^{bc}	2.02 ^{e-h}	3580 ^{abc}	150	
3.56 ^{b-f}	0.78 ^a	62.50 ^{b-f}	561.5 ^d	2.12 ^{de}	2658 ^{ef}	0	پرشدن دانه Grain filling
3.18 ^{def}	0.79 ^a	64.00 ^{b-e}	640.9 ^{cd}	2.21 ^{cd}	2903 ^{def}	50	
3.08 ^{def}	0.71 ^b	58.33 ^{ef}	590.5 ^{cd}	1.97 ^{ghi}	3003 ^{c-f}	100	
3.87 ^{bcd}	0.79 ^a	64.50 ^{a-d}	570.9 ^{cd}	2.06 ^{efg}	2765 ^{def}	150	

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نیستند
Means within each column with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (alpha = 0.05)

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری تکمیلی و رقم گندم بر غلظت پروتئین دانه و کلروفیل b

Table 6: Mean comparison of the interaction between supplemental irrigation time × wheat cultivars on grain protein content (GPC) and Chlorophyll b (Chl b)

کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) Chl b (mg g ⁻¹ FW)	غلظت پروتئین دانه (میلی گرم در میلی لیتر) GPC (mg ml ⁻¹)	تیمارها Treatments	
		رقم گندم Wheat cultivars	زمان آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation time
0.80 ^a	2.33 ^a	سرداری Sardari	شاهد (بدون آبیاری) Control (non irrigation)
0.95 ^a	2.21 ^b	کراس البرز Cross alborz	
0.91 ^a	2.10 ^{cd}	سرداری Sardari	
0.91 ^a	2.02 ^{de}	کراس البرز Cross alborz	شکم خوش Booting
0.95 ^a	2.36 ^a	سرداری Sardari	گرده افشانی Anthesis
0.93 ^a	2.15 ^{bc}	کراس البرز Cross alborz	
0.88 ^a	2.00 ^e	سرداری Sardari	
0.61 ^b	2.15 ^{bc}	کراس البرز Cross alborz	پرشدن دانه Grain filling

میانگین هر ستون با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نیستند
Means within each column with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (alpha = 0.05)

جدول ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل رقم گندم و کود نیتروژن بر غلظت پروتئین دانه، کلروفیل b و شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپد)

Table 7: Mean comparison of interaction of varieties × nitrogen fertilizer on grain protein content (GPC), Chlorophyll b (Chl b), Chlorophyll index (SPAD No.)

شاخص کلروفیل (عدد اسپد) Chlorophyll index (SPAD No.)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) Chl. b (mg g ⁻¹ FW)	غلظت پروتئین دانه (میلی گرم در میلی لیتر) GPC (mg ml ⁻¹)	تیمارها Treatments	
			رقم گندم Wheat cultivars	کود نیتروژن Nitrogen (kg ha ⁻¹)
48.14 ^a	0.86 ^{bc}	2.11 ^{cd}	سرداری Sardari	0
46.54 ^{bc}	0.90 ^b	2.14 ^{bcd}	کراس البرز Cross alborz	
47.56 ^{ab}	0.71 ^c	2.16 ^{abc}	سرداری Sardari	50
45.81 ^c	1.06 ^a	2.23 ^a	کراس البرز Cross alborz	
45.94 ^c	0.82 ^{bc}	2.20 ^{ab}	سرداری Sardari	100
45.98 ^c	0.87 ^b	2.18 ^{abc}	کراس البرز Cross alborz	
46.06 ^c	0.86 ^{bc}	2.10 ^d	سرداری Sardari	150
47.84 ^a	0.85 ^{bc}	2.20 ^{ab}	کراس البرز Cross alborz	

میانگین هر ستون با حروف مشابه دارای اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نیستند
Means within each column with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (alpha = 0.05)

اثر متقابل آبیاری تکمیلی و رقم گندم در جدول ۶ آمده است. بالاترین میزان غلظت پروتئین دانه در آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی با رقم سرداری بود که با اثر متقابل شاهد و رقم سرداری اختلاف معنی داری نداشت. به نظر می‌رسد که آبیاری در این مرحله در مقایسه با مراحل انتهایی تر مانند گرده‌افشانی و پر شدن دانه کمک بیشتری به بقای پنجه‌های تولید شده می‌کند.

نتایج مقایسه میانگین حاصل از اثر متقابل ارقام گندم و کود نیتروژن بر غلظت پروتئین دانه، کلروفیل b و شاخص کلروفیل (به صورت عدد اسپد) در جدول ۷ نشان داده شده است. با اعمال کود نسبت به شرایط دیم میزان پروتئین دانه به‌طور معنی داری بیشتر از شرایط دیم و در هر دو رقم بود. بیشترین میزان کلروفیل b در رقم کراس البرز و کود نیتروژن ۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر که در شرایط خاص بارندگی (از نظر پراکنش) و دمایی به دست آمده، به نظر می‌رسد در منطقه و شرایط مشابه با محل آزمایش، آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی و یا غلاف رفتن بهتر از دوره پر شدن دانه بر افزایش

حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند (محسن‌زاده^۱ و همکاران، ۲۰۰۶؛ الله‌وردیف^۲، ۲۰۱۵). تنش خشکی مجموع غلظت این دو نوع کلروفیل را در ارقام حساس ۴۷ درصد و در ارقام متحمل ۳۲ درصد کاهش داد (شرف و همکاران، ۱۹۹۴؛ نجوم^۳ و همکاران، ۲۰۱۱). فرشادفر^۴ و همکاران (۲۰۰۸) بین مقادیر کلروفیل‌های a و b و کل رابطه‌ی معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی مشاهده نکردند. بیشترین غلظت پرولین با آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. غلظت پرولین تحت شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌عنوان معیاری برای عملکرد دانه و نه پایداری عملکرد و تحمل به تنش به حساب آید. تجمع پرولین تحت شرایط تنش خشکی در بافت‌ها و یا گیاهان مختلف گزارش شده است (شان^۵ و همکاران، ۲۰۱۲؛ هاسگاوا^۶ و همکاران، ۲۰۰۰؛ هاره و کرس^۷، ۱۹۹۷).

1. Mohsenzadeh
2. Allahverdiyev
3. Anjum
4. Farshadfar
5. Shan
6. Hasegawa
7. Hare and Cress

نیاز غذایی ارقام و همچنین ماهیت دیم بودن آنها عملکرد کاهش پیدا کرد. با افزایش سطوح نیتروژن، غلظت پروتئین دانه نیز افزایش پیدا نمود، در مورد اختلاف بین ارقام، رقم کراس البرز عملکرد دانه و عملکرد پروتئین بیشتری نسبت به رقم سرداری تولید کرد.

عملکرد دانه و شاخص های فیزیولوژیک مؤثر باشد. براساس یافته های تحقیق حاضر، مشخص گردید که بیشترین میزان پروتئین دانه در شرایط دیم (شاهد) بود. با اعمال آبیاری تکمیلی میران آب نسبی برگ و کلروفیل b افزایش یافت. در این آزمایش عملکرد دانه با اعمال نیتروژن تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، اما پس از آن و با توجه برطرف شدن

- Akram, M. 2011. Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stages. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 36 (3): 455-468.
- Allahverdiyev, T. 2015. Effect of drought stress on some physiological traits of durum (*Triticum durum* Desf.) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheat genotypes. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 11 (1): 29-38.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Paper 56 FAO Rome Italy.
- Anagholi, A., Kashiri, M., Ezatahmadi, M. and Zeinali, E. 2006. Influence of the amount and time of nitrogen application on yield and yield components in wheat (cv. Zagroos) under rainfed condition. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13 (3): 69-75.
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Salem, M. F. and Lei, W. 2011 Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, 6 (9): 2026- 2032.
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P. and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? Annals Botany, 89 (7): 925-940.
- Ashraf, M., Ghafoor, A., Khan, N. A. and Yousaf, M. 2002. Path coefficient in wheat under rain fed conditions. Pakistan Journal of Agricultural Research, 17: 1-6.
- Ashraf, M. Y., Azimi, A. R., Khan, A. H. and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress and total phenols, peroxide activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologia Plantarum, 16 (3): 185-191.
- Aziz, I. and Khan, M. A. 2003. Proline water status of some desert shrubs before after rains. Pakistan Journal of Botany, 35: 911-915.
- Bates, I. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein - dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.
- Budakli, E., Celik, N., Turk, M., Bayram, G. and Tas, B. 2007. Effect of post anthesis drought stress on the stem-reserve mobilization supporting grain filling of two-rowed barely cultivars at different levels of nitrogen. Journal of Biological Sciences, 7 (6): 949-953.
- Chaves, M. M. and Oliveira, M. M. 2002. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. Journal of Experimental Botany, 55: 2365-2384.
- Dhopte, A. M. and Manuel, L. M. 2002. Principles and techniques for plant scientists. 1st Ed., Updesh Purohit for Agrobios (India), Jodhpur, pp. 373.
- Dupont, F. M. and Altenbach, S. B. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. Journal of Cereal Science, 38: 133-146.
- Ehdaie, B., Alloush, A., Madore, M. A. and Waines, G. 2006. Genetic variation for stem reserves and mobilization in wheat: 11. Postanthesis changes in internode water soluble carbohydrates. Crop Science, 46: 2093-2103.
- El-Tayeb, M. A. 2006. Differential response of two *Vicia faba* cultivars to drought: Growth, pigments, lipid, peroxidation, organic solutes, catalase, and peroxidase activity. Acta Agronomica Hungarica, 54: 25-37
- El-bassiouny, H. S. and Bekheta, M. A. 2005. Effect of salt stress on relative water content, lipid peroxidation, polyamines, amino acids and ethylene of two wheat cultivars. International Journal of Agriculture and Biology, 7 (3): 363-368.
- Farshadfar, E., Ghasempour, H. and Vaezi, H. 2008. Molecular aspects of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 11 (1): 118-121.
- Fereres, E. and Soriano, M. A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, 58 (2): 147-159.
- Fotovat, R., Valizadeh, M. and Toorchi, M. 2007. Association between water-use efficiency components and total chlorophyll content (SPAD) in wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and drought stress conditions. Journal of Food, Agriculture and Environment, 5: 225-227.
- Guttierrri, M. J., McLean, R., Stark, J. C. and Souza, E. 2005. Managing irrigation and nitrogen fertility of hard spring wheat's for optimum bread and noodle quality. Crop Science, 45: 1049-1059.
- Hare, P. D. and Cress, W. A. 1997. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. Plant Growth Regulation, 21: 79-102.
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K. and Bohnert, H. J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology: 51: 463-499.
- Khakwani, A. A., Denet, M. D. and Munir, M. 2011. Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 33 (2): 135-142.
- Khan, D. F., Peoples, M. B., Chalk, P. M. and Herridge, D. F. 2002. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. A comparison of ¹⁵N and non-isotopic methods. Plant and Soil, 239: 277-289.
- Mohsenzadeh, S., Maloobi, M. A., Razavi, K. and Farrahi-Aschtiani, S. 2006. Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. Environment and Experimental Botany, 56: 314-322.
- Ochiai, K. and Matoh, T. 2001. Mechanism of salt tolerance in the grass species, *Anneurolepidium chinense*. I. Growth response to salinity and osmotic adjustment. Soil Science and Plant Nutrition, 47 (3): 579-585.

- Oweis, T., Hachum, A. and Kijne, J. 1999. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas. System-Wide Initiative on Water Management. Paper 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Rong-Hua, L., Pei-guo, G., Baum, M., Gro, S. and Ceccarelli, S. 2006. Evaluation of chlorophyll content fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agricultural Sciences in China*, 5 (10): 751-757.
- Sandhu, K. S. and Sidhu, A. S. 1996. Response of dryland wheat to supplemental irrigation and rate and method of N application. *Fertilizer Research*, 45: 135-142.
- Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*, 28 (3): 526-531.
- Shan, C. J., Tang, Y. X., Yang, W. P., Zhao, X. L., Ren, X. J. and Li, Y. Z. 2012. Comparison of photosynthetic characteristics of four wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes during jointing stage under drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 7 (8): 1289-1295.
- Shekoofa, A. and Emam, Y. 2008. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 10: 101-108.
- Siddique, M. R. B., Hamid, A. and Islam, M. S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin- Academia Sinica*, 41: 35-39.
- Sinclair, T. R. and Jamieson, P. D. 2006. Grain number, wheat yield, and bottling beer: an analysis. *Field Crops Research*, 98: 60-67.
- Tambussi, E. A., Bartoli, C. G., Beltrano, J., Guiamet, J. J. and Araus, J. L. 2000. Oxidative damage to thylakoid protein in water-stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiologia Plantarum*, 108 (4): 398-404.
- Tatar, O. and Gevrek, M. N. 2008. Influence of water stress on proline accumulation, lipid peroxidation and water content of wheat. *Asian Journal of Plant Science*, 7 (4): 409-412.
- Tavakoli, A. R. and Oweis, T. 2004. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agriculture Water Management*, 65 (3): 225-236.
- Tea, I., Genter, T., Nault, N., Boyer, V., Lummerzheim, M. and Kleiber, D. 2004. Effect of foliar sulfur and nitrogen fertilization on wheat storage protein composition and dough mixing properties. *Cereal Chemistry Journal*, 81 (6): 759-766.
- Tinglu, F., Stewart, B. A., William, A. P., Yong, W., Shangyou, S., Junjie, L. and Clay, A. R. 2005. Supplemental irrigation and water-yield relationships for plastic culture crops in the Loess Plateau of China. *Agronomy Journal*, 97: 177-188.
- Ucana, K., Killib, F., Gencoglana, C. and Merduna, H. 2007. Effect of irrigation frequency amount on water use efficiency yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under field conditions. *Field Crops Research*, 101 (3): 249-258.
- Zhen-Zhu, X. and Zhen-Wen, Y. 2006. Nitrogen metabolism in flag leaf and grain of wheat in response to irrigation regimes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169: 118-126.

Evaluation of Wheat Cultivars for Physiological Traits under Different Levels of Nitrogen and Irrigation

Felekari¹, H., Ghobadi^{2*}, M. E., Mohammadi³, Gh. R. and Jalali-Honarmand³, S.

Abstract

In order to evaluate the effect of supplemental irrigation and nitrogen amounts on yield and yield components of two dryland wheat cultivars an experimental was carried out in a split split plot design arranged in a randomized complete block design with three replications at the farm of Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, during 2008-2009. Experimental treatments including supplemental irrigation as the main plot at 4 levels (no irrigation and irrigation at booting, anthesis and grain filling stages) and net nitrogen as a sub plot at 4 levels (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹) and two wheat cultivars (Sardari and Cross-Alborz) as sub-sub plots. The result showed that the effect of supplementary irrigation, N rate and cultivar were significant on grain yield. The highest of grain yield obtained in supplemental irrigation at anthesis and booting stages with 362.2 and 352.0 g m⁻², respectively. The highest amount of grain protein content obtained at non irrigation treatment. Supplementary irrigation at booting, anthesis and grain filling stages increased relative water content and chlorophyll b. The maximum grain yield (337.0 g m⁻²) was produced with application of 50 kg ha⁻¹ N. Cross-Alborz relative to Sardari cultivar had highest grain and protein yields. To the results of this experiment, supplemental irrigation at Anthesis or stem elongation stage was important compared to the grain filling stage. Irrigation at these stages and also, use of 50 kg ha⁻¹ N, increased grain yield and physiological characteristics of wheat.

Keywords: Supplemental irrigation, Yield, Anthesis, Relative water content, Chlorophyll

1, 2 and 3. PhD Student, Assistant Professor and Associate Professors, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

※: Corresponding author

Email: eghbalghobadi@yahoo.com