دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و سوم، ۱۳۹۹

# بررسی اثر متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن و تنش خشکی بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد چهار رقم گندم

سعید صمصامی[۱]، فرود بذرافشان[۲]، مهدی زارع[۱]، بهرام امیری[۱]، عبدالله بحرانی[۳]

دریافت: ۹۸/۱۰/۳۰ پذیرش: ۹۹/۳/۳۱

**چکیده**

به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر رنگدانه‌های کلروفیل a، کلروفیل b، فلاونوئید، کارتنوئید و اجزای عملکرد چهار رقم گندم در دو منطقه کودیان و نصرآباد از توابع استان فارس ایران پژوهش انجام شد. آزمایش به صورت کرت دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به انجام رسید به نحوی که فاکتور اصلی شامل دو سطح آبیاری (نرمال و قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی)، فاکتورهای فرعی شامل چهار سطح کودی صفر، ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و چهار رقم گندم (شیرودی، چمران ۲، چمران مادری و سیروان) با سه تکرار بود. صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و رنگدانه‌های کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و فلاونوئید مورد مطالعه قرار گرفتند. براساس نتایج به دست آمده مشخص گردید تنش خشکی منجر به کاهش کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، فلاونوئید، عملکرد و اجزای عملکرد گردید به طوریکه اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۲۹ درصدی عملکرد دانه گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ۲۵، ۳۲ و ۱۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید. بنابراین استفاده از این ارقام با ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن برای شرایط تنش خشکی و عدم تنش مناسب است.

**واژه‌های کلیدی:** رنگدانه، تنش خشکی، وزن هزار دانه

**صمصامی، س.، ف. بذرافشان، م. زارع، ب. امیری و ع. بحرانی. ۱۳۹۹. بررسی اثر متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن و تنش خشکی بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد چهار رقم گندم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۳: ۱۸٤-۱۷۱.**

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروز آباد، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروز آباد، ایران- مسئول مکاتبات. Foroodbazrafshan@gmail.com

۳- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران

**مقدمه**

گندم یکی از مهم‌ترین غلات است که در آسیای شرقی، مرکزی و نواحی مدیترانه‌ای و در نواحی خشک و نیمه خشک با تغییرات زیاد آب و هوایی رشد می‌کند (دانگ و همکاران، ۲۰۰۶) گندم نان مهم‌ترین محصول غله‌ای ایران است. خشکی از ویژگی های بارز جغرافیایی کشور ماست و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان به حساب می‌آید. این عامل هنگامی ایجاد می‌شود که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در داخل گیاه شده و در نتیجه تولید را کاهش می‌دهند (فرشادفر و همکاران، ۲۰۰۱).

بررسی تنش‌های زیستی و محیطی بر گیاهان نشان دهنده آن بوده که آب ملکول مهمی برای تمامی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان بوده است و بین ۸۰ تا ۹۰٪ بیوماس گیاهان علفی را تشکیل می‌دهد. اگر مقدار آب در گیاه ناکافی باشد، گیاه مرحله کم آبی را تجربه نموده که اصطلاحا به آن خشکسالی می‌گویند (فرشادفر و همکاران، ۲۰۰۱). کم آبی نه تنها در اثر کمبود آب، که در اثر تنش‌هایی همچون دمای پایین یا شوری نیز حاصل می‌شود، بنابراین در این فرآیندها و فعل و انفعالات، ترکیبات ملکولی زیادی دخالت دارند. همه این تنش‌ها واجد یک اثر منفی بر روی تولید و عملکرد گیاه می‌باشند که این خود، حوزه تحقیقاتی وسیعی را برای بهبود عملکرد گیاهی می‌طلبد. گیاهان برای سازگار شدن با شرایط کم آبی، مکانیزم‌های گوناگونی را توسعه داده اند. فراهم نمودن مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک با مصرف کودهای شیمیایی یکی از جنبه های بسیار مهم مدیریت زراعی برای افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات است (بالق و همکاران، ۲۰۰۶). به دلیل پویایی و تحرک ازت در خاک مدیریت میزان مصرف آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا حداکثر عملکرد عاید گشته و کیفیت محصول نیز بهتر شود و همچنین مصرف ازت اثرات تخریبی و زیست محیطی ایجاد نکرده و سبب آلودگی آبهای زیرزمینی نگردد و به این وسیله گامی در جهت کشاورزی پایدار برداشته شود. امروزه ازکودها به عنوان ابزاری برای دستیابی به حداکثرتولید در واحد سطح استفاده می‌شود.البته علاوه برافزایش تولید،کیفیت محصولات کشاورزی و سلامتی محصولات نیز بایستی مدنظر باشد (بالق و همکاران، ۲۰۰۶). کاربرد کودهای نیتروژن در افزایش عملکرد و نیز در افزایش میزان نیتروژن دانه تاثیر دارد. البته مصرف بیش از حد موجب تحریک رشد رویشی بیش از حد گیاه، نازک و دراز شدن ساقه و در نتیجه، خوابیدگی بوته‌ها و همچنین، مصرف بیش از حد آب می‌شود. ممکن است زیادی نیتروژن خاک در صورتی که مقدار سایر عناصر غذایی کم باشد، دوره رشد گیاه را طولانی‌تر کرده و رسیدن محصول را به تاخیر اندازد (چاندراسکار و همکاران، ۲۰۰۵).

در غلاتی به مانند گندم تنش القا شده به خاطر خشکی در زمان پر شدن دانه معمولا دوره پر شدن دانه را کوتاه کرده و سرعت پر شدن دانه را کاهش می دهد و در نهایت منجر به کاهش در عملکرد دانه می‌گردد. سرعت پر شدن دانه در غلات با قدرت منبع تعیین می‌شود (میلر و همکاران ، ۲۰۱۰). در طول پر شدن دانه گندم دانه‌های مخزن بسیار قوی برای کربوهیدرات هستند. قدرت مخزن به معنای توانایی یک مخزن در رقابت با سایر مخازن جهت ورود مواد غذایی یا مواد فتوسنتزی است، که خود شامل اندازه مخزن (تعداد و اندازه سلول) و فعالیت مخزن می‌باشد. فعالیت مخزن یک مفهوم فیزیولوژیک است که شامل چند آنزیم و عامل کلیدی در مصرف و ذخیره هیدرات کربن است که می‌تواند تحت تاثیر ارقام و سطوح کاربرد هورمون، متفاوت باشد (فاروق و همکاران ، ۲۰۰۹). وزن خشک بیشتر در مرحله گرده افشانی به مشارکت بیشتر ماده خشک آن در انتقال مجدد به دانه و عملکرد بیشتر در شرایط تنش رطوبتی منتهی می شود. تحت شرایط تنش خشکی در اواخر فصل رشد کاهش عملکرد گندم با سقط دانه و یا کاهش رشد دانه مرتبط است (وانگ و همکاران ، ۲۰۱٤).

از آنجا که مصرف کود نیتروژن بر فعل و انفعالات بیوشیمیایی، فتوسنتز، افزایش طول دوره رویشی و تجمع ماده خشک بیشتر در اندام‌های هوایی گندم موثر است به نظر می آید تاثیر آن بر عملکرد دانه بدیهی باشد (لیئود و همکاران، ۲۰۰۳). شیالاجا و اسوارایالاکشمی (۲۰۰٤) و دموتس ماینارادر و جوفرویه (۲۰۰٤) نشان دادند که کمبود نیتروژن در طول دوره رشد خوشه گندم و یا بعد از گرده افشانی باعث کاهش وزن خشک خوشه و نیز تعداد دانه در خوشه این گیاه می شود. همچنین با افزایش مصرف نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، شاخص برداشت گندم به میزان ۱۲/۳ درصد کاهش یافت. این کاهش می‌تواند به سبب افزایش بیشتر عملکرد بیولوژیکی نسبت به عملکرد دانه باشد.

خیاط و همکاران (۱۳۹۲) به منظور بررسی اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن ژنوتیپ‌های گندم دوروم، آزمایشی انجام دادند که در آن فاکتورهای اصلی عبارت بود از: ۹۰،٤۵ و ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و فاکتور فرعی، سه رقم گندم دوروم شامل یاواروس، شوا

و S78 بود. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای نیتروژن بر عملکرد ارقام گندم معنی‌دار بود. بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۱۳۷٦گرم در مترمربع)، عملکرد دانه (٤۹٤/٦گرم در مترمربع)، تعداد دانه در سنبله (۳۲/۵۸) و وزن هزار دانه (۳۹/۹٦ گرم) در تیمار کاربرد ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دست آمد.

کاهش در کل کاروتنوئیدها در پاسخ به تنش خشکی به کم کردن ROSها که توسط تنش خشکی تولید می‌شود کمک می‌کند (هولت و پگسن، ۲۰۰٦). محتوای ROSها در سیستم‌های بیولوژیک توسط دو نوع سیستم دفاعی آنزیمی و غیرآنزیمی کنترل می شود. آنزیم‌های آنتی اکسیدانی به عنوان سریع‌ترین واحدهایی که در مقابل ROSها مبارزه می کنند مطرح هستند (راماچاندرا–ردی و همکاران، ۲۰۰٤).

در تنش خشکی فعالیت فیزیولوژیکی گیاه به طور مستقیم یا غیرمستقیم دچار اختلال می‌گردد، تنش خشکی با تاثیر روی میزان فتوسنتز گیاه و کاهش رنگیزه های فتوسنتزی باعث کاهش عملکرد می‌گردد (فلاورز و همکاران، ۲۰۰۰). میزان رنگیزه فتوسنتزی کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (گزنووا و همکاران، ۲۰۰٦). دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. در طی تنش، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و ساختار تیلاکوئید ناپدید می‌گردند (شریفا و موریفا، ۲۰۱۵). این پژوهش به منظور بررسی اثر نیتروژن بر بهبود محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و متعاقبا بهبود عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گندم در دو منطقه کودیان و نصرآباد تحت شرایط تنش خشکی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در دو مکان شامل کودیان (۵۲ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۸٤ دقیقه شمالی) و نصرآباد (۵۲ درجه و ٦٤ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) هر دو از توابع بخش مرکزی شهرستان شیراز در استان فارس ایران به اجرا در آمد. عملیات کاشت، داشت و برداشت مطابق با عرف منطقه انجام شد. این آزمایش بصورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به انجام رسید به نحوی که فاکتور اصلی شامل دو سطح آبیاری (نرمال، قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی)، فاکتور فرعی شامل چهار رقم گندم (شیرودی، چمران ۲، چمران مادری و سیروان) و فاکتور فرعی فرعی شامل چهار سطح کودی صفر، ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با سه تکرار و در دو مکان نام برده اعمال شد.

برای اندازه گیری کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید از روش آرنون (۱۹٦۷) استفاده شد. مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی (برگ پرچم) را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد کرده و به خوبی له شد. سپس۲۰ میلی لیتر استن ۸۰٪ به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ را به بالن شیشه‌ای منتقل گردید. مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a، ٦٤۵ نانومتر برای کلروفیل b و ٤۷۰ برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب را قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست می آید (آرنون، ۱۹٦۷).

Chlorophyll a = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) V/100W
Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/100W
Carotenoides = 100(A470) - 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl. b)/227

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موج های ٦٦۳، ٦٤۵ و ٤۷۰ نانومتر

W= وزن تر نمونه بر حسب گرم

برای اندازه گیری فلاونوئید از روش ساریکورکو و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد. نمونه های برگ در متانول حاوی آلومینیوم کلرید ۲٪ استخراج شده و پس از سانتریفیوژ، روشناور برداشت و جذب آن در طول موج ٤۱۵ نانومتر قرائت شد. از غلظت های مختلف کوئرستین (صفر تا ۱٦ میلی گرم در لیتر) به عنوان استاندارد استفاده گردید.

صفات دیگر مورد مطالعه در پایان آزمایش شامل عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه بود. به منظور تجزیه آماری داده ها اعم از آزمون نرمالیته، تجزیه واریانس و همبستگی توسط نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد جهت رسم نمودارها از نرم افزار excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب مشخص شد که تاثیر تیمارهای مکان، تنش خشکی، رقم و نیتروژن در سطح ۱ درصد بر تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود همچنین مشخص شد که اثرات متقابل سه گانه نیز در سطح ۱درصد بر میانگین این صفات به جز کارتنوئید، فلاونوئید و کلروفیل a معنی‌دار شد (جدول ۱).

**جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب مربوط به صفات زراعی مورد مطالعه در دو مکان**

| منابع تغییر | درجه آزادی | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | تعداد دانه در سنبله | تعداد کل سنبله در مترمربع | کارتنوئید | فلاونوئید | کلروفیل a | کلروفیل b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مکان | ۱ | ٦۱/۳٦$^{**}$ | ٥٥۱۷۷۲$^{**}$ | ۲٤۹٥۸$^{**}$ | ۷۷۰٤۰$^{**}$ | ٥/۳٤$^{**}$ | ۱٦/۱۷$^{**}$ | ۱۱/۱٦۳$^{**}$ | ۰/٥٥۰$^{**}$ |
| تکرار در مکان | ٤ | ۰/۹۸ | ۲۷۳۲٦ | ۸۸/۳۱ | ٦۷۷/۳ | ۰/٦٥ | ۰/٦۳ | ٦/۷۷٤$^{**}$ | ۰/۰۳٦$^{**}$ |
| تنش | ۱ | ٦۹/٤۱$^{**}$ | ٥۸٤۲۷۱$^{**}$ | ۱۲۳٥$^{**}$ | ۳۷۹۱$^{**}$ | ۳۳/۱٦$^{**}$ | ۳۲/۹۰$^{**}$ | ۲٦/۹۸۱$^{**}$ | ۳/۷۳٥$^{**}$ |
| مکان*تنش | ۱ | ۲۲/۰۳$^{**}$ | ۱٥/٦٦ | ۱۱۹۱$^{**}$ | ۷٥$^{*}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰٤ | ۰/۰۳۱$^{**}$ |
| مکان*تنش*تکرار | ٤ | ۰/۰۲ | ٤۸٦/٤ | ۱/٤۷ | ۱۱/۲٥ | ۰/۰٥ | ۰/۰٦ | ۰/٤۷۰$^{*}$ | ۰/۰۰۳$^{*}$ |
| رقم | ۳ | ۱۲/٥۰$^{**}$ | ۱۰۳٥۷۸$^{**}$ | ۱۳٤۸$^{**}$ | ۲٤٥۰۱$^{**}$ | ٤۱/٤٤$^{**}$ | ۱۱/٤۲$^{**}$ | ۷/۰۹۰$^{**}$ | ۱/۲۸٦$^{**}$ |
| مکان*رقم | ۳ | ۸/۱٥$^{**}$ | ۲۳۹٤٤$^{**}$ | ۲٦۷/٦$^{**}$ | ۲۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰٤۳$^{**}$ |
| تنش*رقم | ۳ | ۱۱/۱۰$^{**}$ | ۹۱۷۸۷$^{**}$ | ٥٤٤$^{**}$ | ۷۹٦/۸$^{**}$ | ۳/۳٦$^{**}$ | ۱/٤٥$^{**}$ | ۱/۳۰۲$^{**}$ | ۰/۰۷٥$^{**}$ |
| مکان*تنش*رقم | ۳ | ۱۱/٥۰$^{**}$ | ٤۳۹٦٦$^{**}$ | ٤۹/٤۱$^{**}$ | ۲۸۰٦$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰٦ | ۰/۰٥٥$^{**}$ |
| خطا | ۲٤ | ۰/۰۲ | ۸۷٥/۸ | ۱/۷۲ | ۱۳/٥ | ۰/۰۱٤ | ۰/۰۱٦ | ۰/۱۲۳ | ۰/۰۰۰۸ |
| نیتروژن | ۳ | ٥/٤۷$^{**}$ | ٦٦٥۷۱$^{**}$ | ۲٤٦/۱$^{**}$ | ٦۰۹۹$^{**}$ | ٦/٤٦$^{**}$ | ۱/۸۷$^{**}$ | ٤/٦٤٦$^{**}$ | ۰/۸۹٦$^{**}$ |
| مکان*نیتروژن | ۳ | ۸/۳۱$^{**}$ | ٦۸۹۰۳$^{**}$ | ۲۱/٥۰$^{**}$ | ۳۳٦۷$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰٥۲$^{**}$ |
| تنش*نیتروژن | ۳ | ٦/۲۲$^{**}$ | ٦٥۷۸۰$^{**}$ | ۱٤۱/٤۳$^{**}$ | ۲۰۰٦$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰٦٥$^{**}$ |
| مکان*تنش*نیتروژن | ۳ | ۱۰/۱٤$^{**}$ | ٤۱۲۲۲$^{**}$ | ۹۹/۰٦$^{**}$ | ۱۸۷۲$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰٤٤$^{**}$ |
| رقم*نیتروژن | ۹ | ۸/۹۹$^{**}$ | ٤۹۷٥۳$^{**}$ | ۱۳۹/۱٥$^{**}$ | ۲٥۰۸$^{**}$ | ۰/۲۰$^{**}$ | ۰/۲۱$^{**}$ | ٤/۳٦۰$^{**}$ | ۰/٦۷۸$^{**}$ |
| مکان*رقم*نیتروژن | ۹ | ۹/۷۹$^{**}$ | ٤۷۰۰٤$^{**}$ | ۱٥۰/٤$^{**}$ | ۲٤٦۱$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰٤٦$^{**}$ |
| تنش*رقم*نیتروژن | ۹ | ۹/۲۸$^{**}$ | ۸۳٦۰۷$^{**}$ | ۱٦۰/۳$^{**}$ | ۳۳۷۰$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰٤۷$^{**}$ |
| مکان*تنش*رقم*نیتروژن | ۹ | ۸/۹۷$^{**}$ | ٤۲۸۷۸$^{**}$ | ۲۰۱/٦$^{**}$ | ۲٦٤۱$^{**}$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰٤۹$^{**}$ |
| خطا | ۹٦ | ۰/۰۲ | ۷۸٦/۳ | ۱/۹۳ | ۱٥/۹٤ | ۰/۰۲ | ۲/۳۰ | ۰/۱۹۸ | ۰/۰۰۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۱۳/۰۸ | ۱۰/۷٥ | ۱۳/۲ | ۱۲/۹۷ | ۱۳/۳٦ | ۱٤/٥۹ | ۱۸/۸۲ | ۱٥/۹٥ |

**وزن هزار دانه**

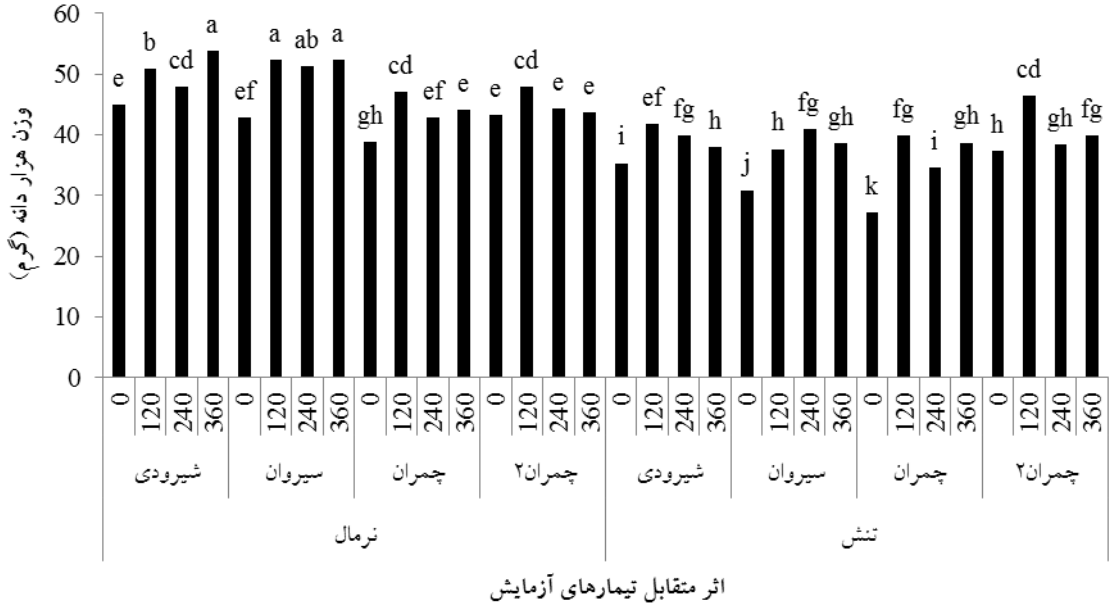
اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ۲۱، ۱۳ و ۱٦ درصدی وزن هزار دانه نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید و در بین ارقام مورد مطالعه ارقام سیروان و شیرودی بالاترین میانگین وزن هزار دانه را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش بالاترین میانگین (٤٦/۳ گرم) به رقم چمران۲ با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت و این در حالی بود که در شرایط عدم تنش بالاترین میانگین (٥۳/۸ گرم) به رقم شیرودی با ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (شکل ۱).

سطوح نیتروژن دارای تفاوت آماری معنی داری بر وزن هزار دانه بودند. به طوری که مصرف بیشتر نیتروژن در مقایسه با مصرف کمتر نیتروژن باعث افزایش وزن هزار دانه گردید. تاتار و همکاران (۲۰۱٦) علت کاهش عملکرد ارقام در شرایط تنش را ناشی از کاهش میزان فتوآسیمیلات تولیدی طی فرآیند فتوسنتزی دانسته و اظهار کردند این امر سبب کاهش وزن هزار دانه و به طبع عملکرد شده است. افزایش وزن دانه می‌تواند به دلیل افزایش شدت فتوسنتز و انتقال مواد پرورده به دانه ها همراه با کاهش اثر تنش خشکی در اثر مصرف ازت باشد. وجود مواد تغذیه‌ای کافی مانند نیتروژن در اندام های گیاهی و انتقال آن به دانه باعث افزایش وزن دانه می‌شود. کاهش وزن دانه ناشی از کمبود عناصر غذایی پر مصرف در بررسی های مختلف گزارش شده است (رادمهر، ۲۰۰۱; گلاقر و همکاران، ۱۹۷٦).

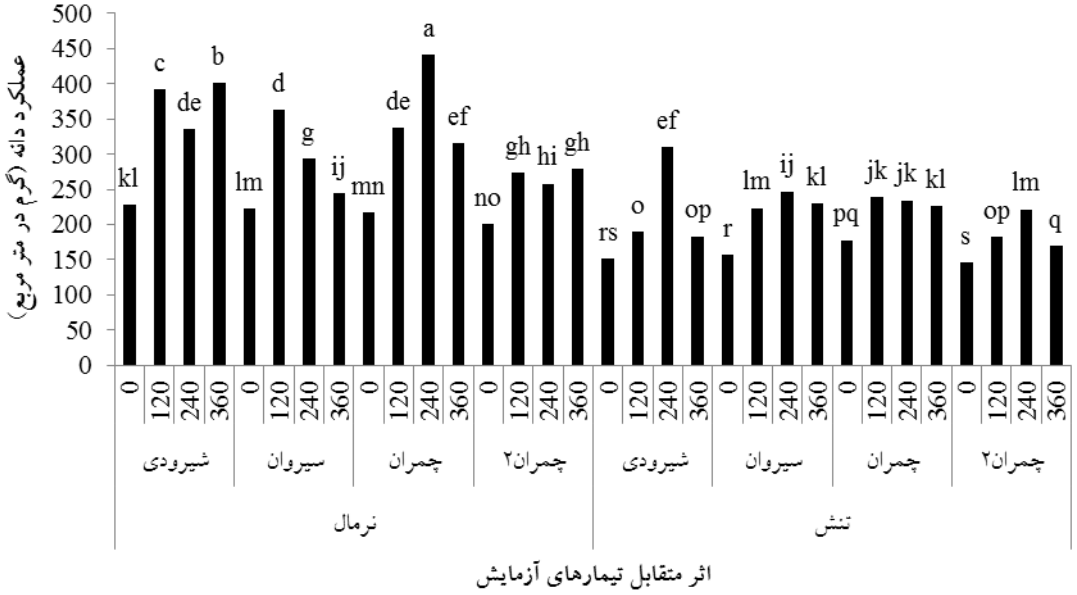
**عملکرد دانه**

مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۳۱ درصدی عملکرد دانه گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ٤٦، ٥٦ و ۳٦ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید و در بین ارقام مورد مطالعه ارقام شیرودی و چمران بالاترین میانگین عملکرد دانه را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش بالاترین میانگین به رقم شیرودی با ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت و این در حالی بود که در شرایط عدم تنش بالاترین میانگین به رقم چمران با ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (شکل ۲).

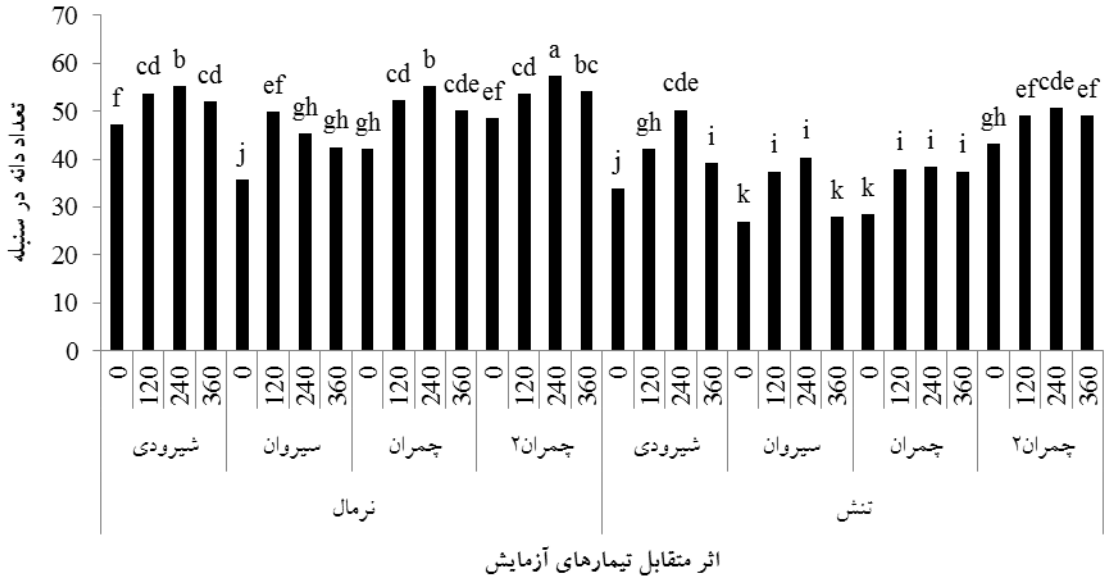
مطالعات انجام شده در شرایط کم آبی بر روی گندم نشان داده است که رابطه معنی‌داری بین عملکرد و وزن هزاردانه وجود دارد و این موضوع می‌تواند در برنامه‌های به نژادی مورد توجه قرار بگیرد؛ در واقع در شرایط خشکی وزن هزار دانه بیش از سایر اجزا تحت تاثیر قرار می گیرد (خان و همکاران، ۲۰۱۰). در برخی بررسی‌ها دیده شده است که به علت ایجاد شرایط رقابتی در محیط کم آب و شرایط تنش خشکی نسبت به محیط نرمال، تعداد دانه ها کاسته شده ولی در پی چنین شرایطی به میزان وزن هزاردانه یا وزن صد دانه در پی درشت تر شدن دانه ها افزوده می‌گردد (ضابط و همکاران، ۱۳۸۲). مشابه نتایج به دست آمده در این آزمایش، سعیدی و مرادی (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه در تنش رطوبتی ۱٤ روز بعد از گرده‌افشانی، کاهش یافت. همچنین ملک و همکاران (۱۳۹۸) اظهار داشتند که تنش خشکی ، عملکرد گندم را از ۵۳۵ گرم در مترمربع در شرایط آبیاری نرمال به ٤۳۷/٦ گرم در قطع آبیاری از مرحله گلدهی کاهش داد.




**شکل۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر وزن هزار دانه**




**شکل۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد**




**شکل۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر تعداد دانه در سنبله**

**تعداد دانه در سنبله**

مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۲۰ درصدی تعداد دانه در سنبله گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ۲۲، ۲۸ و ۱۵ درصدی تعداد دانه در سنبله نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید و در بین ارقام مورد مطالعه رقم چمران۲ بالاترین میانگین (۵۰/۷ عدد) تعداد دانه در سنبله را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش بالاترین میانگین (۵۰/۷ عدد)به رقم چمران ۲ با کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت و این در حالی بود که در شرایط عدم تنش بالاترین

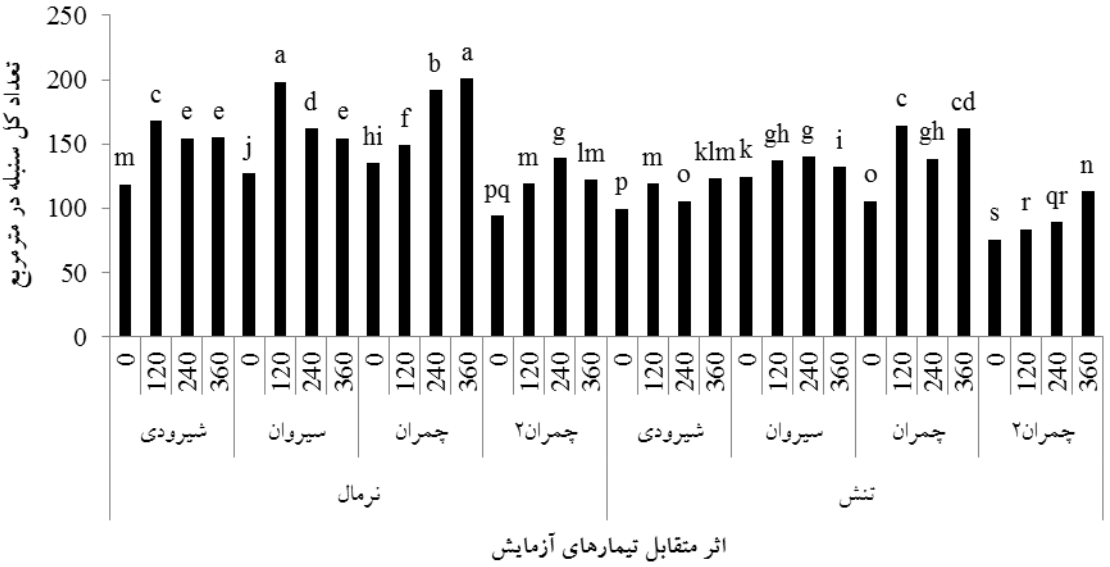
میانگین (۵۷/۳ عدد) به رقم چمران۲ با ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (شکل ۳).

لی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تعداد گلچه ها در سنبله از شروع مرحله طویل شدن ساقه تا ظهور سنبله تعیین می‌شوند و تنش خشکی در این مرحله، تعداد گلچه و نهایتا تعداد دانه در سنبله را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پاسخ مثبت تعداد دانه در سنبله به کاربرد کود نیتروژن را سایر پژوهشگران نیز گزارش نموده‌اند (ارکولی و همکاران، ۲۰۰۸; نصیری و همکاران، ۲۰۰۸)

**تعداد کل سنبله در مترمربع**

مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۲۰ درصدی تعداد کل سنبله در مترمربع گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ۲۹، ۲۷ و ۳۲ درصدی تعداد کل سنبله در مترمربع نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید و در بین ارقام مورد مطالعه ارقام سیروان(۱٤۷ عدد) و چمران (۱٥٦ عدد) بالاترین میانگین تعداد کل سنبله در مترمربع را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش بالاترین میانگین (۱٦٤ عدد)به رقم چمران با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت و این در حالی بود که در شرایط عدم تنش بالاترین میانگین (۲۰۰ عدد) به رقم چمران با ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (شکل ٤).

کاهش تعداد سنبله در واحد سطح احتمالا به دلیل عدم وجود رطوبت کافی در خاک، حتی با دسترسی به نیتروژن، بوده است. در بین اجزای عملکرد، رابطه تعداد سنبله در شرایط بدون تنش با عملکرد دانه با وجود نیتروژن، بارزتر است (بلیدو، ۲۰۰۰). عنایت قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که اثر متقابل نیتروژن و تنش خشکی بر تعداد سنبله در متر مربع گندم معنی دار یود. با افزایش مصرف نیتروژن در شرایط تنش خشکی و عدم تنش، تعداد سنبله افزایش یافت. به عقیده آنها نیتروژن از طریق بهبود رشد گره‌های انشعاب و تقویت آنها باعث افزایش تعداد سنبله بیشتری می‌شود.




**شکل ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر تعداد کل سنبله**

**کارتنوئیدها**

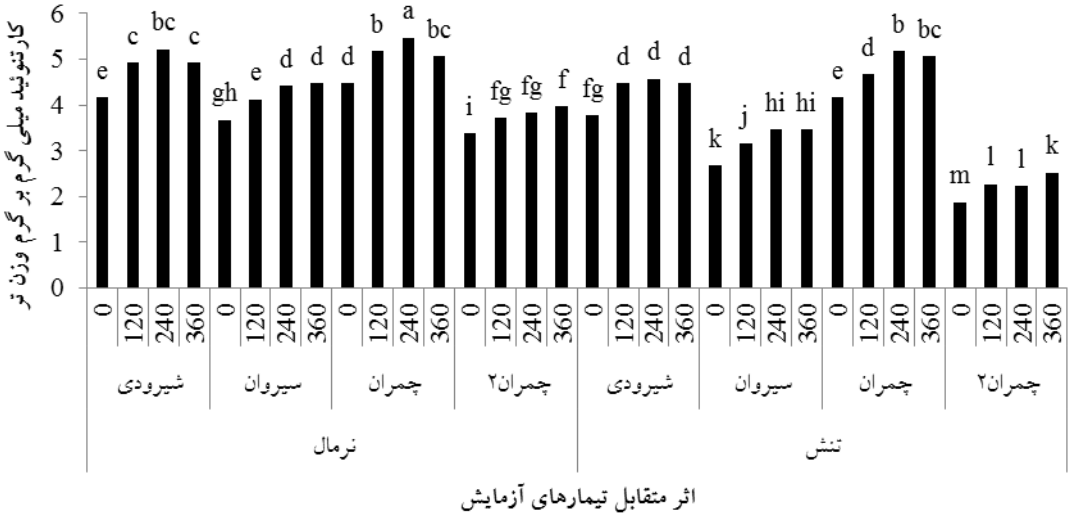
مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۱۸ درصدی کارتنوئید گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ۱٥، ۲۲ و ۲۰ درصدی کارتنوئید نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید و در بین ارقام مورد مطالعه رقم چمران بالاترین میانگین (٤/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کارتنوئید را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش بالاترین میانگین (۵/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به رقم چمران با ۲٤۰

کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت و این در حالی بود که در شرایط عدم تنش بالاترین میانگین (۵/٤۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به رقم چمران با۲٤۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (شکل ۵).

الویرا نتو و همکاران (۲۰۰۹) تغییرات متابولیکی را عامل کاهش سطوح رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه ذرت خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی بیان نمودند. این محققان گزارش کردند که کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات سبب کاهش سنتز کاروتنوئید و کلروفیل‌ها می‌شوند. همچنین اعمال تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه، تسریع پیری برگ و تجزیه رنگدانه‌های فتوسنتزی را در پی داشت. کاهش محتوای کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (پیکیللک و فاکس، ۱۹۹۲ و سیلوا و همکاران، ۲۰۰۷).

در شرایط تنش خشکی، به علت کاهش آسیمیلاسیون کربن افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، گیاه دچار تنش اکسیداتیو می‌شود. نقش کاروتنوئیدها در دفاع آنتی اکسیدانی بسیار مهم است. گونه‌هایی که دارای کاروتنوئیدهای بالاتری می‌باشند، در نقش اکسیداتیو ناشی از تنش آب، دفاع موثرتری خواهند داشت و تحمل بهتری در برابر تنش خشکی نشان می‌دهند (دات و همکاران ۱۹۹۸).

هوولت و پاکسان (۲۰۰٦) نیز ضمن بیان نتایج مشابه، گزارش کردند که کاهش در کل کاروتنوئیدها در پاسخ به تنش خشکی می توانند به کم کردن گونه‌های فعال اکسیژن که توسط تنش خشکی تولید می‌شوند کمک کند. در آزمایش دیگری روی اثر تنش خشکی بر ارقام گندم، سانیتاتا و گابریلا (۱۹۹۹) گزارش کردند که کاروتنوئیدها نقش حفاظتی در مقابل تنش اکسیداتیو القا شده دارند و در سمیت زدایی از کلروفیل نیز موثرند و باعث کاهش اثرات سمی رادیکال های آزاد می‌شوند.



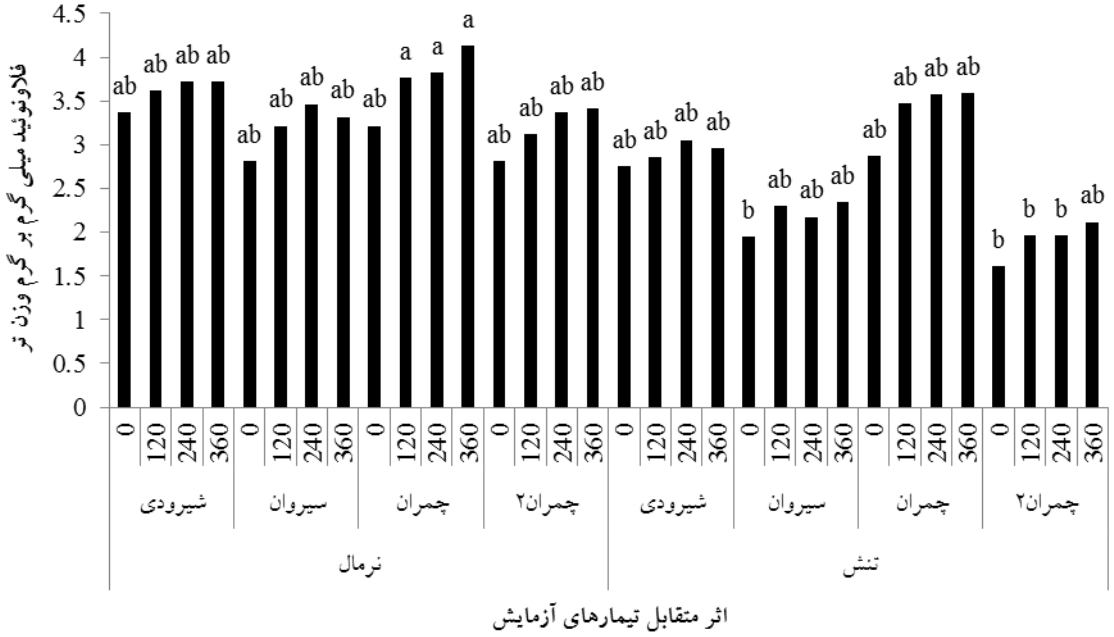

**شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر کارتنوئید (دانکن ۵ درصد)**

**فلاونوئید**

مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۲٤ درصدی فلاونوئید گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ۱۳، ۱۷ و ۱۹ درصدی فلاونوئید نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید و در بین ارقام مورد مطالعه رقم چمران بالاترین میانگین (۳/۵۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) فلاونوئید را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش کمترین میانگین (۱/٦ میلی گرم بر گرم وزن تر) به رقم چمران۲ بدون نیتروژن اختصاص داشت (شکل ٦).

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که در شرایط یکسان با افزایش میزان نیتروژن در گندم تحت شرایط تنش خشکی میزان فلاونوئید افزایش یافت. نتایج به دست آمده از بررسی

رضوی زاده و رشیدی پور (۱۳۹۵) بر فلاونوئید سورگوم نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی جذب فلاونوئید افزایش داشت. فلانوییدها نقش حفاظتی کلیدی در برابر رادیکال های فعال اکسیژن دارد زیرا قادرند تولید رادیکال های آزاد اکسیژن را مهار کنند و آنها را جاروب نمایند (انجام و همکاران، ۲۰۱٤). به نظر می رسد که گیاهان در شرایط تنش به علت افزایش رادیکال های آزاد، ترکیبات فنلی را افزایش داده تا بتوانند واکنش های دفاعی مناسبی در پیش گیرند. افزایش میزان فلاونوئیدها طی تنش خشکی در گیاه Cherry tomato توسط آلاسانی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است.




**شکل ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر فلاونوئید (دانکن ٥ درصد)**

**کلروفیل a و کلروفیل b**

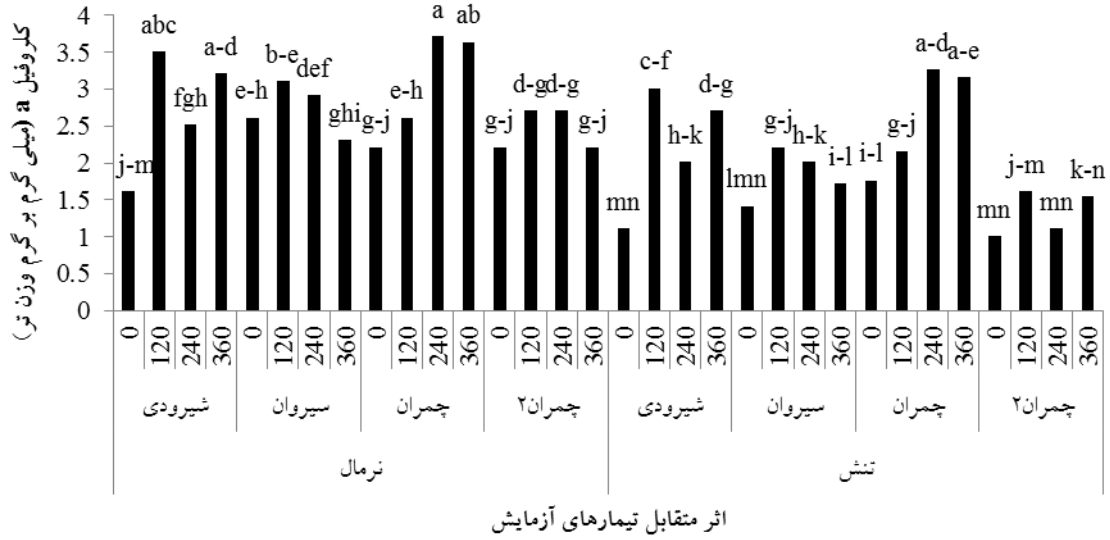
مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ٥ درصد نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۲۷ درصدی کلروفیل a گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲٤۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ٥۰، ٤٥ و ٤۷ درصدی کلروفیل a نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید و در بین ارقام مورد مطالعه رقم چمران بالاترین میانگین (۲/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) کلروفیل a را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش و عدم تنش بالاترین میانگین (۳/۲ و ۳/۷ میلی گرم بر گرم وزن تر)به رقم چمران با ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت (شکل ۷).

مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ٥ درصد نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۳۷ درصدی کلروفیل b و در بین ارقام مورد مطالعه رقم چمران بالاترین میانگین (۰/۷٤ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) کلروفیل b را نشان دادند، در بررسی اثرات متقابل تیمارهای آزمایش، در شرایط تنش بالاترین میانگین (۰/۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر)به رقم شیرودی با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت و این در حالی بود که در شرایط عدم تنش بالاترین میانگین (۱/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) به رقم چمران با ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (شکل ۸).

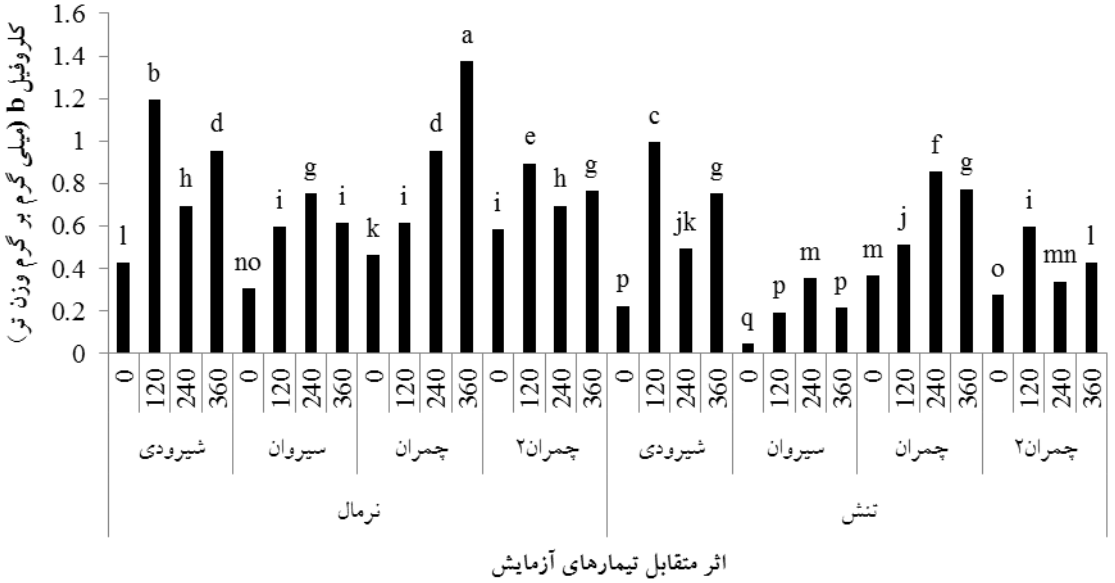
با افزایش تنش خشکی، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل کاهش یافت به طوری که کلروفیل b کاهش شدیدتری نسبت به کلروفیل a نشان داد. تنش آبی سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل b در گیاه نخود گردید (قربانی و همکاران، ۱۳۹۰). کاهش در محتوای کلروفیل به احتمال زیاد به دلیل افزایش کاتابولیسم کلروفیل‌ها و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌باشد که این فرآیند نیز خود نتیجه فراهم نبودن

عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنش می‌باشد (احمدی و سی و سه مرده، ۱۳۸۳).

کاربرد عناصر پرمصرف مانند N، K و Ca، سمیت ROS را از راه افزایش غلظت آنتی اکسیدان‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز کاهش می‌دهد. این آنتی‌اکسیدان‌ها گونه‌های فعال اکسیژن را بازیابی می‌کنند و واکنش‌های اکسیداسیون نوری را کاهش می‌دهند و در نتیجه موجب حفظ تکامل غشای کلروپلاست می‌شوند (وارایچ و همکاران، ۲۰۱۱). در بررسی مشابه روی اثر تنش خشکی بر ارقام گندم مشخص شد که مقدار کلروفیل و کارتنوئیدها تحت شرایط تنش خشکی در هر دو رقم گندم به طور معنی داری کاهش یافت (گوپتا و همکاران، ۲۰۱۲).




شکل ۷ مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر کلروفیل a (دانکن ۵ درصد)




**شکل ۸ مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر کلروفیل b (دانکن ۵ درصد)**

**همبستگی بین صفات**

براساس نتایج بدست آمده از همبستگی بین صفات حاصل از دو منطقه مشخص گردید که عملکرد دانه همبستگی بالا و معنی داری با تمام شاخص‌ها به جز تعداد سنبله دارد (جدول ۲). کاروتنوئید یکی از عوامل مهم ایجاد مقاومت در برابر تنش های محیطی است که باعث حذف رادیکالهای آزاد اکسیژن می شود و آن را به عنوان آنتی اکسیدان غیر آنزیمی می شناسند، همبستگی بالایی با میزان کلروفیل در گیاه دارد (سارواجت و ناردرا، ۲۰۱۰). امام و همکاران (۲۰۰۷) با ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله را گزارش کردند. سنجری و یزدان سپاس (۲۰۰۹) در ارزیابی ژنوتیپ های گندم نان در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی داری را بین عملکرد دانه با میزان انتقال مواد فتوسنتزی و شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی گزارش نمودند.

**جدول ۲- همبستگی بین صفات بر اساس داده های بدست آمده از دو مکان**

| | تعداد سنبله | تعداد دانه در سنبله | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | کلروفیل a | کلروفیل b | کارتنوئید |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تعداد دانه در سنبله | -۰/۴۲۹** | | | | | | |
| وزن هزار دانه | -۰/۱۰۵ | ۰/۳۲۳** | | | | | |
| عملکرد دانه | ۰/۱۹۵ | ۰/۴۸۴** | ۰/۸۴۰** | | | | |
| کلروفیل a | ۰/۲۵۹* | ۰/۲۵۰* | ۰/۲۳۹* | ۰/۴۴۵** | | | |
| کلروفیل b | ۰/۱۰۴ | ۰/۲۴۰* | ۰/۱۹۲ | ۰/۳۵۰** | ۰/۶۹۶** | | |
| کارتنوئید | ۰/۴۹۸** | -۰/۱۶۳ | ۰/۰۸۰ | ۰/۲۷۰* | ۰/۶۱۱** | ۰/۵۶۰** | |
| فلاونوئید | ۰/۱۲۴ | ۰/۳۴۶** | ۰/۲۹۹* | ۰/۴۷۱** | ۰/۷۲۹** | ۰/۶۶۶** | ۰/۷۷۳** |

**نتیجه‌گیری**

براساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گندم می‌گردد اما استفاده از کودهای نیتروژن به میزان بهینه می تواند از اثرات منفی تنش خشکی بکاهد بطوریکه اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۲۹ درصدی عملکرد دانه گردید اما اعمال تیمارهای ۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش ۲۵، ۳۲ و ۱۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کابرد نیتروژن گردید بنابراین مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در کاشت گندم در مواجه با تنش خشکی موثر واقع می‌گردد. در بین ارقام مورد مطالعه ارقام شیرودی و چمران بالاترین میانگین عملکرد دانه را نشان دادند بلکه واکنش انها نسبت به کارایی مصرف نیتروژن در راستای تحمل تنش خشکی نیز متفاوت بود، به این صورت که در شرایط تنش بالاترین میانگین به رقم شیرودی با ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص داشت و این در حالی بود که در شرایط عدم تنش بالاترین میانگین به رقم چمران با ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. بنابراین استفاده از این ارقام با ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب برای شرایط تنش خشکی و عدم تنش معرفی می‌گردد.

**منابع**


احمدی، ع . و ع. سی وسه مرده. ۱۳۸۳. اثر تنش خشکی بر کربوهیدرات محلول، کلروفیل و پرولین در چهار رقم گندم سازگار با شرایط متفاوت اقلیمی ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۳: ۷۶۳-۷۵۳.

خیاط، ش.، م. مجدم و م. علوی فاضل. ۱۳۹۲. اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن ژنوتیپهای گندم دوروم در خوزستان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز- سال ششم، شماره ۲۱: ۱۱۳-۱۰۳.

رضوی زاده، ر. و ا. شهریاری. ۱۳۹۵. بررسی مقایسه ای تاثیر تنش خشکی بر ویژگی های فیزیولوژیکی و دفاعی برخی ارقام گیاه سورگوم در شرایط کشت درون شیشه ای. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ۶. شماره ۱۹: ۱۷۰-۱۶۳.

ضابط، م.، ع. حسین زاده، ع. احمدی و ف. خیالپرست. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ماش. مقاله.مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳٤. شماره٤: ۸۹۸-۸۸۹.

قربانی، ط.، س.، گالشی، ا. سلطانی و ا. زینلی. ۱۳۹۰. تاثیر تنش خشکی بر پارامترهای رشد، محتوی کلروفیل و کارتنوئید در مرحله رویشی نخود. اولین همایش ملی و راهبردهایی دستیابی به کشاورزی پایدار، ۱٤۳-۱۳۸.

ملک، م. م.، م. گلوی، م. رمرودی و ع. نخزری مقدم. ۱۳۹۸. ارزیابی تحمل به تنش خشکی ارقام گندم تحت تنش کم آبی پس از گلدهی. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد ۱۲، شماره ۲: ۱۳٦-۱۲۳.

Al-Hassan, M., M. Martinez Fuertes, F. J. R. Sanchez, O. Vicente and M. Boscaiu. 2015. Effects of salt and water stress on plant growth and on accumulation of osmolytes and antioxidant compounds in Cherry Tomato. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 43: 1-11.

Anjum, N. A., C. Arena and S. Singhgill. 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS scavengers during environmental stress in plant. Front. Environ. Sci. 2: 1-13.

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.

Balogh, A., P. Pepo and M. Hornok. 2006. Interactions of crop year, fertilization and variety in winter wheat management. Cereal Res. Commun. 34: 389-392.

Bellido, L. L., R. J. L. Bellido, J. L. Castillo and F. J. L. Bellido. 2000. Effect of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions. Agron. J. 92: 1054-1063.

Chandrasekar, B. R., G. Ambrose and N. Jayabalan. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of Echinochloa frumentacea (Roxb) Link. J. Agri. Techno. 1: 223-234.

Dang, Y.P., R. Routley, M. McDonald, R.C. Dalal, D.K. Singh, D. Orange and M. Mann. 2006. Subsoil constraints in Vertosols: crop water use, nutrient concentration, and grain yields of bread wheat, durum wheat, barley, chickpea, and canola. Aust. J. Agric. Res. 57: 983-998.

Dat, J. F., C. H. Foyer and I. M. Scott. 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermos tolerance in mustard seedlings. Plant Physiol. 118: 1455- 1461.

Demotes-Mainard, S. and M.H. Jeuffroy. 2004. Effects of nitrogen and radiation on dry matter and nitrogen accumulation in the spike of winter wheat. Field Crops Research, 87(2-3), pp.221-233.

Emam, Y., A. M. Ranjbar and M. J. Bahrani. 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post- anthesis drought stress. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 11: 317-328.

Enayatgholizadeh, M. R., G. Fathi and M. Razaz. 2011. Response of wheat cultivars to drought stress and different levels of nitrogen under Khuzestan climate. Crop Ecophysiol. 17: 1-14. (In Persian with English abstract).

Ercoli, L., L. Lulli, M. Mariotti, A. Masoni and I. Arduini. 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. European Journal of Agronomy 28: 138– 147.

Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.

Farshadfar, E., J. Ghanadha Sutka and M. Zahravi. 2001. Generation mean analysis of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta Agron. Hung. 49: 9-66.

Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R. Yeo. 2000. The mechanism of salt tolerance in halophytes Annu. Journal of Plant Physiol, 28: 89-121.

Gallagher, J.N., P.V. Briscoe and B.H. Inter. 1976. Effects of drought on grain growth. Nature. 264: 541-542.

Gupta, S., N.K. Gupta, A. Arora, V.P. Agarwal and A.K. Purohit. 2012. Effect of water stress on photosynthetic attributes, membrane stability and yield in contrasting wheat genotypes. Indian J. Plant Physiol., 17(1): 22-27.

Gusegnova, I.M., S.Y. Suleymanov and J.A. Aliyev. 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. Journal of Biochemistry Research, 71: 223-228.

Howltt, A.C., and B.J. Pogson. 2006. Carotenoid accumulation and function in seeds and non-green tissues. Plant Cell Environ., 29: 435-445.

Khan, A. J., F. Azam and A. Ali. 2010. Relationship of morphological traits and grain yield in recombination inbred with lines grown under drought conditions. Pak. J. Bot. 42: 259-267.

Li, C., W. Cao and T. Dai. 2001. Dynamic characteristics of floret primordium development in wheat. Field Crops Research 71: 71-76.

Lioyd, D., C. de Koning, S. Hughes, B. Johnson and D. McLachlan. 2003. A new temperate forage legume with great potential – breeding new cultivars of Hedysarum. 11th Australian Agronomy Conference.

Miller, G.A.D., N. Suzuki, S.U.L.T.A.N. Ciftci-Yilmazand and R.O.N. Mittler. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. Plant, cell & environment, 33(4), pp.453-467.

Nasiri, Y., M. R. Shakiba, H. Alyari, M. Valizadeh and A. Dabagh Mohammadi-nasab. 2008. Influence of postpolination water deficit stress and nitrogen on yield, yield components and grain protein content of barley (cv. Valfajr). Agricultural Sciences 18(4): 143-153.

Oliviera-Neto, C.F., A.K. Silva-Lobato, M.C. Goncalves-Vidigal, R.C.L. Costa, B.G. Filho, G.A.R. Alves, W.J.M. Silva-Maia, F.J.R. Cruz, H.K.B. Neres and M.J. Santos Lopes. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Sci. Tech. 7: 588-593.

Piekielek, W.P. and R.H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. Agron. J. 84: 59-65.

Radmehr, M. 2001. Effect of heat stress on physiological growth and development of wheat. Mashhad University Press. pp: 275.

Ramachandra-Reddy, A., K.V. Chaitanya, P.P. Jutur and K. Sumithra. 2004. Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus Alba* L.) cultivars. Environ. Exp. Bot. 52 (1): 33-42.

Saeidi, M., and F. Moradi. 2011. Effect of post-anthesis water stress on remobilization of soluble carbohydrates from peduncle and penultimate internodes to the developing grains of two bread wheat cultivars. Iran. J. Crop Sci., 13(3): 548-564.

Sanitata, L., and R. Gabbriella. 1999. Response to Cd in higher plants Review. Environ. Exp. Bot., 45: 105130.

Sanjarei Pirvatlou, A. and A. Yazdansepas. 2009. Genotypic variation of stem reserves in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under post-anthesis drought stress condition. Iran. J. Field Crop Sci. 29: 181-191.

Sarikurkcu, C., B. Tepe, D. Daferera, M. Polissiou and M. Harmandar. 2008. Studies on the ant ioxidant activit y of the essent ial oil and methanol extract of *Marrubium globosum* subsp. *Globosum* (lamiaceae) by three different chemical assays. Bioresour. Technol. 99: 4239-4246.

Sarvajeet. S.G. and T. Narendra. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in a biotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol and Biochem. 3: 1-22.

Sharifa, S. and A. Muriefah. 2015. Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of Soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, 2: 81-93.

Shyalaja, J., and G. Swarajyalakshmi. 2004. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to conjunctive use of organic and chemical fertilizers on yield and quality parameters. Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development, 19: 1. 88-90.

Silva, M.A., J.L. Jifon, J.A.G. Silva and V. Sharma. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Braz. J. Plant Physiol. 19: 193-201.

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. J. Agron. Crop Sci., 202: 292-299.

Wang, X., M. Vignjevic, D. Jiang, S. Jacobsen and B. Wollenweber. 2014. Improved tolerance to drought stress after anthesis due to priming before anthesis in wheat (*Triticum aestivum* L.) var. Vinjett. Journal of experimental botany, 65(22), pp.6441-6456.

Waraich, E.A., R. Ahmad, M.Y. Saifullah and E. Ashraf. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Aust. J. Crop Sci. 5(6): 764-777.

# Interaction between different levels of nitrogen fertilizer and drought stress on photosynthetic pigments and yield in four wheat cultivars

S. Samsami[1], F. Bazrafshan[1], M. Zare[1], B. Amiri[1], A. Bahrani[2]

Received: 2020-1-20 Accepted: 2020-6-20

**Abstract**

Effect of different levels of nitrogen fertilizer on chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, flavonoid, yield and yield components of four wheat cultivars in two locations (Kudian and Nasrabad, Fars province, Iran) were investigated. The experiment was conducted as split plot in a randomized complete block design with two main irrigation levels (normal and interrupted irrigation at the stem stage). Four wheat cultivars (Shiroodi, Chamran 2, Chamran matri, and Siamran) and four levels of nitrogen fertilizer (0, 120, 240 and 360 kg $ha^{-1}$) with three replications were used as sub-factors. Grain yield traits, number of grains per spike, number of spikes per square meter, 1000-grain weight, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid and flavonoid pigments were evaluated. The results showed that drought stress reduced chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, flavonoid, yield and yield components. Drought stress reduced grain yield by 29% but application of 120, 240 and 360 kg $ha^{-1}$ nitrogen increased yield by 25, 32 and 15%, respectively. Therefore, the use of 240 kg nitrogen could be useful for these cultivars in both drought and non-stress conditions.

**Keywords:** Pigments, drought stress, 1000-grain weight

1- Department of Agriculture, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad Iran
2- Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz Iran