

## اثر تنش خشکی پس از گردهافشانی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و کیفیت دانه

### زنوتیپهای مختلف گندم

شیوا اردلانی<sup>۱</sup>، محسن سعیدی<sup>\*</sup><sup>۲</sup>، سعید جلالی‌هرمند<sup>۳</sup> و محمداقبال قبادی<sup>۴</sup>

۱) دانشآموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.  
۲، ۳ و ۴) عضو هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

\* نویسنده مسئول: Msaedi667@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۲

### چکیده

بخش عمده اراضی زیر کشت گندم جهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است. در این مناطق نیاز آبی گندم در تمامی مراحل رشد و نمو به طور کامل برآورده نمی‌شود. این تحقیق در همین راستا و به منظور بررسی اثر تنش کم آبیاری پس از گردهافشانی بر کمیت و کیفیت عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام مختلف گندم نان انجام شد. این آزمایش به صورت گلدانی طی سال زراعی ۹۱-۹۰ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به صورت فاکتوریل سه فاکتوره برای صفات فیزیولوژیک و دو فاکتوره برای کمیت و کیفیت عملکرد و بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. سه فاکتور مورد بررسی عبارت بودند از: ۱) تیمار رطوبتی در دو سطح عدم تنش (ظرفیت مزرعه) و تنش کمابی از مرحله گردهافشانی تا پایان دوره رشد (درصد ظرفیت مزرعه)، ۲) زنوتیپهای مختلف گندم (پیشتاز، DN-11، سیوند و مروdest) و ۳) زمان نمونه‌گیری در دو سطح شامل: ۱۱ و ۱۷ روز بعد از گردهافشانی بودند. نتایج نشان داد که در شرایط تنش و عدم تنش کمابی رقم مروdest کمترین عملکرد دانه را داشت. در بین دیگر زنوتیپهای مورد بررسی (در هر دو شرایط رطوبتی)، پیشتاز بالاترین عملکرد دانه را داشت. کمترین افت عملکرد دانه در شرایط تنش کمابی نسبت به شرایط عدم تنش نیز مربوط به رقم پیشتاز بود. اعمال تنش کمابی سبب شد که غلظت کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتینوئیدها، حداکثر کارایی فتوشیمیابی فتوسیستم II، شاخص زنده‌مانی و محتوای نسبی آب به طور معنیداری کاهش یابد. همچنین تنش کمابی سبب کاهش محتوی نشاسته و ماده خشک و افزایش محتوی فیبر و پروتئین دانه زنوتیپهای مورد بررسی گردید.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش خشکی و کلروفیل.

## مقدمه

اگرچه همه تنشهای زیستی و غیرزیستی از عوامل مهم کاهش تولید محسوب میشوند، ولی تنفس خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به حساب می‌آید (Debaeke and Abdellah, 2004). در چنین مناطقی وقوع تنفس خشکی در مراحل زایشی امری اجتنابناپذیر است و عدم بارش و توزیع نامناسب بارندگی از علل محدودکننده عملکرد غلات زمستانه در این مناطق به شمار می‌رود. در این بین، کشور ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۹ میلیمتر در ۳۰ سال گذشته در زمرة مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۷). اندازه‌گیری عملکرد دانه یکی از شاخصهای مهم در برنامه‌های اصلاحی گندم جهت تحمل به خشکی می‌باشد اما به دلیل و راثت‌پذیری پایین این صفت، اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تنفس خشکی در کنار آن ضروری به نظر می‌رسد. شاخصهای فیزیولوژیک از آن جهت اهمیت دارند که عملکرد گیاه به طور کامل به آن‌ها وابسته است و در هنگام تنفس خشکی دچار تغییر می‌شوند (Ouvrard *et al.*, 1996). در میان شاخصهای فیزیولوژیک، فتوسنترز یکی از مهم‌ترین فرآیندها در رشد و تولید محسوب شده و نگهداری سرعت آسمیلاسیون کربن تحت شرایط تنفس اساسی در شکل‌گیری عملکرد دارد (Lawlor, 1995). فتوسنترز فرآیندی ضروری برای گیاه است و آب یکی از عناصر اصلی جهت انجام آن می‌باشد. پتانسیل و محتوای نسبی آب برگ بالا، سرعت فتوسنترز را افزایش میدهد و با کاهش میزان آب قابل دسترس سرعت فتوسنترز نیز کاهش می‌باید (Tas and Tas, 2007; Siddique *et al.*, 2000). محتوای نسبی آب برگ بالا در نتیجه پتانسیل اسمزی بیشتر و یا دسترسی بیشتر به آب حاصل می‌شود (Akram, Ritchie *et al.*, 1990). گزارش کرد که محتوای نسبی آب برگ بالا با افزایش عملکرد و اجزای آن در ارتباط می‌باشد و تنفس خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود. کمبود آبی موجب تغییر در تبادلات گازی و محتوای کلروفیل می‌شود، به طوری که در گیاه شوید تنفس خشکی اثر معنیداری بر میزان کاروتئینیدهای بخش هوایی داشت، که با افزایش شدت تنفس، محتوای کلروفیل و کاروتئینیدها به طور معنیداری کاهش یافتند (Marcin'ska *et al.*, 2013). نتایج آزمایش‌های Mafakheri و همکاران (۲۰۱۰) و Nyachiro و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داد که تنفس خشکی به طور معنیداری محتوای کلروفیل کل را به ترتیب در نخود و گندم کاهش داد.

Talebi و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده نمودند که ژنتیپهای گندم با عملکرد بالا در شرایط آبیاری مطلوب، محتوای کلروفیل بیشتر و دمای کنوبی پایینتری در این شرایط داشتند. کاهش غلظت کلروفیل به ویژه در شرایط تنفس به دلیل تجزیه کلروفیل در اثر فعالیت آنزیمهای کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فلی می‌باشد (Silva *et al.*, 2007). اختصاص مواد به دانه علاوه بر کنترل ژنتیکی، وابستگی زیادی به شرایط محیطی مانند تنفس خشکی دارد (Lopez-Castaneda *et al.*)

مرحله پرشدن دانه گندم، افزایش پرتوئین دانه به میزان قابل توجه و افت کیفیت گلوتن نیز بر اثر افزایش چشم گیر نسبت گلیادین به گلوتنین را در شرایط تنفس گزارش کردند. با توجه به اثرات مختلف تنفس خشکی بر گیاهان زراعی، این تحقیق با هدف ارزیابی اثر تنفس خشکی پس از گرددهافشانی بر عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک سهیم در شکلگیری قدرت منبع و مخزن و ویژگی‌های کیفی بدوز تولیدی ژنتیپهای گندم اجرا شد.

## مواد و روشها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به صورت آزمایش گلدانی انجام شد. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۱۹ متر است. این بررسی به صورت آزمایش فاکتوریل سه فاکتوره برای صفات فیزیولوژیک و دو فاکتوره برای کمیت و کیفیت عملکرد دانه و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید. دلیل اجرای آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه، شبی حرارتی ناشی از سیستم خنک‌کننده گلخانه بود. فاکتورهای مورد بررسی عبارت بودند از: ۱) تیمار رطوبتی در دو سطح عدم تنفس (نگهداری رطوبت گلدانها در ظرفیت مزرعه در تمامی مراحل رشد) و تنفس کمابی از مرحله گرددهافشانی تا پایان دوره رشد (به نوعی که رطوبت گلدانهای تحت این تیمار تا زمان گرددهافشانی در ظرفیت مزرعه و از زمان گرددهافشانی به بعد در ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه نگهداری گردیدند)، ۲) چهار ژنتیپ گندم نان رایج در استان کرمانشاه (پیشتاز، DN-11، سیوند و مرودشت) و ۳) زمان نمونه‌گیری در دو سطح شامل: ۱۱ و ۱۷ روز بعد از گرددهافشانی. زمان گرددهافشانی طبق روش Ehdaei و همکاران (۲۰۰۶) تکمیل ۵۰ درصد گرددهافشانی سنبله‌های هر ژنتیپ به طور جداگانه لحاظ شد. به منظور اعمال تیمارهای رطوبتی، گلدانها به صورت هم وزن با خاک پر و به آرامی تا خروج کامل هوای موجود در خلل و فرج خاک با آب تیمار شدند. بعد از پوشاندن سطح گلدانها به وسیله فویل آلومینیومی (جهت جلوگیری از تبخیر از سطح خاک) آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت روی سطوح مشبک جهت زهکشی و رسیدن به ظرفیت مزرعه قرار داده شدند. در ادامه گلدانها وزن شده و خاک آن‌ها جهت خشک شدن کامل در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شدند. سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از آن با استفاده از رابطه ۱ زیر درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه محاسبه گردید:

$$\theta_{FC}^m = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad : \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه،  $\theta_{FC}^m$  درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه،  $M_w$  وزن رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه که از طریق کاهش وزن خاک در ظرفیت مزرعه از وزن خاک خشک شده در آون به دست می‌آید و  $M_s$  وزن خاک خشک شده در آون می‌باشد (Schonfeld *et al.*, 1988).

در ادامه وزن گلدانها در شرایط ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه با استفاده از رابطه ۲ به ترتیب زیر محاسبه گردید:

$$\text{رابطه ۲: } A/30 = F/30 \times (\text{FC}100\% \times \text{DW}) + \text{DW} + \text{Pot Weight}$$

در این رابطه،  $A/30$  وزن کل گلدان همراه با بوته در ۳۰ درصد وزنی رطوبت ظرفیت مزرعه،  $F/30$  مقدار درصد وزنی رطوبت مورد نیاز نسبت به ظرفیت مزرعه،  $\text{FC}/100\%$  درصد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه،  $\text{DW}$  وزن خاک خشک گلدان،  $\text{Pot weight}$  وزن گلدان و  $\text{Plant weight}$  وزن بوتهای هر گلدان میباشند (Schonfeld *et al.*, 1988). با استفاده از معادله بالا و وزن کردن گلدانها (دو بار در روز) درصد رطوبت خاک در تیمار تنش خشکی در حدود ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه نگهداری شد. در تیمار شاهد نیز با استفاده از همین روش درصد رطوبت خاک تا پایان دوره رشد در حدود ظرفیت مزرعه نگهداری شد. پس از شروع تیمار تنش هر پنج روز یک بار در تعدادی از گلدانهای اضافی وزن بوتها محاسبه شده و میانگین وزنی آن‌ها در معادله بالا وارد میگردید. بدین ترتیب اضافه وزن بوتها در زمانهای مختلف پس از گردهافشانی در معاله بالا اعمال می‌شد.

به منظور کاشت، بذور ژنتیپهای مورد بررسی در ۲۵ اسفندماه ۱۳۹۰ در گلدانهای پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر حاوی ۳ کیلوگرم خاک که شامل ترکیبی از خاک مزرعه و کود حیوانی با نسبت ۳ به ۱ کشت و بلافاصله آبیاری شدند. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر در عمق چهار سانتیمتری کاشته شدند. در مرحله سه برگی و پس از اطمینان از استقرار کامل بوتها، با تنک کردن بوتها اضافی تنها به پنج بوته در هر گلدان اجازه رشد داده شد و علمهای هرز نیز در این مرحله وجود نداشتند. به منظور کافی بودن تعداد گلدانها در هر تیمار جهت نمونهگیریهای متعدد، شش گلدان به هر ژنتیپ اختصاص پیدا کرد. بنابراین ۲۸۸ عدد گلدان در این آزمایش کشت شدند. میزان رطوبت و متوسط دمای هوا در طول فصل زراعی مورد نظر در جدول ۱ ارائه گردیده است. به منظور بررسی روند تغییرات محتوای نسبی آب برگ، رنگدانهای فتوسنتری و فلورسانس کلروفیل در ۱۱ و ۱۷ روز پس از اعمال تنش کمابی صفات فوق اندازهگیری شدند.

**جدول ۱: وضعیت هواشناسی محل اجرای آزمایش از اسفندماه تا تیرماه سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱**

پارامترها	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارندگی (میلیمتر)	۳۴/۳	۳۵/۴	۲۵/۲	.	.
تبخیر (میلیمتر)	-	۸۲/۲	۱۲۰/۵	۳۰۴/۶	۳۶۱/۲
حداکثر دما (سانتی گراد)	۲۲	۱۹/۲	۲۶/۵	۲۲/۷	۲۶/۹
حداقل دما (سانتی گراد)	-۱۱/۲	۴/۷	۱۹/۳	۱۴/۲	۱۷

منبع: سایت هواشناسی کشور، ایران.

### اندازهگیری محتوای نسبی آب برگ

برای اندازهگیری محتوای آب نسبی برگها، از برگ پرچم چهار بوته بهطور تصادفی نمونهبرداری انجام شد. ابتدا وزن تر برگها بلافاصله اندازهگیری شد و به منظور تعیین وزن آماس به مدت ۱۶ ساعت در دمای اتاق و داخل آب مقطر قرار

داده شدند و پس از خشک کردن آب روی برگها، وزن شدند، سپس برگها در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و پس از آن وزن خشک آن‌ها نیز به دست آمد و در نهایت محتوای آب نسبی برگها از رابطه ۳ محاسبه شد (Schonfeld *et al.*, 1988):

$$\text{RWC} (\%) = [(FW-DW)/(TW-DW)] \times 100 : \text{رابطه ۳}$$

که در آن FW: وزن تر، DW: وزن خشک و TW: وزن آماس کامل (تورژسانس) می‌باشند.

### استخراج و اندازه‌گیری رنگدانه‌ها

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل و کاروتینوئیدها از روش تغییر یافته Arnon (۱۹۴۹) استفاده شد. طبق این روش ۰/۲۵ گرم برگ ترا درهایون چینی با نیتروژن مایع پودر کرده سپس با چهار میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد در تاریکی کاملاً هموژنیزه گردید. به منظور یکنواخت شدن محلول به دست آمده، لوله‌ها چندین بار و به شدت تکان داده شدند و در ادامه به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس مقدار ۲۵۰ میکرولیتر از مایع رویی این نمونه‌ها در داخل چاهک پلیت‌های دستگاه پلیت ریدر (Bio Tek Powerwave) ریخته و سپس در طول موج‌های ۶۴۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر مقدار جذب نور در هر یک از نمونه‌ها قرائت گردید و با استفاده از روابط a، b، c، d و e غلظت کلروفیل کلروفیل کل و کاروتینوئیدها محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987):

$$\text{Chl a} = ۱۲/۲۱ (A_{۶۴۳}) - ۲/۸۱ (A_{۶۴۶}) : \text{رابطه ۴}$$

$$\text{Chl b} = ۲۰/۱۳ (A_{۶۴۳}) - ۵/۱ (A_{۶۴۶}) : \text{رابطه ۵}$$

$$\text{Chl T} = \text{Chl a} + \text{Chl b} : \text{رابطه ۶}$$

$$\text{Car} = (۱۰۰ A_{۴۷۰} - ۳/۲۷ [\text{Chl a}] - ۱۰۴ [\text{Chl b}]/۲۲۷) : \text{رابطه ۷}$$

### اندازه‌گیری کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II

اندازه‌گیری حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و شاخص زنده ماندنی، در ساعت ۱۰ الی ۱۲ صبح به صورت تصادفی از نمونه‌های انتخاب شده از سه برگ به عمل آمد؛ به طوری که قسمت میانی برگ پرچم با زدن گیره مخصوص به OS-30 مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفته و سپس با استفاده از دستگاه فلورومتر (استرس سنج) قابل حمل مدل مقدار فلورسانس کلروفیل برگها ثبت گردید (Bilger, 1995).

### اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی دانه

اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی دانه شامل درصد پروتئین خام، نشاسته، ماده خشک و فیبر خام موجود در دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در تیمارهای مختلف در بخش تحقیقات دامپروری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی

کرمانشاه و توسط دستگاه تجزیه فوق سریع مدل DA-7200 ساخت شرکت Pertén (کشور سوئد) و بر اساس روش NIR اندازهگیری شد (Osborne *et al.*, 2007).

### عملکرد دانه

برای محاسبه عملکرد دانه در مرحله رسیدگی کامل (۱۵ تیر ۱۳۹۱) اقدام به برداشت بوتهای هر گلدان در تیمارهای MSTAT-C و مقایسه میانگینها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

### نتایج و بحث

#### محتوای نسبی آب برگ

بر طبق نتایج به دست آمده، تنش خشکی به طور معنیداری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ (حدوداً ۱۲ درصد) در ژنوتیپهای مورد بررسی شد (جدولهای ۲ و ۳). مطابق با نتایج این تحقیق، Adejare و Umebese در سال ۲۰۰۷ نیز بیان داشتند که وقوع تنش خشکی در مراحل گرددهافشانی و خمیری دانه موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپهای گندم نان و دوروم شد. ژنوتیپها نیز از نظر محتوای نسبی آب برگ با هم تفاوت معنیدار داشتند، به طوری که ژنوتیپ پیشتر با افت کمتر عملکرد دانه در شرایط تنش کمابی نسبت به شرایط عدم تنش در مقایسه با دیگر ژنوتیپها (جدول ۸). همچنین محتوای نسبی آب برگ بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپها داشت (جدول ۳). در همین ارتباط، Akram (۲۰۱۱) در بررسی ارقام مختلف گندم نان در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که محتوای نسبی آب برگ بالا در شرایط تنش خشکی با عملکرد دانه بالاتر مرتبط میباشد. محتوای نسبی آب برگ به عنوان یکی از مهمترین شاخصهای انتخاب در شرایط تنش خشکی مدنظر میباشد. با توجه به وراثت پذیری بالایی که در گندم دارد و اندازهگیری آسان آن، میتواند به عنوان یک صفت فیزیولوژیک مهم در گزینش ارقام مختلف گندم مورد استفاده قرار گیرد (Siosemardeh *et al.*, 2006). برهمکنش رژیم رطوبتی در مراحل مختلف نمونهگیری نشان داد که در هر دو شرایط محیطی با افزایش سن گیاه و گذشت زمان میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش معنیداری داشت (جدول ۴). همچنین پاسخ ژنوتیپها نیز در مراحل مختلف رشد متفاوت بود. به طوری که در تمامی ژنوتیپها به جز ژنوتیپ سیوند با گذشت زمان میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش معنیداری داشت (جدول ۵). در همین راستا Saxena و Sairam (۲۰۰۰) گزارش کردند که محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپهای مختلف گندم تحت وضعیت تنش و آبیاری مطلوب با گذشت زمان کاهش پیدا کرد. آنها دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ را در این شرایط افزایش سن برگها (پیری برگها) و تفاوت ژنتیکی ژنوتیپهای مورد بررسی مرتبط دانستند.

**جدول ۲: تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر رژیم رطوبتی، ژنتیپ و مراحل نمونهگیری بر برخی از صفات فیزیولوژیکی**

میانگین مربعات										منابع تغییرات
کاروتوئیدها	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	حداکثر کارابی II	شاخص زنده‌مانی	محتوای نسبی آب برگ	آزادی آب برگ	درجه		
										فتوشیمیایی فتوسیستم II
۰/۱۴۱*	۷/۶۴*	۰/۴۳۴*	۴/۴۳*	۰/۰۱۳*	۰/۱۰۱ns	۹/۶۳ns	۲		بلوک	
۰/۹۴۱**	۲۷/۸**	۱/۹۷**	۱۵/۱**	۰/۰۷۰**	۴۵/۳**	۱۰۷۹**	۱		رژیم رطوبتی	
۰/۰۶۷ns	۳/۰ns	۱/۲۷ns	۱/۹۲ns	۰/۰۰۱ns	۷/۱۵**	۵۵/۸*	۳		ژنتیپ	
۰/۰۳۷ns	۰/۴۸۶ns	۰/۰۳۵ns	۰/۲۵۶ns	۰/۰۰۴ns	۳/۴۳*	۱۶/۳ns	۳		ژنتیپ × رژیم رطوبتی	
۰/۱۲۰ns	۱۵/۹**	۰/۷۴**	۹/۸۴**	۰/۰۰۳ns	۱۵/۴**	۱۰۷۳**	۱		مراحل نمونهگیری	
۰/۰۰۱ns	۰/۳۹۱ns	۰/۰۰۳ns	۰/۳۲۳ns	۰/۰۰۱ns	۱/۹۲ns	۱۷۴**	۱		مراحل نمونهگیری × رژیم رطوبتی	
۰/۰۰۲ns	۰/۱۱۹ns	۰/۰ns	۰/۱۱۹ns	۰/۰۰۴ns	۰/۸۵۲ns	۱۸۱*	۳		مراحل نمونهگیری × ژنتیپ	
۰/۰۱۵ns	۱/۵۹ns	۰/۷۸ns	۱/۰۱ns	۳/۱۲ns	۰/۰۰۱ns	۵۲/۷ns	۳		مراحل نمونهگیری × ژنتیپ × رژیم رطوبتی	
۰/۰۵	۱/۹۸	۰/۰۸۸	۱/۲۷	۰/۰۰۳	۱/۰۹	۱۴/۹	۳۰		خطا	
۱۸/۳	۱۸/۵	۱۴/۸	۲۰/۱	۷/۸۵	۲۳/۷	۵/۲۳	-		ضریب تغییرات (درصد)	

ns، \* و \*\*: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنیدار و اختلاف معنیدار در سطوح احتمال پنج و یک درصد میباشد.

**جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ساده رژیم رطوبتی، ژنتیپ و مراحل نمونهگیری بر برخی از صفات فیزیولوژیکی**

تیمارها	آب برگ (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (میلیگرم بر گرم وزن تر)	شاخص زنده‌مانی	حداکثر کارابی II	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتوئیدها	ژنتیپ‌ها	
								پیش‌تاز	DN-11
۱/۲۷a	۷/۸۷a	۲/۰۸a	۵/۷۹a	۰/۶۹۴a	۳/۹۳b	۷۷/۰a			
۱/۱۱a	۷/۵۲a	۲/۰۰a	۵/۵۲a	۰/۶۸۴a	۴/۲۲b	۷۲/۷b			
۱/۱۱a	۶/۹۱a	۱/۱۵a	۵/۰۵a	۰/۸۷۷a	۳/۹۶b	۷۲/۲b			
۱/۲۶a	۸/۰۴a	۲/۰۶a	۵/۹۷a	۰/۶۷۶a	۵/۵۶a	۷۲/۶b			
								مراده نمونهگیری	
۱/۲۷a	۸/۱۷a	۲/۱۳a	۶/۰۴a	۰/۶۹۰a	۳/۸۵b	۷۸/۵a			۱۱ روز بعد از اعمال تنش
۱/۱۷a	۷/۰۱b	۱/۸۸b	۵/۱۳b	۰/۶۷۶a	۴/۹۹a	۶۹/۱b			۱۷ روز بعد از اعمال تنش
								رژیم رطوبتی	
۱/۳۵a	۸/۳۵a	۲/۲۰a	۶/۱۴a	۰/۷۲۱a	۵/۳۹a	۷۸/۵a			بدون تنش
۱/۰۷b	۶/۸۳b	۱/۸۰b	۵/۰۲b	۰/۶۴۵b	۳/۴۴b	۶۹/۰b			تنش کمایی
-۲۱	-۱۸	-۱۸	-۱۸	-۱۱	-۳۶	-۱۲			درصد تغییرات

میانگینهای با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنیداری ندارند.

**جدول ۴: مقایسه میانگین برهمکنش رژیم رطوبتی و مراحل نمونهگیری بر محتوای نسبی آب برگ و شاخص زنده‌مانی**

شاخص زنده‌مانی	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	مراحل نمونهگیری	رژیم رطوبتی
۴/۶۲b	۸۱/۳a	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	
۶/۱۶a	۷۵/۷b	بدون تنش	بدون تنش
۳/۰۷c	۷۵/۷b	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	
۳/۸۱bc	۶۲/۴c	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	تنش کمایی

میانگینهای با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنیداری ندارند.

**جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش ژنتیپ و مراحل نمونهگیری بر محتوای نسبی آب برگ و شاخص زنده‌مانی**

شاخص زنده‌مانی	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	مراحل نمونهگیری	ژنتیپ
۳/۲۸c	۸۳/۹a	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	
۴/۵۸bc	۷۰/۲cd	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	پیش‌تاز
۲/۴۶bc	۷۶/۶b	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	
۴/۷۹b	۶۹/۹cd	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	DN-11
۳/۷۱bc	۷۴/۶bc	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	
۴/۲۰bc	۷۰/۰cd	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	سیوند
۴/۷۶b	۷۹/۱b	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	
۶/۳۶a	۶۶/۱d	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	مراده نمونهگیری

میانگینهای با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنیداری ندارند.

## کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II

نتایج نشان داد که تنش خشکی پس از گردهافشانی حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II ( $Fv/Fm$ ) را به میزان ۱۱ درصد کاهش داده که با شرایط بدون تنش اختلاف معنیداری دارد (جدول های ۲ و ۳). در بررسی Yooyongwech و همکاران (۲۰۱۲) در گیاه برنج، تغییرات  $Fv/Fm$  و سرعت فتوسنتز خالص به طور معنیداری تحت شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کرد. نتایج ممنوعی و سیدلشیفی (۱۳۸۹) نیز نشان داد که در شرایط محدودیت آبی، اختلاف بین  $F_0$  و  $Fm$  کاهش پیدا کرد. نتایج ممنوعی و سیدلشیفی (۱۳۸۹) نیز نشان داد که در شرایط محدودیت آبی، اختلاف بین  $F_0$  و  $Fm$  یعنی؛ کاهش پیدا میکند و این امر به خاطر افزایش  $F_0$  و کاهش  $Fm$  بوده است، به همین دلیل در بین تیمارهای مختلف آبیاری نیز با افزایش محدودیت آب، نسبت  $Fv/Fm$  کاهش میابد. کاهش نسبت فوق بیانگر تغییرات راندمان Habibi (Ranjbarfordoei *et al.*, 2006) تبدیل فتوشیمیایی است و منجر به بازدارندگی نوری در گیاه میشود (۲۰۱۳) در بررسی گیاه جو تحت شرایط تنش خشکی گزارش نمود که وقوع تنش خشکی منجر به کاهش سرعت فتوسنتز برگها میشود. او دلیل این امر را بازداری نوری فتوسنتز، کاهش هدایت روزنهای و محدودیت  $CO_2$  اتاقک روزنهای جهت انجام فرآیند فتوسنتز ذکر نمود. با توجه به نتایج به دست آمده، تنش خشکی در مرحله زایشی شاخص زندهمانی را به طور معنیداری کاهش (۳۶ درصد) داد (جدول ۳). در بین ژنتیپها نیز از لحاظ این صفت تفاوت معنیدار وجود داشت به طوری که ژنتیپ مروdest کمترین میزان شاخص زندهمانی را داشت (جدول های ۲ و ۳). با توجه به برهمکنش تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، شاخص زندهمانی تغییر معنیداری نداشت ولی در شرایط بدون تنش با گذشت زمان و افزایش سن گیاه به طور معنیداری افزایش یافت (جدول ۴). واکنش ژنتیپها در مراحل مختلف رشد از نظر شاخص زندهمانی متفاوت بود. افزایش شاخص زندهمانی با گذشت زمان تنها در ژنتیپ مروdest معنیدار بود (جدول ۵).

## غلظت رنگدانههای فتوسنتزی و کاروتونئیدها

تنش خشکی پس از گردهافشانی موجب کاهش معنیدار غلظت کلروفیل a, b، کل و کاروتونئیدها (به ترتیب ۱۸، ۱۸ و ۲۱ درصد) شد (جدول های ۲ و ۳). کاهش غلظت کلروفیل در هنگام مواجه گیاهان با تنش خشکی بر اثر تولید Oliviera- گونههای فعال اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است (Xiao *et al.*, 2008) Neto و همکاران (۲۰۰۹) دلیل کاهش رنگیزهای فتوسنتزی تحت شرایط تنش خشکی در گیاه سورگوم را تغییرات متابولیکی اعلام نمودند، بنابر گزارش آن ها کاهش کارایی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات عامل کاهش سنتز کاروتونئیدها و کلروفیلها میباشد. همچنین اعمال تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه، تسريع پیری برگ و تجزیه رنگدانههای فتوسنتزی را در پی دارد (Silva *et al.*, 2007). روند تغییرات غلظت رنگدانههای تنش خشکی داد که به جزء کاروتونئیدها، غلظت کلروفیل a, b و کل با گذشت زمان و افزایش سن گیاه کاهش معنیداری داشت (جدول ۳). در بین

ژنتیپ‌ها از نظر غلظت کلروفیل و کاروتینوئیدها تفاوت معنیداری وجود نداشت (جدول ۲). Talebi (۲۰۱۲) گزارش داد که ژنتیپ‌های گندم با عملکرد بالا در شرایط آبیاری مطلوب غلظت کلروفیل بالاتری داشتند و علاوه بر این بین عملکرد و غلظت کلروفیل همبستگی مثبتی وجود داشت.

### عملکرد دانه

نتایج حاصل از جدول ۶ نشان داد که تیمار تنفس کمابی در سطح یک درصد روی عملکرد دانه اثر معنیداری داشت. نتایج حاصل از برهمکنش تنفس کمابی در ژنتیپ بر عملکرد دانه نشان داد که کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنفس مربوط به ژنتیپ مرودشت بود و بین سه ژنتیپ دیگر از این نظر تفاوت معنیدار وجود نداشت. تنفس کمابی موجب کاهش معنیدار عملکرد دانه در ژنتیپ‌های مورد بررسی شد (جدول ۸). مقدار کاهش عملکرد دانه در این شرایط در ژنتیپ‌های مورد بررسی یکسان نبود به طوری که بیشترین کاهش عملکرد دانه مربوط به ژنتیپ DN-11 (درصد) بود و ژنتیپ‌های پیشتاز و سیوند در شرایط تنفس کمابی بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند. کمترین کاهش عملکرد دانه در شرایط تنفس کمابی نسبت به شرایط عدم تنفس مربوط به رقم پیشتاز بود (۲۳ درصد). کاهش عملکرد دانه تحت تنفس کمابی پس از گردهافشانی در گزارش Savic و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. در این ارتباط Chalab-Yani و Rashidi (۲۰۱۲) گزارش کردند که در گندم، عملکرد دانه به طور قابل ملاحظه‌ای تحت اثر تنفس کمابی انتهای فصل کاهش میابد و بر اساس مطالعات انجام شده توسط Abdoli و Saeidi (۲۰۱۳) تنفس کمابی پس از گردهافشانی عملکرد دانه را در حدود ۱۸ درصد نسبت به شرایط عدم تنفس کاهش داد. بروز تنفس خشکی پس از گردهافشانی، احتمالاً عملکرد دانه را از طریق کاهش ذخیره‌سازی مواد پرورده در دانه‌ها و یا کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی دانه‌ها کاهش میدهد (Blum et al., 1999; Ebercon, 1976; Wang et al., 1999).

### ویژگی‌های کیفی دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ویژگی‌های کیفی دانه بیانگر اختلاف معنیدار بین تیمارهای رطوبتی و ژنتیپها بود و هم‌چنین برهمکنش تیمار رطوبتی در ژنتیپ در مورد درصد فیبر دانه معنیدار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین ویژگی‌های کیفی دانه در ژنتیپ‌های گندم مورد بررسی (جدول ۷) نشان داد که محتوی پروتئین و فیبر خام دانه در شرایط عدم تنفس کمابی به ترتیب ۱۲/۷ و ۲/۷۶ درصد بود در حالی که این مقادیر در شرایط تنفس کمابی به ترتیب به ۱۳/۳ و ۳/۰۶ درصد افزایش پیدا کرد. بنابراین تنفس کمابی پس از گردهافشانی به ترتیب موجب چهار و ۱۱ درصد افزایش در میزان پروتئین دانه و فیبر خام ژنتیپ‌های مورد بررسی شد. Pierre و همکاران (۲۰۰۸) با اعمال تنفس خشکی در مرحله پرشدن دانه در ۹ ژنتیپ گندم نان گزارش کردند که کاهش میزان آب باعث افزایش میانگین محتوای پروتئین دانه از

۱۱/۶ به ۱۲/۸ درصد شد. آن‌ها همچنین اعلام کردند که در مناطقی که وقوع تنش خشکی آخر فصل معمول است، احتمال اینکه ژنتیپهای زودرس کیفیت دانه پایدارتری داشته باشند، بیشتر است. Hui و همکاران (۲۰۰۷) با اعمال تیمار تنش کمابی در مرحله رشد دانه گندم، افزایش محتوی پروتئین دانه را گزارش نمودند. در مطالعهای دیگر Ozturk و Aydin (۲۰۰۴) در اعمال پنج سطح تیمار تنش کمابی روی چند ژنتیپ گندم نان اعلام کردند که تنش خشکی اثر قابل توجهی بر اغلب خصوصیات کیفی گندم داشت. به طوری که در تمامی تیمارهای تنش کمابی محتوی پروتئین دانه نسبت به تیمار آبیاری کامل به طور معنیداری افزایش پیدا کرد.

**جدول ۶: تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر رژیم رطوبتی و ژنتیپ بر عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های کیفی دانه**

میانگین مربعات						منابع تغییرات
ماده خشک دانه	فیبر خام دانه	نشاسته دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه	درجه آزادی	
۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۹۱ <sup>ns</sup>	۲	بلوک
۰/۶۵۸°	۰/۲۰۹°	۱۸/۱°	۰/۸۷۴°	۱/۹۳ <sup>ns</sup>	۳	ژنتیپ
۳/۴۶°	۰/۵۱۶°	۵۲/۳°	۱/۸۲°	۴۳/۸**	۱	رژیم رطوبتی
۰/۰۹۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۳°	۳/۸۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۵ <sup>ns</sup>	۲/۱۲°	۳	رژیم رطوبتی × ژنتیپ
۰/۱۰۷	۰/۰۱۳	۱/۷۰	۰/۱۱۰	۰/۶۱	۱۴	خطا
۰/۳۷	۳/۸۶	۲/۰۶	۲/۵۴	۱۱/۰	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns, \* و \*\*: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنیدار و اختلاف معنیدار در سطوح احتمال پنج و یک درصد میباشد.

**جدول ۷: مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم رطوبتی و ژنتیپ بر عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های کیفی دانه**

تیمارها	عملکرد دانه (گرم در بوته)	پروتئین دانه (درصد)	نشاسته دانه (درصد)	فیبر خام دانه (درصد)	ماده خشک دانه (درصد)
<b>ژنتیپ</b>					
پیشناز	۱/۶۸a	۱۲/۸bc	۶۴/۳a	۲/۷۳c	۹۰/۱a
DN-11	۱/۵۷ab	۱۳/۴a	۶۱/۳b	۳/۱۴a	۸۹/۲c
سیوند	۱/۶۷a	۱۲/۶c	۶۵/۰a	۲/۷۸c	۸۹/Yab
مرودشت	۱/۴۱b	۱۳/۲ab	۶۲/۲b	۲/۹۷b	۸۹/bc
<b>رژیم رطوبتی</b>					
بدون تنش	۱/۸۸a	۱۲/۷b	۶۴/۷a	۲/۷۶b	۹۰/۰a
تنش کمابی	۱/۲۸b	۱۳/۳a	۶۱/۷b	۳/۰۶a	۸۹/۳b
درصد تغییرات	-۳۲	+۴	-۵	+۱۱	-۱

میانگینهای با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنیداری ندارند.

- و + به ترتیب کاهش و افزایش نسبت به شرایط بدون تنش.

**جدول ۸: مقایسه میانگین برهمکنش رژیم رطوبتی و ژنتیپ بر عملکرد دانه و فیبر خام دانه**

ژنتیپ	بدون تنش	تنش کمابی	درصد تغییرات	فیبر خام دانه (درصد)	عملکرد دانه (گرم در بوته)	ماده خشک دانه (درصد)
پیشناز	۱/۹۳a	۱/۴۸bc	-۲۳	۲/۶۹de	۲/۷۸acde	+۴
DN-11	۲/۰۱a	۱/۰۷d	-۴۸	۲/۸۴cde	۳/۴۴a	+۲۱
سیوند	۱/۹۴a	۱/۴۰bc	-۲۸	۲/۶۳e	۲/۹۳bc	+۱۱
مرودشت	۱/۶۰b	۱/۱۱cd	-۳۰	۲/۸۹bcd	۳/۰۷b	+۶

میانگینهای با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنیداری ندارند.

درصد فیبر خام دانه در ژنتیپ DN-11 (۳/۱۴ درصد) به طور معنیداری بیشتر از سایر ژنتیپها بود (جدول ۷). مقایسه میانگینهای ویژگی‌های کیفی دانه در ژنتیپهای گندم مورد بررسی نشان دادند که تنفس خشکی پس از گرددهافشانی به ترتیب موجب پنج و یک درصد کاهش درصد نشاسته و ماده خشک ژنتیپ‌های مورد بررسی شد (جدول ۷). وجود تنفس خشکی در دوره پرشدن دانه، موجب کاهش ذخیره نشاسته در دانه (به دلیل کاهش معنیدار فراوانی آنزیمهای سنتز نشاسته در شرایط تنفس) میشود و به دنبال آن باعث بهم خوردن نسبت پروتئین به نشاسته میشوند (Garcia del Baker و Ahmadi et al., 1995) نیز در بررسی اعمال تنفس خشکی روی ژنتیپهای مختلف گندم به این نتیجه دست یافتند که سازوکارهای سنتز نشاسته در شرایط تنفس خشکی، حساستر از سازوکارهای سنتز پروتئین هستند و بنابراین در شرایط تنفس خشکی افت سنتز نشاسته قابل توجهتر است. در مطالعه‌ای دیگر اعمال تنفس خشکی در مرحله پرشدن دانه گیاه جو اثر معنیداری بر ذخایر دانه داشت به طوری که در شدیدترین سطح تنفس مقدار نشاسته دانه ۲۰ درصد در شرایط گلدانی و ۲۰ درصد در آزمایش مزرعه‌ای کمتر از تیمار آبیاری کامل بود (برادران فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۸۹).

متوسط میزان ماده خشک در شرایط بدون تنفس ۹۰ درصد بود در حالی که در شرایط تنفس به ۸۹/۳ درصد کاهش پیدا کرد. در همین راستا Yang و Zhang (۲۰۰۶) بیان نمودند که تنفس خشکی تجمع ماده خشک در مرحله پرشدن دانه را به طور منفی تحت اثر قرار میدهد. در میان ژنتیپهای مورد بررسی، سیوند با ۶۵ درصد و ژنتیپ پیشتاز با ۶۴/۳ درصد میزان نشاسته بیشتری نسبت به دو ژنتیپ دیگر داشتند. همچنان ژنتیپ پیشتاز میزان ماده خشک دانه بیشتری نسبت به ژنتیپهای DN-11 و مرودهشت داشت (جدول ۷).

## نتیجه‌گیری

نتایج کلی حاصل از این تحقیق نشان داد که صفات فیزیولوژیکی از جمله حداقل کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و غلظت رنگدانه‌های فتوسنترزی طی تنفس خشکی به شدت افت یافتند و محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنفس خشکی و با افزایش سن گیاه از مرحله گرددهافشانی به بعد کاهش پیدا کرد و ارقام سیوند و پیشتاز کمترین میزان این پارامتر را داشتند. از دیدگاه اقتصادی رقم مرودهشت در شرایط تنفس و کنترل رطوبتی کمترین عملکرد دانه را داشت. اگرچه افت عملکرد دانه این رقم کمتر از سایر ارقام مورد بررسی بود ولی از دیدگاه اقتصادی (یا دیدگاه زارعین) نسبت به سایر ارقام مورد بررسی مناسب نبود. در شرایط عدم تنفس کمابی رقم پیشتاز عملکرد دانه بالاتری نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی داشت. این رقم در شرایط تنفس کمابی پس از گرددهافشانی نسبت به شرایط عدم تنفس کاهش عملکرد دانه کمتری نسبت به دیگر ارقام داشت (متحمل به خشکی). بنابراین از نظر اقتصادی جهت کشت در شرایط آب و هوایی مورد بررسی

مناسبتر به نظر رسید. رقم DN-11 در شرایط تنش رطوبتی پس از گردهافشانی بیشترین کاهش عملکرد دانه را از خود نشان داد (حساس به تنش خشکی بین ارقام مورد بررسی). وقوع تنش خشکی پس از گردهافشانی بر ویژگی‌های کیفی بذور تولیدی اثر معنیدار داشت. به طوری‌که درصد پروتئین دانه و فیبر خام را افزایش و موجب کاهش درصد نشاسته و ماده خشک دانه گردید.

### سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه رازی کرمانشاه به دلیل حمایت مالی و فراهم نمودن امکانات و همچنین از مساعدت بخش تحقیقات دامپروری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه سپاس‌گزاری می‌شود.

### منابع

برادران فیروزآبادی، م.، حمزه‌ئی، ج. و اسفندیاری، ع. ۱۳۸۹. اثر مدیریت تغذیه نیتروژن و تنش خشکی بر ذخایر کربوهیدرات و نیتروژن بذر و قدرت گیاهچه حاصل از آن در جو (*Hordeum vulgare* L.). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳ (۲): ۱-۱۴.

حیدری شریف‌آباد، ح. ۱۳۸۷. استراتژی‌های کاهش خسارت خشکسالی در بخش کشاورزی. مقالات کلیدی دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. ص: ۴۷-۶۰.

منوعی، ا. و سید‌شريفی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر کمبود آب بر شاخصهای فلورسانس کلروفیل و میزان پرولین در شش ژنتیپ جو و رابطه آن با دمای آسمانه و عملکرد. زیست‌شناسی گیاهی. ۲ (۵): ۶۲-۵۱.

**Abdoli, M. and Saeidi, M. 2013.** Evaluation of water deficiency at the post anthesis and source limitation during grain filling on grain yield, yield formation, some morphological and phonological traits and gas exchange of bread wheat cultivar. Albanian Journal Agriculture Sciences 12 (2): 255-265.

**Adejare, F.B. and Umebese, C.E. 2007.** Stomatal resistance to lowleaf water potential at different growth stages affects plantbiomass in *Glycine max* L. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 2: 136 -141.

**Ahmadi, A. and Baker, D.A. 2001.** The effect of water stress on grain filling processes in wheat. Journal of Agriculture Sciences 136: 257-269.

**Akram, M. 2011.** Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stage. Bangladesh Journal Agriculture Research 36(3): 455-468.

**Arnon, D.T. 1949.** Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

- Bilger, W. 1995.** Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: Schulze, E.D. and Caldwell, M.M. (Eds), *Ecophysiology of Photosynthesis*, Springer, Berlin, pp. 49-70.
- Blum, A. and Ebercon, A. 1976.** Genotypic responses in sorghum to drought stress: III. Free proline accumulation and drought resistance. *Crop Science* 16: 428-431.
- Chalab-Yani, S. and Rashidi, V. 2012.** Selection indices in the improvement of wheat grain yield on drought stress conditions. *African Journal of Agriculture Research* 7 (7): 1177-1183.
- Debaeke, P. and Abdellah, A. 2004.** Adaptation of crop management to water-limited environments. *European Journal of Agronomy* 21: 433-446.
- Ehdaei, B., Alloush, G.A., Madore, M.A. and Waines, J.G. 2006.** Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Post-anthesis changes in internodes water soluble carbohydrates. *Crop Science* 46: 2093-2103.
- Garcia del Moral, L.F., Bounjenna, A., Yanez, J.A. and Ramos, J.M. 1995.** Forage production, grain yield and protein content in dual-purpose triticale grown for both grain and forage. *Agronomy Journal* 87: 902-908.
- Habibi, G. 2013.** Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley. *Acta Agricultura Slovenica* 101 (1): 31-39.
- Hui, J., Bo, D.T., Qi, J., Dong, J. and Xing, C.W. 2007.** Effects of post-anthesis high temperature and water stress on activities of key regulatory enzymes involved in protein formation in two wheat cultivars. *Acta Agronomica Sinica* 33 (12): 2021-2027.
- Lawlor, D.W. 1995.** The effect of water deficit on photosynthesis. In Smirnoff, N. (ed.) *Environment and Plant Metabolism, Flexibility and Acclimation*. BIOS Scientific Publisher. London, pp. 129-160.
- Lichtenthaler, H.K. 1987.** Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes. *Methods in Enzymology* 148: 350–382.
- Lopez-Castaneda, C., Richards, R.A., Farquhar, D.G. and Williamson, R.E. 1996.** Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigour among temperate cereals. *Crop Science* 36: 1257-1266.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. and Sohrabi, E. 2010.** Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Sciences* 4 (8): 580-585.
- Marcin'ska, I., Czyczyllo-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Janowiak, F., Hura, T., Dziurka, M., Dziurka, K., Nowakowska, A. and Quarrie, S. A. 2013.** Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Acta Physiologia Plant* 35: 451-461.

**Nyachiro, J.M., Briggs, K.G., Hoddinott, J. and Johnson-Flanagan, A.M.** 2001. Chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and water deficit in spring wheat. Cereal Research Commun 29: 135-142.

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

**Osborne, B.G., Henry, R. and Southan, M.D.** 2007. Assessment of commercial milling performance of hard wheat by measurement of the rheological properties of whole grain. Journal of Cereal Science 45: 122-127.

**Ouvrard, O., Cellier, F., Ferrare, K., Tousch, D., Lamaze, T., Du-puis, J.M. and Casse-Delbart, F.** 1996. Identification and expression of water stress and abscisic acid-regulated genes in a drought-tolerant sunflower genotype. Plant Molecular and Biology 31: 819-829.

**Ozturk, A. and Aydin, F.** 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Sciences 190: 93-98.

**Pierre, C.S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoevena, M., Larsona, M. and Hoefera, B.** 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. Agronomy Journal 100: 412-420.

**Ranjbarfordoei, A., Samson, R. and Van-Damme, P.** 2006. Chlorophyll fluorescence performance of sweet almond [*Prunus dulcis* (Miller) D. Webb] in response to salinity stress induced by NaCl. Photosynthetica 44: 513-522.

**Ritchie,S.W.,Nguyen,H.T. and Holaday,A.S.** 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheatgenotypes differing in droughtresistance. Crop Science 30: 105-111.

**Sairam, R.K. and Saxena, D.S.** 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal Agronomy Crop Sciences 184: 55-61.

**Savic, J., Dodig, D., Kandic, V., Gelamoclijja, D. and Quarrie, S.** 2012. Bread wheat traits related to yield under post anthesis stress. Original Scientific Paper. Proceedings. 47<sup>th</sup> Croatian and 7<sup>th</sup> Inter. Symp, Agriculture Opatija, Croatia. 539-542.

**Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F. and Mornhinweg, D.W.** 1988. Water relations winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science 28: 526-531.

**Siddique, B.M.R., Hamid, A. and Islam, M.S.** 2000. Drought stress effect on water relation of wheat. Botanical Bulletin of AcademiaSinica 41: 35-39.

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

**Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Postini, K. and Mohammadi, V.** 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98: 222-229.

**Spiertz, J.H.J.** 1977. The influence of temperature light intensity on grain growthin relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. *NetherlandsJournal of Agriculture and Sciences* 25: 182-197.

**Talebi, R.** 2012. Evaluation of chlorophyll content and canopy temperature as indicators for drought tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Asturalian Journal of Basic and Applied Science* 5 (11): 1457-1462.

**Talebi, R., Fayaz, F. and Mohammad-Naji, A.** 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology* 35: 64-74.

**Tas, S. and Tas, B.** 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkey. *World Journal Agriculture Sciences* 3 (2): 178-183.

**Wang, R.Y., Yu, Z.W. and Pan, Q.M.** 1999. Changes of endogenous plant hormone contents during graindevelopment in wheat. *Acta Agronomy Sinica* 25: 227-231.

**Xiao, X., Xu, X. and Yang, F.** 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cothayana* populations. *Silva Fennica* 42: 705-719.

**Yang, J. and Zhang, J.** 2006. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist* 169 (2): 223-236.

**Yooyongwech, S., Chaum, S. and Supaibulwatana, K.** 2012. Proline related genes expression and physiological changes in indica rice response to water-deficit stress. *Plant Omics Journal* 5 (6): 597-603.