



اثر تنش خشکی آخر فصل و محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم دوروم

مجید رستمی^۱، عبدالرضا احمدی^۲، هدا محمدی^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲۴

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر تنش خشکی آخر فصل و همچنین محلول پاشی اوره بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و همچنین عملکرد دانه گندم، آزمایشی به صورت کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور افقی شامل ۳ سطح آبیاری ($IR_1 =$ آبیاری کامل تمام فصل، $IR_2 =$ قطع آبیاری در مرحله خمیری شدن دانه‌ها و $IR_3 =$ قطع آبیاری در مرحله شیرینی شدن دانه‌ها) و فاکتور عمودی شامل چهار سطح محلول پاشی کود اوره ($N_1 =$ شاهد، $N_2 =$ محلول پاشی اوره به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله گل‌دهی، $N_3 =$ محلول پاشی اوره به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله شیرینی و $N_4 =$ محلول پاشی اوره به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله گل‌دهی و شیرینی شدن دانه) بود. بر اساس نتایج اثر آبیاری بر عملکرد دانه معنی‌دار شد، اما محلول پاشی اوره و برهمکنش تیمارها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. هرچند تیمارهای قطع آبیاری موجب کاهش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار آبیاری تمام فصل شدند، ولی عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله خمیری شدن دانه‌ها و تیمار قطع آبیاری در مرحله شیرینی شدن دانه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین عملکرد (۵۰۷۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری کامل و کمترین عملکرد (۳۹۴۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار قطع آبیاری از مرحله شیرینی شدن دانه‌ها به دست آمد. اثر آبیاری و همچنین برهمکنش آبیاری و محلول پاشی بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد، ولی محلول پاشی نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. بر اساس نتایج فقط اثر آبیاری بر وزن هکتولیت و کاهش درجه حرارت پوشش گیاهی معنی‌دار شد و بیشترین میزان کاهش درجه حرارت پوشش گیاهی و وزن هکتولیت در تیمار آبیاری کامل و کمترین میزان این صفات در تیمار قطع آبیاری در مرحله شیرینی شدن دانه‌ها مشاهده شد. سطوح مختلف آبیاری و محلول پاشی و همچنین برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین دانه و شاخص کلروفیل برگ گندم نداشتند و بیشترین درصد پروتئین مربوط به تیمار حذف آبیاری از مرحله شیرینی شدن دانه‌ها و محلول پاشی اوره در مرحله گل‌دهی (IR_3N_2) بود در حالی که کمترین مقدار آن مربوط به تیمار آبیاری کامل و عدم محلول پاشی اوره (IR_1N_1) بود. بر اساس نتایج هرچند هر دو تیمار قطع آبیاری موجب افزایش درصد پروتئین دانه گندم گردید ولی چون حذف آبیاری از مرحله شیرینی شدن دانه‌ها باعث شد که کمترین عملکرد دانه به دست آید، به نظر می‌رسد که قطع آبیاری از مرحله خمیری شدن دانه‌ها اولویت بیشتری برای افزایش درصد پروتئین دانه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، دمای پوشش گیاهی، کلروفیل، وزن هکتولیت

رستمی، م. ع. احمدی و ه. محمدی. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی آخر فصل و محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم دوروم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۰: ۱-۱۲.

۱ - گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران - مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: Majidrostami7@yahoo.com

۲ - گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران

۳ - گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران

مقدمه

عملکرد دانه شود (عبد و همکاران، ۲۰۰۴)، باین حال برخی از پژوهشگران عقیده دارند که اثرات مثبت محلول پاشی نیتروژن بیشتر مربوط به بهبود کیفیت دانه‌ها است و محلول پاشی به‌ویژه در مراحل انتهایی فصل رشد تأثیر چندانی بر عملکرد دانه ندارد (بالا و همکاران، ۲۰۱۲). محمدی و همکاران (۱۳۹۱) نیز با بررسی اثر تغذیه برگی اوره بر عملکرد و کیفیت دانه دو رقم گندم دیم به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی اوره در مراحل ابتدایی رشد می‌تواند از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد موجب افزایش عملکرد دانه شود در صورتی که اگر هدف از محلول پاشی بهبود کیفیت و افزایش پروتئین دانه است این امر باید در مرحله ظهور برگ پرچم صورت گیرد.

کمبود آب در پایان فصل یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش تولید در بخش وسیعی از اراضی زراعی مناطق گرمسیری کشور به شمار می‌رود. تحمل به خشکی در یک گیاه علاوه بر میزان تنش رطوبتی خاک، به شرایط بارندگی، دما، ویژگی‌های گیاه و روش مدیریت مزرعه بستگی دارد (نادری و همکاران، ۱۳۹۲). باین حال برخی از پژوهشگران بر این باورند که تنش خشکی به دلیل تأثیر بر ویژگی‌های کیفی دانه گندم، در برخی از موارد می‌تواند اثرات مثبت داشته باشد و تا حدودی اثرات منفی آن بر عملکرد را جبران کند (کللیک و یاگباسانلر، ۲۰۱۰). گزارش شده که تنش‌های خشکی و گرما در طول دوره پر شدن دانه‌ها به دلیل تأثیر منفی بر میزان تجمع نشاسته می‌تواند موجب افزایش درصد پروتئین دانه شود. باین حال، این افزایش پروتئین همواره به معنی کیفیت بیشتر نیست و در مواردی که هدف استفاده از گندم برای مصارف نانوائی است، لازم است که ترکیب اجزای پروتئین نیز مورد توجه قرار گیرد (بالا و همکاران، ۲۰۱۱). تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر قطع آبیاری در مراحل پایانی رشد گندم و همچنین محلول پاشی کود اوره در انتهای فصل رشد بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و همچنین کیفیت دانه گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های نواری (Strip-plot) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه، ارتفاع ۹۰۰ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه منطقه ۵۲۰ میلی‌متر اجرا شد. بافت خاک مزرعه از نوع لومی رسی تعیین شد و برای آماده‌سازی زمین، پس از

گندم یکی از مهم‌ترین غلات جهان بوده که از نظر میزان تولید بعد از ذرت و برنج در جایگاه سوم قرار دارد. حدود ۱۷ درصد از کل مساحت زمین‌های کشاورزی دنیا به کشت انواع مختلف گندم اختصاص یافته است و این محصول غذای ۴۰ درصد از جمعیت جهان را تأمین می‌کند (آصف و همکاران، ۲۰۱۴). تولید جهانی گندم تا سال ۲۰۲۰ باید سالانه حداقل ۲/۵ درصد افزایش یابد تا بتواند این افزایش تقاضا را جبران کند. با توجه به محدود بودن سطح زمین‌های زراعی مطلوب، بهترین راه، افزایش عملکرد در واحد سطح و به‌کارگیری اصول تولید پایدار است (فانو، ۲۰۱۲). موفقیت در تولید غذای کافی و سالم برای جمعیت روزافزون دنیا نیاز به استفاده از راهکارهای مدیریتی نوین برای حفظ منابع طبیعی و افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها دارد. استفاده از روش‌های زراعی خاص همانند زمان-بندی دقیق و تغییر روش و مقدار مصرف کودها به‌ویژه کودهای نیتروژنی می‌تواند علاوه بر حصول حداکثر عملکرد دانه مشکل کمبود پروتئین را تا حدودی برطرف سازد (رستمی و احمدی، ۱۳۹۳).

کمبود نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر تأثیر بیشتری در کاهش رشد و عملکرد و کیفیت دانه گندم دارد. یکی از مواردی که برای بهبود کیفیت دانه گندم اهمیت دارد، میزان پروتئین دانه است که به عوامل متعددی همچون رقم، شرایط اقلیمی و حاصلخیزی خاک وابسته است. نیتروژن خاک یک عامل مهم و کلیدی است که نقش زیادی در تعیین عملکرد کمی و کیفی محصول دارد، ولی از طرف دیگر سهولت شسته شدن آن می‌تواند موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی شود (گواردا و همکاران، ۲۰۰۴). میانگین کارایی مصرف نیتروژن در مزارع غلات کشورهای توسعه یافته ۴۲ درصد و در کشورهای در حال توسعه ۲۹ درصد است (ران و جانسون، ۲۰۰۸). برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن و کاهش تلفات کودهای نیتروژنی از طریق تصعید و آبشویی، بهتر است این کودها را به دفعات مصرف نمود و چنانچه امکان این کار وجود ندارد، از کودهایی با حلالیت کمتر مثل اوره با پوشش گوگردی و یا روش‌هایی همچون محلول پاشی استفاده شود (رستمی و احمدی، ۱۳۹۳). محلول پاشی عناصر غذایی به‌عنوان مکملی برای روش مصرف مستقیم کودهای نیتروژنی، موجب تأمین به موقع نیتروژن برای گیاه شده و از این طریق تولید را افزایش می‌دهد (پایر و همکاران، ۲۰۰۷). گزارش شده که در شرایط کمبود نیتروژن در محیط رشد ریشه و یا در مناطق پرباران، محلول پاشی می‌تواند موجب افزایش

مؤثر در منطقه مشاهده نشد. در طول دوره رشد، یادداشت‌برداری‌های لازم از مواردی همچون شاخص کلروفیل برگ و دمای پوشش گیاهی صورت گرفت و پس از برداشت نیز وزن هکتولیترا و درصد پروتئین دانه‌ها به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی مشخص شدند.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، پس از اعمال آخرین تیمار آبیاری، از هر کرت ۱۰ برگ پرچم سالم انتخاب شد و پس از این‌که برگ‌ها از انتهای پهنک قطع شدند، در یک ورقه آلومینیوم پیچیده و داخل پلاستیک در فلاسک یخ تا زمان رسیدن به آزمایشگاه قرار داده شدند. در آزمایشگاه ابتدا وزن‌تر برگ‌ها تعیین شده و سپس برگ‌ها به مدت ۵ ساعت در مکان تاریکی داخل آب مقطر قرار گرفتند و پس‌ازاین مدت برگ‌ها را ابتدا با دستمال کاغذی خشک کرده و سپس وزن آماس آن‌ها تعیین گردید. در مرحله سوم، برگ‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آن قرار گرفته و خشک شدند. مقدار نسبی آب برگ‌ها از فرمول زیر به دست آمد: محتوای نسبی آب برگ =

$$100 \times (\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس} / \text{وزن خشک} - \text{وزن تر})$$

شاخص کلروفیل برگ به‌صورت غیرمستقیم و به کمک دستگاه کلروفیل متر (Minolta SPAD-502) پس از اعمال آخرین تیمار آبیاری تعیین شد. برای این کار در داخل هر کرت ۳۰ برگ پرچم در روی بوته‌های مختلف انتخاب شده و شاخص کلروفیل آن‌ها با استفاده از دستگاه فوق تعیین شد و میانگین این اعداد به‌عنوان عدد کلروفیل متر مربوط به آن کرت ثبت گردید.

جهت اندازه‌گیری دمای پوشش سبز از دماسنج مادون‌قرمز (مدل Infratace 800) استفاده شد. هنگام اندازه‌گیری دما، زاویه میل دستگاه حدود ۴۵ درجه و فاصله آن از سطح برگ‌ها حدود ۵۰ سانتی‌متر بود. چون ممکن بود در هنگام نشان‌دهی دستگاه موقعیت و جهت تابش خورشید بر قرائت دما مؤثر باشد، میانگین چهار اندازه‌گیری در جهات چهارگانه ملاک دمای پوشش سبز گردید. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه‌ها ابتدا درصد نیتروژن کل دانه‌ها به روش کج‌دال تعیین گردید و سپس عدد حاصله در فاکتور پروتئین (که برای دانه گندم برابر با ۵/۷ است) ضرب گردید (سرنا سالدیوار، ۲۰۱۲).

جهت تجزیه و تحلیل آماری نتایج از برنامه کامپیوتری MSTAT-C استفاده شد. اثرات اصلی و متقابل هر فاکتور مشخص گردید و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و نمودارهای مربوطه توسط نرم‌افزار Excel رسم شد.

شخم زمین توسط گاواهن برگردان‌دار، کلوخه‌های زمین توسط دیسک خردشده و درنهایت نیز اقدام به تسطیح زمین شد.

فاکتور افقی این آزمایش آبیاری در سه سطح شامل IR₁ = تیمار آبیاری کامل تمام فصل، IR₂ = تیمار قطع آبیاری در مرحله خمیری شدن دانه‌ها و IR₃ = تیمار قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه‌ها و فاکتور عمودی مصرف کود اوره به‌صورت محلول‌پاشی در چهار سطح شامل N₁ = تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی کود اوره)، N₂ = محلول‌پاشی کود اوره به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله گل‌دهی (خروج کامل سنبله و ظهور پرچم‌ها)، N₃ = محلول‌پاشی کود اوره به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله شیری شدن دانه‌ها و N₄ = محلول‌پاشی کود اوره به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله گل‌دهی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله شیری شدن دانه‌ها بود.

عملیات تهیه زمین شامل یک‌بار شخم با گاواهن برگردان‌دار و دو بار استفاده از دیسک و ماله بود. قبل از کاشت، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر به‌صورت سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم به‌صورت سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به‌صورت اوره مصرف شد. در مرحله ساقه دهی نیز مجدداً ۷۵ کیلوگرم نیتروژن به‌صورت کود اوره استفاده شد. گندم مورد استفاده در این آزمایش از رقم کرخه (از ارقام گندم دوروم و مناسب برای کاشت در مناطق گرمسیر) بود. کاشت روی خطوطی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول ۶ متر و با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع در نیمه اول آبان ماه انجام شد. ابعاد هر کرت $14/4 = 6 \times 2/4$ مترمربع و سطح برداشت با حذف سه خط از طرفین و یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه برابر با $4/8 = 4 \times 1/2$ مترمربع بود. برای جلوگیری از اثرات جانبی آبیاری کرت‌های اصلی مجاور بر یکدیگر، بین هر دو کرت اصلی فاصله‌ای به‌اندازه ۱/۲ متر در نظر گرفته شد. بذرها قبل از کاشت توسط قارچ‌کش مانکوزب ضدعفونی شدند و بلافاصله پس از کاشت به‌منظور سبز شدن یکنواخت بذرها همه کرت‌ها آبیاری شدند. علف‌های هرز پهن‌برگ با استفاده از علف‌کش توفوردی و علف‌های هرز باریک‌برگ به‌صورت دستی کنترل شدند.

محلول‌پاشی پس از رسیدن به مراحل موردنظر و در بعدازظهر (پس از خنک شدن هوا) و با استفاده از سم‌پاش پستی شازری (مدل Matabi) انجام شد. به‌منظور جلوگیری از سوختگی برگ‌ها و آسیب به گیاه برای محلول‌پاشی از محلول اوره با غلظت ۵ در هزار استفاده شد. به این منظور پس از تعیین مساحت کرت‌های مربوط به هر تیمار، مقدار محلول موردنیاز محاسبه و تهیه شد. بعد از اعمال تیمارهای آزمایش بارندگی

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر آبیاری بر عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی دار شد، اما محلول پاشی اوره و اثر متقابل آبیاری و محلول پاشی اوره عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۱). با وجود این که قطع آبیاری در مراحل انتهایی رشد و در هنگام پر شدن دانه‌ها موجب کاهش عملکرد دانه گندم شد، ولی عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله خمیری شدن دانه‌ها و تیمار قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه‌ها اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۱). بالاترین عملکرد دانه (۵۰۷۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کامل و کمترین عملکرد دانه (۳۹۴۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها به دست آمد. نتایج به دست آمده با نتایج باللا و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. وجود شرایط تنش و کمبود رطوبت در طی مرحله پر شدن دانه‌ها موجب کاهش در ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده که در نتیجه طول دوره پر شدن دانه‌ها کاهش یافته که مهم‌ترین تأثیر آن کاهش وزن هزار دانه به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است. مطالعات متعدد دیگری نیز جهت بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه گندم انجام شده است که در هر یک از آن‌ها بسته به زمان اعمال تنش یکی از اجزای عملکرد بیش از دیگر اجزای تحت تأثیر قرار گرفته است (مویدی و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج به دست آمده از این آزمایش با نتایج

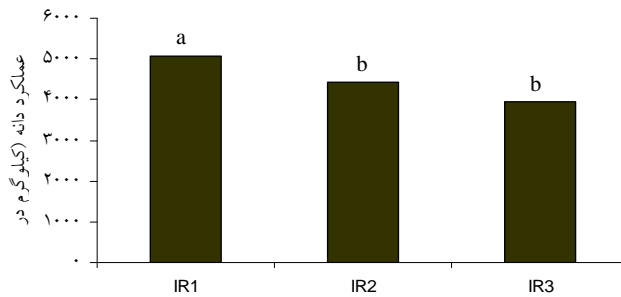
برخی آزمایش‌های گلخانه‌ای مطابقت نمی‌کند. شاید بتوان علت این اختلاف در نتایج را به نحوه اجرای آزمایش ارتباط داد. اصولاً در آزمایش‌های گلخانه‌ای، در فاصله زمانی اندکی پس از قطع آبیاری، به علت حجم محدود گلدان‌ها، گیاه رطوبت خاک را فوراً تخلیه می‌کند، بنابراین پتانسیل آب به سرعت کاهش می‌یابد و در این شرایط گیاه به سرعت در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، در صورتی که در شرایط مزرعه پتانسیل آب با شیب کمتری کاهش می‌یابد و مدت زمان طولانی تری نیاز است تا گیاه واقعاً تنش خشکی را درک کند و پاسخ مناسب را بروز دهد. به همین دلیل ممکن است اعمال تنش در شرایط گلخانه در مقایسه با شرایط طبیعی موجب واکنش متفاوتی در گیاهان شود.

برخی از پژوهشگران دیگر نیز در نتایج تحقیقات خود به این نکته اشاره کرده‌اند که محلول پاشی نیتروژن (به ویژه پس از زمان گل‌دهی) تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه گندم ندارد، ولی ممکن است که کیفیت دانه را تحت تأثیر قرار دهد (باللا و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج در مورد افزایش عملکرد دانه در اثر محلول پاشی اوره بسیار متفاوت است (سابیر و همکاران، ۲۰۰۱) و عقیده بر این است که تنها در شرایطی که مقدار نیتروژن قابل دسترس خاک کمتر از حد مورد نیاز گیاه باشد و یا در مناطق پر باران که خطر شسته شدن نیترات زیاد است، محلول پاشی می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه شود (عبد و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد سنجش در آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	محتوای نسبی آب	کلروفیل	کاهش دمای پوشش گیاهی	وزن هکتولتر	درصد پروتئین
تکرار	۲	۱۵۳۴۷۸ ^{ns}	۲۹/۸ ^{ns}	۷/۴۳ ^{ns}	۰/۵۹ ^{ns}	۲۸۵ ^{ns}	۲/۶۸ ^{ns}
آبیاری	۲	۳۳۵۵۹۰*	۴۲۰/۶*	۱۸۸/۷*	۷/۰۹*	۴۱۸۶*	۶۵/۴*
خطای a	۴	۲۹۴۱۸۹	۵۳/۶	۸/۴۸	۰/۰۶	۴۹۰	۵/۴۲
محلول پاشی	۳	۲۴۴۵۵۸ ^{ns}	۱۱۱/۴ ^{ns}	۱۹/۸*	۰/۷۷ ^{ns}	۱۲۱۴ ^{ns}	۳/۳۶*
خطای b	۶	۶۱۵۹۵	۳۶/۴	۴/۵۷	۰/۲۳	۳۵۱	۱/۲۳
محلول پاشی x آبیاری	۶	۲۰۴۲۵۲ ^{ns}	۱۰۵/۵*	۹/۴۵*	۰/۰۹ ^{ns}	۱۰۸۹ ^{ns}	۳/۸۷*
خطای c	۱۲	۷۲۰۸۴	۲۳/۷	۲/۴۸	۰/۰۴	۲۱۴	۱/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۹	۸/۱۸	۹/۷۱	۷/۰۶	۸/۷۳	۵/۳۸

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و معنی دار در سطح احتمال ۱٪.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه گندم

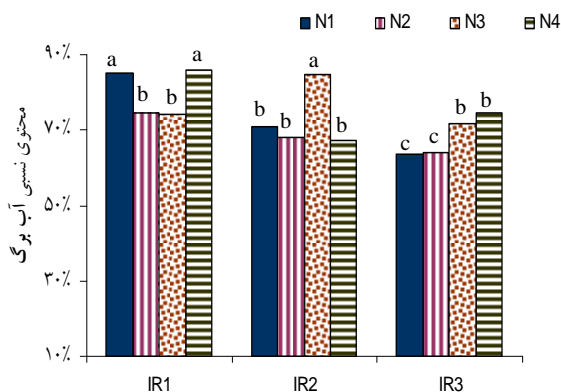
ظرفیت فتوسنتزی ایجاد می‌شود و نهایتاً گیاه از بین می‌رود. با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد در تیمارهای قطع آبیاری مربوط به کاهش فتوسنتز در اثر پدیده ممانعت نوری و ایجاد اختلال در زنجیره انتقال الکترون باشد.

اگرچه تیمارهای محلول‌پاشی اوره اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ گندم نداشتند، ولی اثر متقابل تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد. بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۵/۹ درصد) در تیمار آبیاری کامل به همراه محلول‌پاشی اوره در هر دو مرحله گلدهی و شیری شدن دانه-ها (IR_1N_4) و کمترین مقدار آن (۶۳/۵ درصد) در تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها و عدم محلول‌پاشی (IR_3N_1) مشاهده شد. با افزایش شدت تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ گیاه کاهش یافت. از آنجاکه در تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها، کمترین محتوای نسبی آب گیاه مربوط به کرت‌هایی است که در آن‌ها تیمار محلول‌پاشی اعمال نشده است، به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی نیتروژن می‌تواند موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاه شود. این امر می‌تواند به دو دلیل باشد، نخست این‌که محلول‌پاشی در زمان مناسب می‌تواند موجب کاهش دمای پوشش گیاهی و تعرق گردد و دیگر این‌که محلول‌پاشی نیتروژن موجب افزایش دوام سطح برگ گیاه و جذب آب توسط ریشه‌ها می‌گردد.

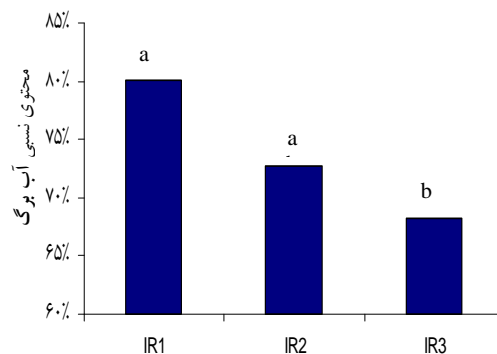
محتوای نسبی آب برگ

طبق نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش، اثر تیمارهای آبیاری و همچنین اثر متقابل تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی نیتروژن بر روی محتوای نسبی آب برگ گندم معنی‌دار شد (جدول ۱). تیمار محلول‌پاشی نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ گندم نداشت. بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۱ درصد) مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین آن (۶۶ درصد) مربوط به تیمار حذف آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها بود (شکل ۲).

اگرچه میزان محتوای نسبی آب برگ به‌طور طبیعی در مراحل انتهایی فصل رشد کاهش می‌یابد، ولی با اعمال تنش خشکی میزان محتوای نسبی آب برگ با سرعت بیشتری کاهش یافت. اثرات احتمالی افزایش پسابیدگی را می‌توان به صورت‌های زیر بررسی کرد (کافی و مهدوی، ۱۳۷۹): هنگامی که محتوای نسبی آب برگ گیاه بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد است، کاهش فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه‌هاست که این حالت به‌سرعت قابل‌برگشت است. هنگامی که محتوای نسبی آب برگ بین ۳۵ تا ۷۰ درصد است، در شدت نور بالا، ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد و فقط با آبیاری مجدد به‌کندی بهبود می‌یابد. علت اصلی این کاهش می‌تواند ممانعت نوری باشد. چنانچه محتوای نسبی آب برگ به حد کمتر از ۳۰ درصد برسد، به علت صدمه به غشاء سلول و کلروپلاست کاهش غیرقابل برگشتی در



شکل ۳- اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اوره بر محتوای نسبی آب برگ



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ گندم

شاخص کلروفیل برگ

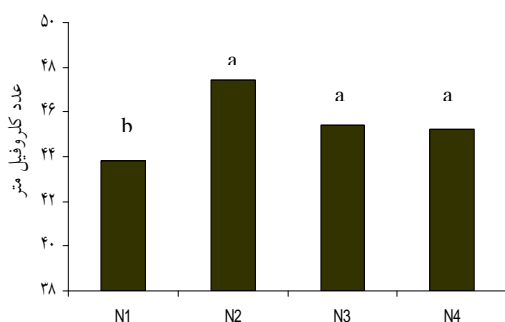
نتایج آزمایش نشان داد که اثرات مربوط به تیمار آبیاری، محلول پاشی و همچنین اثر متقابل آبیاری و محلول پاشی اوره بر روی شاخص کلروفیل گیاه معنی دار بوده است (جدول ۱). بیشترین مقدار عدد کلروفیل متر (۴۹/۷) در تیمار آبیاری کامل و کمترین مقدار آن (۴۲/۱) در تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها مشاهده شد بین هر سه تیمار آبیاری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار وجود داشت (شکل ۴). در تیمارهای محلول پاشی نیتروژن بیشترین مقدار عدد کلروفیل متر (۴۷/۴) مربوط به تیمار محلول پاشی در مرحله گل دهی (N₂) و کمترین مقدار آن (۴۳/۸) مربوط به تیمار شاهد (N₁) بود. بر اساس نتایج فقط اختلاف بین تیمار محلول پاشی در مرحله گل دهی و تیمار شاهد معنی دار بود و سایر تیمارها اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۵).

بر اساس نتایج آزمایش با افزایش شدت تنش خشکی میزان کلروفیل برگ‌ها کاهش پیدا کرد. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کرده‌اند که تنش خشکی سبب کاهش کلیه رنگیزه‌های فتوسنتزی و به ویژه کلروفیل می‌شود (اله وردی اف و همکاران، ۲۰۱۵) سعیدی و همکاران (۲۰۱۵) دریافته‌اند که اعمال تنش خشکی موجب شد میزان کلروفیل a و کلروفیل b افزایش یابد درحالی که همین شرایط موجب شد میزان کاروتنوئید برگ گندم کاهش یابد. به نظر می‌رسد که نگهداری کلروفیل برای تداوم فتوسنتز در شرایط تنش خشکی ضروری است و ارقام مقاوم به خشکی در این شرایط در مقایسه با ارقام حساس کاهش کمتری در مقدار کلروفیل برگ دارند. هرچند سبز ماندن گیاه می‌تواند صفت مناسبی برای افزایش مقاومت در

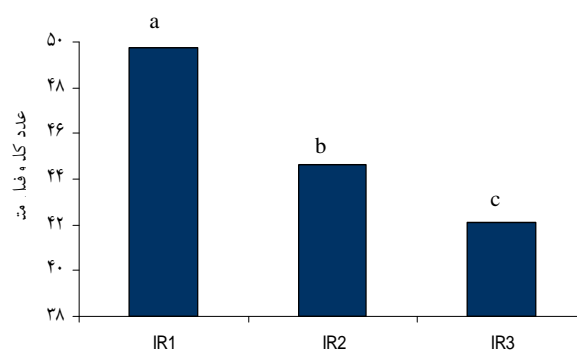
شرایط تنش خشکی و کاهش افت عملکرد باشد، ولی درعین حال این صفت می‌تواند نشان‌دهنده عدم انتقال مواد فتوسنتزی ذخیره شده در شرایط تنش باشد و از این نظر نامطلوب است.

یانگ و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند که میزان کلروفیل برگ پرچم در مرحله پر شدن در تیمارهای شاهد به تدریج کاهش یافت، ولی کمبود آب موجب شد کلروفیل به میزان بیشتری کاهش یابد. همچنین با افزایش شدت تنش آب مقدار کلروفیل با سرعت بیشتری کاهش پیدا کرد که این امر بیانگر این است که تنش آب سبب افزایش سرعت پیر شدن برگ‌ها می‌شود.

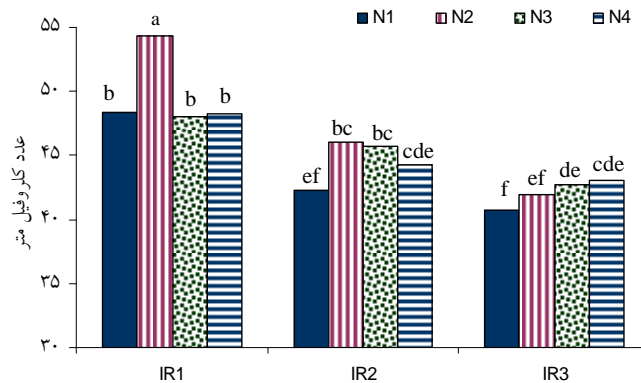
اثر متقابل تیمار آبیاری و محلول پاشی نیز معنی دار شد و بیشترین عدد کلروفیل متر (۵۴) در تیمار آبیاری کامل به همراه محلول پاشی نیتروژن در مرحله گل دهی (IR₁N₂) و کمترین مقدار عدد کلروفیل متر (۴۰/۵) در تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها و عدم محلول پاشی (IR₃N₁) مشاهده شد (شکل ۶). معنی دار شدن اثر متقابل تیمار آبیاری و محلول پاشی بدین معنا است که کاربرد تیمارهای محلول پاشی در تیمارهای مختلف آبیاری نتایج متفاوتی را در پی خواهد داشت و با تغییر میزان دسترسی گیاه به آب اثرات مثبت محلول پاشی نیتروژن ممکن است تشدید یا تضعیف شود. بر اساس نتایج به دست آمده در شرایط آبیاری تمام فصل و عدم وجود تنش خشکی بیشترین میزان شاخص کلروفیل برگ (۵۴) در تیمار محلول پاشی اوره در مرحله گل دهی (N₂) مشاهده شد درحالی که با اعمال تنش خشکی این وضعیت تغییر کرد به صورتی که در تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها بیشترین میزان شاخص کلروفیل (۴۳/۲) با محلول پاشی اوره در دو مرحله گل دهی و شیری شدن دانه (N₄) مشاهده شد.



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف محلول پاشی اوره بر میزان کلروفیل برگ گندم



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان کلروفیل برگ گندم

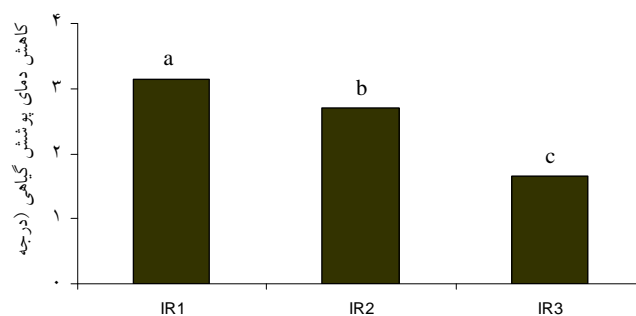


شکل ۶- اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اوره بر میزان کلروفیل برگ

خشکی، دمای پوشش گیاهی افزایش می‌یابد و اختلاف دمای کنوپی و دمای هوا زیاد می‌شود (اوبیدیگو و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهشگران دیگر نیز با گزارش موارد مشابه به این نتیجه رسیده‌اند که می‌توان از روش سنسجش دمای پوشش گیاهی برای غربالگری اولیه و شناسایی ارقام حساس و مقاوم به خشکی استفاده کرد (پراشار و جونز، ۲۰۱۴). قطع آبیاری و اعمال تنش خشکی موجب می‌شود که پتانسیل آب و محتوای آب نسبی برگ‌ها به میزان قابل توجهی کاهش یابد. در این شرایط گیاه در پاسخ به افزایش غلظت هورمون اسید آبسزیک در برگ‌ها روزه‌های خود را می‌بندد و تعرق کمتری صورت می‌گیرد. از آنجاکه تعرق مهم‌ترین عامل کاهش دمای برگ‌ها است، با کاهش میزان تعرق، درجه حرارت برگ‌ها و به دنبال آن درجه حرارت پوشش گیاهی افزایش می‌یابد.

کاهش درجه حرارت پوشش گیاهی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر کاهش درجه حرارت پوشش گیاهی معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین کاهش درجه حرارت پوشش گیاهی (۳/۱ درجه سانتی‌گراد) در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد و این تیمار با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان کاهش درجه حرارت پوشش گیاهی (۱/۶ درجه سانتی‌گراد) نیز در تیمار حذف دو آبیاری مشاهده شد (شکل ۷). اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی روش بسیار مناسبی برای مطالعه سریع، دقیق و غیر تخریبی پاسخ گیاه به تنش آب است. سایر پژوهشگران نیز گزارش کردند که با افزایش تنش

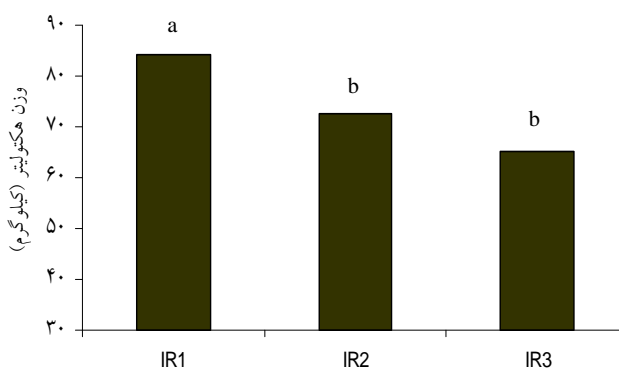


شکل ۷- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر کاهش درجه حرارت پوشش گیاهی

وزن هکتولتر

نتایج آزمایش نشان داد که اثر مربوط به تیمار آبیاری بر وزن هکتولتر در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۱). بین تیمارهای حذف آبیاری در مرحله شیری و خمیری شدن دانه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در صورتی که اختلاف این دو تیمار با تیمار آبیاری کامل معنی دار بود (شکل ۸). بیشترین وزن هکتولتر مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها بود. نتایج به دست آمده با یافته‌های گوتیری (۲۰۰۱)، مطابقت دارد. به عقیده وی اثر تنش رطوبت بر وزن دانه را می‌توان از طریق سنجش وزن هکتولتر نیز مقایسه کرد. به نظر می‌رسد مهم‌ترین دلیل کاهش وزن هکتولتر در تیمار قطع آبیاری از

مرحله شیری شدن دانه‌ها، کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد. این امر موجب می‌شود که در مقایسه با شرایط عدم تنش، دانه‌های کوچک‌تر و چروکیده‌ای تولید گردد. جوریک و اتاسوی (۲۰۱۲) نیز نتایج مشابهی را برای گندم به دست آورده‌اند و بیان کرده‌اند که افزایش آبیاری در مقایسه با تیمار خشکی می‌تواند موجب افزایش وزن هکتولتر گردد. همچنین گوتیری و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که تنش ملایم خشکی تأثیر معنی‌داری بر وزن هکتولتر ندارد، در صورتی که تنش خشکی شدید به‌طور معنی‌داری سبب کاهش وزن هکتولتر گندم می‌شود. نتایج حاصل از این آزمایش این گزارش را تأیید می‌کند.



شکل ۸- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر وزن هکتولتر دانه گندم

درصد پروتئین

نتایج آزمایش نشان داد که اثر آبیاری، محلول‌پاشی اوره و اثرات متقابل آن‌ها بر درصد پروتئین دانه در سطح ۵ درصد معنی دار شده است (جدول ۱). بیشترین میزان پروتئین دانه گندم (۱۳/۸ درصد) مربوط به تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها و کمترین مقدار آن (۱۱/۹ درصد) مربوط به تیمار آبیاری کامل بود. اختلاف بین تیمار آبیاری تمام فصل با دو تیمار دیگر معنی دار بود ولی بین تیمارهای قطع آبیاری از لحاظ میزان پروتئین دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۹).

پژوهشگران دیگر نیز نتایج مشابهی را مشاهده کرده‌اند و گزارش کرده‌اند که تنش خشکی موجب کاهش میزان تجمع نشاسته در دانه‌ها و به دنبال آن افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود (بالا و همکاران، ۲۰۱۱). به نظر می‌رسد که افزایش درصد پروتئین دانه‌ها در تیمار قطع آبیاری از مرحله شیری شدن دانه‌ها به علت کاهش تشکیل سلول‌های اندوسپرم و نیز کاهش میزان نشاسته باشد. کاهش سلول‌های اندوسپرم موجب می‌شود که نسبت پوسته دانه به اندوسپرم زیاده‌تر شود و چون پوسته با کل دانه پروتئین بیشتری دارد، در کل پروتئین دانه‌ها افزایش می‌یابد. احمدی و بیکر (۲۰۰۱)

نیز گزارش کردند که اعمال یک دوره سه‌هفته‌ای تنش خشکی، ده روز پس از مرحله گرده‌افشانی موجب شد که میزان نشاسته دانه‌ها در مقایسه با تیمار آبیاری کامل نزدیک به ۲۵ درصد کاهش یابد. تنش آبیاری همچنین موجب کاهش معنی‌داری در میزان ساکارز دانه‌ها گردید. در مطالعات متعددی به این نکته اشاره شده است که کیفیت نهایی آرد گندم (که رابطه قوی با میزان پروتئین دانه‌ها دارد) تحت تأثیر رقم، محیط و اثر متقابل این دو عامل قرار دارد (کلینک و همکاران، ۲۰۱۰).

با استفاده از نتایج مربوط به افزایش حرارت پوشش گیاهی نیز می‌توان افزایش پروتئین ارقام در شرایط تنش را توجیه کرد. کاهش رطوبت خاک موجب می‌شود که گیاه روزنه‌های خود را ببندد و تعرق کمتری صورت گیرد، در این شرایط گیاه تا حدودی با تنش گرما نیز مواجه می‌گردد. به نظر می‌رسد چون برخی از آنزیم‌های مسئول سنتز نشاسته نسبت به دماهای بالا بسیار حساس می‌باشند، بنابراین ساخته شدن و تجمع نشاسته در مقایسه با سنتز پروتئین حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی و دماهای بالا دارد. به‌هرحال حتی یک دوره کوتاه تنش خشکی و دمای بالا در مراحل

محلول‌پاشی اوره در دو مرحله گل‌دهی و شیرگی شدن دانه (N_4) به دست آمد در صورتی‌که در تیمار حذف آبیاری از مرحله شیرگی شدن دانه‌ها بیشترین درصد پروتئین دانه با محلول‌پاشی اوره در مرحله گل‌دهی (N_2) حاصل شد (شکل ۱۱)، بنابراین به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی انتهای فصل هرچه محلول‌پاشی زودتر انجام شود تأثیر بیشتری بر میزان پروتئین دانه‌ها خواهد داشت. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در شرایط مطلوب رطوبتی محلول‌پاشی بعد از مرحله شیرگی شدن دانه‌ها تأثیر بیشتری در افزایش پروتئین دانه گندم دارد.

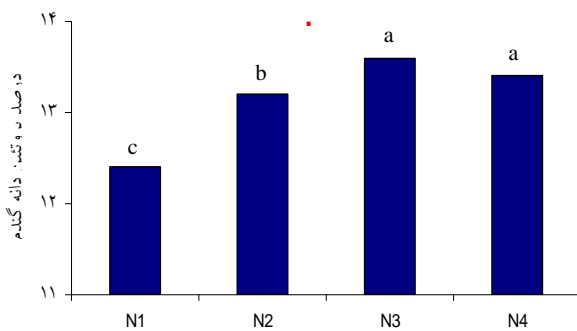
مصرف کودهای نیتروژنی در زمان نزدیک به مرحله گرده‌افشانی به‌صورت سرک تأثیر چندانی بر عملکرد و حتی درصد پروتئین دانه ندارد چون از یک‌سو در این مرحله جذب ریشه‌های نیتروژن کم شده است و از طرف دیگر به علت گرمی و خشکی زیاد هوا در این مرحله، لایه سطحی خاک که محل اصلی ذخیره نیتروژن خاک است خشک شده و بنابراین جذب آن به علت عدم حلالیت در آب کاهش می‌یابد.

شاه و همکاران (۲۰۰۳) اثر محلول‌پاشی اوره در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی گندم را بررسی کردند و دریافتند که محلول‌پاشی بعد از گرده‌افشانی وزن هزار دانه و کیفیت آرد حاصل از این دانه‌ها را افزایش می‌دهد. به عقیده این پژوهشگران وقتی تعداد دفعات محلول‌پاشی افزایش می‌یابد اثر هر بار محلول‌پاشی به‌صورت افزایشی نیست و حتی چنانچه دفعات محلول‌پاشی زیاد شود، افت پروتئین و عملکرد را به دنبال خواهد داشت.

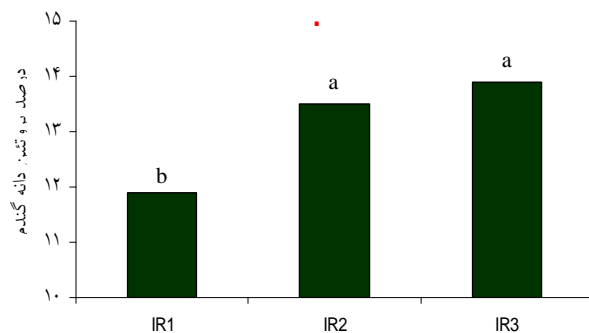
انتهای رشد گندم نه‌تنها بر کمیت پروتئین، بلکه بر کیفیت آن هم تأثیر می‌گذارد (ژانو و همکاران، ۲۰۰۹).

به نظر می‌رسد که کاهش طول دوره پر شدن دانه در تیمارهای قطع آبیاری موجب کاهش تجمع نشاسته و در نتیجه افزایش نسبت پروتئین به نشاسته در دانه شده باشد. دلیل دیگری که برای افزایش پروتئین در تیمارهای تنش خشکی می‌توان آورد این است که تنش خشکی موجب افزایش نسبت سطح به حجم دانه‌های گندم می‌شود و چون میزان پروتئین در بخش‌های بیرونی دانه گندم نسبت به آندوسپرم بیشتر است، بنابراین درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد.

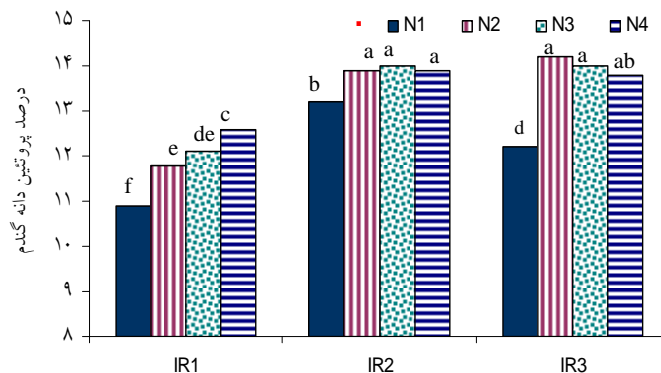
اثر تیمارهای محلول‌پاشی اوره بر درصد پروتئین دانه نیز معنی‌دار گردید. بیشترین درصد پروتئین دانه ($13/9$ درصد) در تیمار محلول‌پاشی در مرحله شیرگی شدن دانه‌ها (N_3) و کمترین مقدار آن ($12/4$ درصد) در تیمار شاهد (N_1) مشاهده شد (شکل ۱۰). اختلاف تیمار شاهد با تیمارهای محلول‌پاشی معنی‌دار بود، بنابراین به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی اوره راهکار مناسبی برای افزایش درصد پروتئین دانه گندم باشد. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. معنی‌دار شدن اثر متقابل بدین معنا است که تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در شرایط فراهمی مقادیر مختلف آب اثر متفاوتی بر میزان پروتئین دانه‌ها دارند. بیشترین درصد پروتئین مربوط به تیمار حذف آبیاری از مرحله شیرگی شدن دانه‌ها و محلول‌پاشی اوره در مرحله گل‌دهی (IR_3N_2) بود در حالی‌که کمترین مقدار آن مربوط به تیمار آبیاری کامل و عدم محلول‌پاشی اوره (IR_1N_1) بود. بر اساس نتایج در شرایطی که آبیاری به‌صورت کامل انجام شد بیشترین درصد پروتئین دانه با



شکل ۱۰- اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی اوره بر درصد پروتئین دانه گندم



شکل ۹- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر درصد پروتئین دانه گندم



شکل ۱۱- اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و محلول پاشی اوره بر درصد پروتئین دانه

می‌رسد که قطع آبیاری از مرحله خمیری شدن دانه‌ها کارایی بیشتری برای افزایش درصد پروتئین دانه داشته باشد. محلول پاشی اوره می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه در مقایسه با تیمار شاهد بدون محلول پاشی شود. در شرایطی که از لحاظ فراهمی آب در انتهای فصل رشد محدودیتی وجود ندارد، بهتر است که محلول پاشی در هر دو مرحله گلدهی و شیرینی شدن دانه‌ها صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این آزمایش هرچند قطع آبیاری‌های انتهای فصل رشد می‌تواند موجب افزایش درصد پروتئین دانه گندم گردد، ولی از آنجاکه تنش شدید موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود و از طرف دیگر ممکن است در شرایط اعمال تنش شدید خشکی کیفیت پروتئین و کیفیت آرد حاصل از دانه گندم کاهش یابد، به نظر

منابع

- رستمی، م و ع. احمدی. ۱۳۹۳. بررسی نوع و دفعات کاربرد کودهای نیتروژنی بر عملکرد و درصد نیتروژن دانه دو رقم ذرت. پژوهش و سازندگی. جلد ۱۰۴: ۴۶-۴۰.
- کافی، م و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۷۲ صفحه.
- محمدی، س، س. پیغمبر نژاد، و س. عارفی. ۱۳۹۱. تأثیر تغذیه برگی اوره در مراحل مختلف نمو بر عملکرد دانه و درصد پروتئین دو رقم کندم دیم. مجله پژوهش-های زراعی ایران. جلد ۱۰: ۲۱۳-۲۰۷.
- نادری، ا. ح. اکبری مقدم، و خ. محمودی. ۱۳۹۲. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان برای تحمل به تنش خشکی انتهایی در مناطق گرم جنوب ایران. مجله به‌زادی نهال و بذر. جلد ۲۹: ۶۱۶-۶۰۱.
- Abad, A., J. Lloveras and A. Michelena. 2004. Nitrogen fertilization and foliar urea effects on durum wheat yield and quality and residual soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. *Field Crop Res.* 87: 257-269.
- Ahmadi, A. and D.A. Baker. 2001. The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. *Plant Growth Regul.* 35: 81-91.
- Allahverdiyev, T. I., J. M. Talai, I. M. Huseynova and J. A. Aliyev. 2015. Effect of drought stress on some physiological parameters, yield, yield components of durum (*Triticum durum*) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheat genotypes. *Ekin J Crop Breed and Gen* 1-1:50-62.
- Asif, M., M. Iqbal., H. Randhawa and D. Spaner. 2014. *Managing and Breeding Wheat for Organic Systems*. Springer. 82 p.
- Balla, K., M. Rakszegi, Z. Li, F. Békés, S. Bencze and O. Veisz. 2011. Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech J. Food Sci.* 29: 117-128.
- Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2012. FAOSTAT Statistics Database. available at: <http://faostat.fao.org/>
- Guarda, G., S. Padovan and G. Delogu. 2004. Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *Eur. J. Agron.* 21: 181-192.
- Guttieri, M. J., J. C. Stark, k. O. Brain and E. Souza. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sci.* 41:327-335.
- Guttieri, M. J., R. Ahmad, J. C. Stark and E. Souza. 2000. End use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Sci.* 40: 631-635.
- Jevrek, M. N. and G. D. Atasoy. 2012. Effect of post anthesis drought on certain agronomical characteristics of wheat under two different nitrogen application conditions. *Turk J Field Crops.* 17:19-23.

- Kilic, Y. and T. Yagbasanlar. 2010. The Effect of Drought Stress on Grain Yield, Yield Components and some Quality Traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) Cultivars. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 38: 164-170.
- Moayed, A. A., A. N. Boyce and S. S. Barakbah. 2010. The performance of durum and bread wheat genotypes associated with yield and yield component under different water deficit conditions. Aust J Basic and Applied Sci. 4: 106-113.
- Obidiegwu J. E., G. J. Bryan, H. G. Jones and A. Prashar. 2015. Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. Front. Plant Sci. 6: 1-23.
- Pierre, C.S., C. J. Peterson, A. S. Ross, J. B. Ohm, M. C. Verhoeven, M. Larson and B. Hoefer. 2007. Winter wheat genotypes under different levels of nitrogen and water stress: Changes in grain protein composition. J. Cereal Sci. 47:407-413.
- Prashar, A. and H. G. Jones. 2014. Infra-red thermography as a high-throughput tool for field phenotyping. Agronomy 4: 397-417.
- Raun, W.R. and G. V. Johnson. 2008. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron. J. 91:357-363.
- Sabir, S., J. Bakht, M. Shafi, W. Shah and N. P. Khan. 2002. Effect of foliar vs. broadcast application of different doses of nitrogen on barley. Asian. J. Plant Sci. 3: 213-215.
- Saeidi, M., S. H. Ardalani, S. Jalali-Honarmand., M. Ghobadi and M. Abdoli. 2015. Evaluation of drought stress at vegetative growth stage on the grain yield formation and some physiological traits as well as fluorescence parameters of different bread wheat cultivars. Acta Biol Szeged. 59: 35-44.
- Serna-Saldivar, S. O. 2012. Cereal Grains Laboratory Reference and Procedures Manual. CRC Press. 394 p.
- Shah, K. H., M. Y. Memon, S. H. Siddiqui, M. Imtiaz and M. Aslam. 2003. Response of wheat to foliar applied urea at different growth stage and solution concentrations. Pak. J. Plant Path. 2: 48-55.
- Yang, j., J.Zhang., Z. Wang., Q. Zhu and L. Liu. 2001. Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agron. J. 93:196-206.
- Zhao, C. X., M. R. He, Z. L. Wang, Y. F. Wang and Q. Lin. 2009. Effects of different water availability at post-anthesis stage on grain nutrition and quality in strong-gluten winter wheat. Comptes Rendus Biologies, 332: 759-764.

Effect of late season drought stress and foliar application of nitrogen on yield and some physiological traits of wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum)

M. Rostami¹, A.R. Ahmadi², H. Mohammadi¹

Received: 2015-9-25 Accepted: 2015-12-14

Abstract

In order to study the effects of late season drought stress and foliar application of nitrogen on physiological traits and grain yield of wheat an experiment was conducted as strip-plot based on complete randomized blocks design (CRBD) with three replications. The horizontal factor were irrigation treatments (IR₁: full irrigation, IR₂: cutting irrigation at grain dough stage and IR₃: cutting irrigation at grain milk stage) and the vertical factor were foliar application of nitrogen as urea (N₁: control, N₂: foliar application of 20 kg.ha⁻¹ urea at flowering stage, N₃: foliar application of 20 kg.ha⁻¹ urea at milk stage and N₄: foliar application of 20 kg.ha⁻¹ urea at flowering and milk stage). Based on the results only the effect of irrigation treatments on grain yield was significant and the highest (5077 kg. ha⁻¹) and the lowest (3945 kg. ha⁻¹) amount of grain yield obtained in full irrigation and cutting irrigation at grain milk stage, respectively. Effects of irrigation and interaction of treatments on relative water content was significant. Effects of interaction of treatments on leaf chlorophyll were significant. The main effect of irrigation treatment on canopy temperature and hectoliter weight was significant and the highest and the lowest values of these traits observed in full irrigation and IR₃ treatments, respectively. The experimental treatments and interaction of treatments significantly affect grain protein content and decreasing irrigation resulted in increasing grain protein content. The highest value of grain protein content observed by cutting irrigation at grain milk stage and foliar application of urea at flowering stage (IR₃N₂) whereas the lowest percentage of protein content observed in full irrigation and no application of urea (IR₁N₁). Although by cutting the irrigation, protein content in both of treatments (IR₂ and IR₃) increased but by considering the grain yield it seems that cutting irrigation at grain dough stage is more suitable.

Keywords: Canopy temperature, chlorophyll, grain protein, hectoliter weight

1 - Department of Agronomy and Crop Breeding, Malayer University, Malayer, Iran

2 - Department of Plant Protection, Lorestan University, Khoramabad, Iran