Archive of SID

اثر تنش خشکی پس از گردهافشانی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و کیفیت دانه ژنوتیپهای مختلف گندم

شیوا اردلانی[۱]، محسن سعیدی*[۲]، سعید جلالیهنرمند [۳] و محمداقبال قبادی[۴]

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:**Msaeidi667@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۲ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۲۶**

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 به‌طور 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 به‌صورت گلدانی طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به‌صورت 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 کمآبی از مرحله گردهافشانی تا پایان دوره رشد (۳۰ درصد ظرفیت مزرعه)، ۲) ژنوتیپهای مختلف گندم (پیشتاز، DN-11، سیوند و مرودشت) 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 کمآبی رقم مرودشت کم‌ترین عملکرد دانه را داشت. در بین دیگر ژنوتیپهای مورد بررسی (در هر دو شرایط رطوبتی)، پیشتاز بالاترین عملکرد دانه را داشت. کم‌ترین افت عملکرد دانه در شرایط تنش کمآبی نسبت به شرایط عدم تنش نیز مربوط به رقم پیشتاز بود. اعمال تنش کمآبی سبب شد که غلظت کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، شاخص زنده‌مانی و محتوای نسبی آب به‌طور معنیداری کاهش یابد. هم‌چنین تنش کمآبی سبب کاهش محتوی نشاسته و ماده خشک و افزایش محتوی فیبر و پروتئین دانه ژنوتیپهای مورد بررسی گردید.

واژههای کلیدی: گندم، تنش خشکی و کلروفیل.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

اگرچه همه تنشهای زیستی و غیرزیستی از عوامل مهم کاهش تولید محسوب میشوند، ولی تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به حساب میآید (Debaeke and Abdellah, 2004). در چنین مناطقی وقوع تنش 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 زمره 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 وراثتپذیری پایین این صفت، اندازهگیری صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تنش خشکی در کنار آن ضروری به نظر میرسد. شاخصهای فیزیولوژیک از آن جهت اهمیت دارند که عملکرد گیاه به‌طور کامل به آن‌ها وابسته است و در هنگام تنش خشکی دچار تغییر میشوند (Ouvrard *et al.*, 1996). در میان شاخصهای فیزیولوژیک، فتوسنتز یکی از مهم‌ترین فرآیندها در رشد و تولید محسوب شده و نگهداری سرعت آسیمیلاسیون کربن تحت شرایط تنش اهمیت اساسی در شکلگیری عملکرد دارد (Lawlor, 1995). فتوسنتز فرآیندی ضروری برای گیاه است و آب یکی از عناصر اصلی جهت انجام آن میباشد. پتانسیل و محتوای نسبی آب برگ بالا، سرعت فتوسنتز را افزایش میدهند و با کاهش میزان آب قابل دسترس سرعت فتوسنتز نیز کاهش مییابد (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 (Ritchie *et al.*, 1990). Akram (۲۰۱۱) گزارش کرد که محتوای نسبی آب برگ بالا با افزایش عملکرد و اجزای آن در ارتباط میباشد و تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ میشود. کمبود آبی موجب تغییر در تبادلات گازی و محتوای کلروفیل میشود، به‌طوری‌که در گیاه شوید تنش خشکی اثر معنیداری بر میزان کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئیدهای بخش هوایی داشت، که با افزایش شدت تنش، محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها به‌طور معنیداری کاهش یافتند (Marcin´ska *et al.*, 2013). نتایج آزمایش‌های Mafakheri و همکاران (۲۰۱۰) و Nyachiro و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنیداری محتوای کلروفیل کل را به‌ترتیب در نخود و گندم کاهش داد. Talebi و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده نمودند که ژنوتیپهای گندم با عملکرد بالا در شرایط آبیاری مطلوب، محتوای کلروفیل بیش‌تر و دمای کنوپی پایینتری در این شرایط داشتند. کاهش غلظت کلروفیل به‌ویژه در شرایط تنش به دلیل تجزیه کلروفیل در اثر فعالیت آنزیمهای کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی میباشد (Silva *et al.*, 2007). اختصاص مواد به دانه علاوه بر کنترل ژنتیکی، وابستگی زیادی به شرایط محیطی مانند تنش خشکی دارد (Lopez-Castaneda *et*

www.SID.ir

Archive of SID

al., 1996; Spiertz, 1977). به‌طوری‌که Hui و همکاران (۲۰۰۷) با اعمال تیمار تنش خشکی و شرایط بهینه رطوبتی در مرحله پرشدن دانه گندم، افزایش پروتئین دانه به میزان قابل توجه و افت کیفیت گلوتن نیز بر اثر افزایش چشم گیر نسبت گلیادین به گلوتنین را در شرایط تنش گزارش کردند. با توجه به اثرات مختلف تنش خشکی بر گیاهان زراعی، این تحقیق با هدف ارزیابی اثر تنش خشکی پس از گردهافشانی بر عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک سهیم در شکلگیری قدرت منبع و مخزن و ویژگی‌های کیفی بذور تولیدی ژنوتیپهای گندم اجرا شد.

مواد و روشها

این تحقیق در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به‌صورت 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 به‌صورت 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 به‌صورت بلوکهای کامل تصادفی در گلخانه، شیب حرارتی ناشی از سیستم خنککننده گلخانه بود. فاکتورهای مورد بررسی عبارت بودند از: ۱) تیمار رطوبتی در دو سطح عدم تنش (نگهداری رطوبت گلدانها در ظرفیت مزرعه در تمامی مراحل رشد) و تنش کمآبی از مرحله گردهافشانی تا پایان دوره رشد (به نوعی که رطوبت گلدانهای تحت این تیمار تا زمان گردهافشانی در ظرفیت مزرعه و از زمان گردهافشانی به بعد در ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه نگهداری گردیدند)، ۲) چهار ژنوتیپ 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 گردهافشانی. زمان گردهافشانی طبق روش Ehdaei و همکاران (۲۰۰۶) تکمیل ۵۰ درصد گردهافشانی سنبلههای هر ژنوتیپ به‌طور جداگانه لحاظ شد. به منظور اعمال تیمارهای رطوبتی، گلدانها به‌صورت 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 ۱۰۴ 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:

رابطه ۱: $$\theta_{FC}^{m} = \frac{M_w}{M_s} \times ۱۰۰$$

در این رابطه، θ_{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 به‌دست میآید و M_S وزن خاک خشک شده در آون میباشند (Schonfeld *et al.*, 1988).

www.SID.ir

Archive of SID

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

رابطه ۲: $A_{\%30} = F_{\%30} \times (FC100\% \times DW) + DW + Pot\ Weight + Plant\ Weight$

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، $FC_{\%100}$ درصد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، DW وزن خاک خشک گلدان، Pot weight وزن گلدان و Plant weight وزن بوتههای 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 بوتهها محاسبه شده و میانگین وزنی آن‌ها در معادله بالا وارد میگردید. بدین ترتیب اضافه وزن بوتهها در زمانهای مختلف پس از گردهافشانی در معاله بالا اعمال می‌شد.

به منظور کاشت، بذور ژنوتیپهای 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 بوتهها، با تنک کردن بوتههای اضافی تنها به پنج بوته در هر گلدان اجازه رشد داده شد و علفهای هرز نیز در این مرحله وجین گردیدند. به منظور کافی بودن تعداد گلدانها در هر تیمار جهت نمونهگیریهای متعدد، شش گلدان به هر ژنوتیپ 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، رنگدانههای فتوسنتزی و فلورسانس کلروفیل در ۱۱ و ۱۷ روز پس از اعمال تنش کمآبی صفات فوق اندازهگیری شدند.

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

پارامترها	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارندگی (میلیمتر)	۳۴/۳	۳۵/۴	۲۵/۲	۰	۰
تبخیر (میلیمتر)	-	۸۲/۲	۱۲۰/۵	۳۰۴/۶	۳۶۱/۲
حداکثر دما (سانتی‌گراد)	۲۲	۱۹/۲	۲۶/۵	۲۳/۷	۳۶/۹
حداقل دما (سانتی‌گراد)	-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

www.SID.ir

Archive of SID

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 به‌دست آمد و در نهایت محتوای آب نسبی برگها از رابطه ۳ محاسبه شد (Schonfeld *et al.*, 1988):

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

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 کاروتنوئیدها از روش تغییر یافته Arnon (۱۹۴۹) استفاده شد. طبق این روش ۰/۲۵ گرم برگ تر را درهاون چینی با نیتروژن مایع پودر کرده سپس با چهار میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد در تاریکی کاملاً هموژنیزه گردید. به‌منظور یکنواخت شدن محلول به‌دست 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 ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر مقدار جذب نور در هر یک از نمونهها قرائت گردید و با استفاده از روابط ۴، ۵، ۶ و ۷ غلظت کلرفیل a، کلروفیل b، کلرفیل کل و کاروتنوئیدها محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987):

رابطه ۴: $Chl\ a = ۱۲/۲۱\ (A_{۶۶۳}) - ۲/۸۱\ (A_{۶۴۶})$

رابطه ۵: $Chl\ b = ۲۰/۱۳\ (A_{۶۴۶}) - ۵/۱\ (A_{۶۶۳})$

رابطه ۶: $Chl\ T = Chl\ a + Chl\ b$

رابطه ۷: $Car = (۱۰۰۰\ A_{۴۷۰} - ۳/۲۷\ [Chl\ a] - ۱۰۴\ [Chl\ b]/۲۲۷)$

اندازهگیری‌کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II

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

اندازهگیری ویژگی‌های کیفی‌دانه

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

www.SID.ir

Archive of SID

کرمانشاه و توسط دستگاه تجزیه فوق سریع مدل DA-7200 ساخت شرکت Perten (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 بوتههای هر گلدان در تیمارهای اعمال شده گردید (در هر تیمار دو گلدان و مجموعاً در ۱۰ بوته). محاسبات آماری با استفاده از نرمافزارهای MSTAT-C و SAS و مقایسات میانگینها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ

بر طبق نتایج بهدست آمده، تنش خشکی بهطور 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 گردهافشانی 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، بهطوریکه ژنوتیپ پیشتاز با افت کمتر عملکرد دانه در شرایط تنش کمآبی 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 مد نظر 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. بهطوریکه در تمامی ژنوتیپها به جز ژنوتیپ سیوند با گذشت زمان میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش معنیداری داشت (جدول ۵). در همین راستا Sairam و Saxena (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 محتوی نسبی آب برگ را در این شرایط افزایش سن برگها (پیری برگها) و تفاوت ژنتیکی ژنوتیپهای مورد بررسی مرتبط دانستند.

www.SID.ir

Archive of SID

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		محتوای نسبی آب برگ	شاخص زندهمانی	حداکثر کارایی فتوسیستم II	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها
بلوک	۲	۹/۶۳ ns	۰/۲۰۱ ns	۰/۰۱۳ *	۴/۴۳ *	۰/۴۳۴ *	۷/۶۴ *	۰/۲۴۱ *
رژیم رطوبتی	۱	۱۰۷۹ **	۴۵/۳ **	۰/۰۷۰ **	۱۵/۱ **	۱/۹۲ **	۲۷/۸ **	۰/۹۴۱ **
ژنوتیپ	۳	۵۵/۸ *	۷/۱۵ **	۰/۰۰۱ ns	۱/۹۲ ns	۱/۲۷ ns	۳/۰ ns	۰/۰۶۷ ns
ژنوتیپ × رژیم رطوبتی	۳	۱۶/۳ ns	۳/۴۳ *	۰/۰۰۴ ns	۰/۲۵۶ ns	۰/۰۳۵ ns	۰/۴۸۶ ns	۰/۰۳۷ ns
مراحل نمونهگیری	۱	۱۰۷۳ **	۱۵/۴ **	۰/۰۰۳ ns	۹/۸۴ **	۰/۷۴ **	۱۵/۹ **	۰/۱۲۰ ns
مراحل نمونهگیری × رژیم رطوبتی	۱	۱۷۴ **	۱/۹۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۳۲۳ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۳۹۱ ns	۰/۰۰۱ ns
مراحل نمونهگیری × ژنوتیپ	۳	۱۸۱ *	۰/۶۵۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۱۱۹ ns	۰/۰ ns	۰/۱۱۹ ns	۰/۰۰۲ ns
مراحل نمونهگیری × ژنوتیپ × رژیم رطوبتی	۳	۵۲/۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۳/۱۲ ns	۱/۰۱ ns	۰/۰۷۸ ns	۱/۵۹ ns	۰/۰۱۵ ns
خطا	۳۰	۱۴/۹	۱/۰۹	۰/۰۰۳	۱/۲۷	۰/۰۸۸	۱/۹۸	۰/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۲۳	۲۳/۷	۷/۸۵	۲۰/۱	۱۴/۸	۱۸/۵	۱۸/۳

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنیدار و اختلاف معنیدار در سطوح احتمال پنج و یک درصد میباشند.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ساده رژیم رطوبتی، ژنوتیپ و مراحل نمونهگیری بربرخی از صفات فیزیولوژیکی

تیمارها	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	شاخص زندهمانی	حداکثر کارایی فتوسیستم II	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها
				(میلیگرم بر گرم وزن تر)			
ژنوتیپها							
پیشتاز	۷۷/۰a	۳/۹۳b	۰/۶۹۴a	۵/۷۹a	۲/۰۸a	۷/۸۷a	۱/۲۷a
DN-11	۷۳/۳b	۴/۲۲b	۰/۶۸۴a	۵/۵۲a	۲/۰۰a	۷/۵۲a	۱/۲۱a
سیوند	۷۲/۳b	۳/۹۶b	۰/۶۷۷a	۵/۰۵a	۱/۸۵a	۶/۹۱a	۱/۱۱a
مرودشت	۷۲/۶b	۵/۵۶a	۰/۶۷۶a	۵/۹۷a	۲/۰۶a	۸/۰۴a	۱/۲۶a
مراحل نمونهگیری							
۱۱ روز بعد از اعمال تنش	۷۸/۵a	۳/۸۵b	۰/۶۹۰a	۶/۰۴a	۲/۱۳a	۸/۱۷a	۱/۲۷a
۱۷ روز بعد از اعمال تنش	۶۹/۱b	۴/۹۹a	۰/۶۷۶a	۵/۱۳b	۱/۸۸b	۷/۰۱b	۱/۱۷a
رژیم رطوبتی							
بدون تنش	۷۸/۵a	۵/۳۹a	۰/۷۲۱a	۶/۱۴a	۲/۲۰a	۸/۳۵a	۱/۳۵a
تنش کمآبی	۶۹/۰b	۳/۴۴b	۰/۶۴۵b	۵/۰۲b	۱/۸۰b	۶/۸۳b	۱/۰۷b
درصد تغییرات	-۱۲	-۳۶	-۱۱	-۱۸	-۱۸	-۱۸	-۲۱

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

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

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 ژنوتیپ و مراحل نمونهگیری‌بر محتوای نسبی آب برگ و شاخص زندهمانی

ژنوتیپ	مراحل نمونهگیری	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	شاخص زندهمانی
پیشتاز	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	۸۳/۷a	۳/۲۸c
	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	۷۰/۲cd	۴/۵۸bc
DN-11	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	۷۶/۶b	۳/۴۶bc
	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	۶۹/۹cd	۴/۷۹b
سیوند	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	۷۴/۶bc	۳/۷۱bc
	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	۷۰/۰cd	۴/۲۰bc
مرودشت	۱۱ روز بعد از اعمال تنش	۷۹/۱b	۴/۷۶b
	۱۷ روز بعد از اعمال تنش	۶۶/۱d	۶/۳۶a

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 (جدول‌های ۲ و ۳). در بررسی Yooyongwech و همکاران (۲۰۱۲) در گیاه برنج، تغییرات Fv/Fm و سرعت فتوسنتز خالص به‌طور معنیداری تحت شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کرد. نتایج ممنوعی و سیدشریفی (۱۳۸۹) نیز نشان داد که در شرایط محدودیت آبی، اختلاف بین Fm و F_0 یعنی؛ Fv 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 مییابد. کاهش نسبت فوق بیانگر تغییرات راندمان تبدیل فتوشیمیایی است و منجر به بازدارندگی نوری در گیاه میشود (Ranjbarfordoei *et al.*, 2006). Habibi (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 به‌دست آمده، تنش خشکی در مرحله زایشی شاخص زندهمانی را به‌طور معنیداری کاهش (۳۶ درصد) داد (جدول ۳). در بین ژنوتیپها نیز از لحاظ این صفت تفاوت معنیدار وجود داشت به‌طوری‌که ژنوتیپ مرودشت کم‌ترین میزان شاخص زندهمانی را داشت (جدول‌های 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 به‌طور معنیداری افزایش یافت (جدول ۴). واکنش ژنوتیپها در مراحل مختلف رشد از نظر شاخص زندهمانی متفاوت بود. افزایش شاخص زندهمانی با گذشت زمان تنها در ژنوتیپ مرودشت معنیدار بود (جدول ۵).

غلظت رنگدانههای فتوسنتزی و کاروتنوئیدها

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

www.SID.ir

Archive of SID

ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها تفاوت معنیداری وجود نداشت (جدول ۲). Talebi (۲۰۱۲) گزارش داد که ژنوتیپهای 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 تنش کمآبی در سطح یک درصد روی عملکرد دانه اثر معنیداری داشت. نتایج حاصل از برهمکنش تنش کمآبی در ژنوتیپ بر عملکرد دانه نشان داد که کم‌ترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش مربوط به ژنوتیپ مرودشت بود و بین سه ژنوتیپ دیگر از این نظر تفاوت معنیدار وجود نداشت. تنش کمآبی موجب کاهش معنیدار عملکرد دانه در ژنوتیپهای مورد بررسی شد (جدول ۸). مقدار کاهش عملکرد دانه در این شرایط در ژنوتیپهای مورد بررسی یکسان نبود به‌طوری‌که بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ DN-11 (۴۸ درصد) بود و ژنوتیپهای پیشتاز و سیوند در شرایط تنش کمآبی بیش‌ترین عملکرد دانه را دارا بودند. کم‌ترین کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش کمآبی نسبت به شرایط عدم تنش مربوط به رقم پیشتاز بود (۲۳ درصد). کاهش عملکرد دانه تحت تنش کم‌آبی 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 به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت اثر تنش کمآبی انتهای فصل کاهش میابد و بر اساس مطالعات انجام شده توسط Abdoli و Saeidi (۲۰۱۳) تنش کمآبی پس از گردهافشانی عملکرد دانه را در حدود ۱۸ درصد نسبت به شرایط عدم تنش کاهش داد. بروز تنش 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 and Ebercon, 1976; Wang *et al.*, 1999).

ویژگی‌های کیفی دانه

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

www.SID.ir

Archive of SID

۱۱/۶ به ۱۲/۸ درصد شد. آن‌ها هم‌چنین اعلام کردند که در مناطقی که وقوع تنش خشکی آخر فصل معمول است، احتمال اینکه ژنوتیپهای زودرس کیفیت دانه پایدارتری داشته باشند، بیش‌تر است. Hui و همکاران (۲۰۰۷) با اعمال تیمار تنش کمآبی 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 کمآبی روی چند ژنوتیپ گندم نان اعلام کردند که تنش خشکی اثر قابل توجهی بر اغلب خصوصیات کیفی گندم داشت. به‌طوری که در تمامی تیمارهای تنش کمآبی محتوی پروتئین دانه نسبت به تیمار آبیاری کامل به‌طور معنیداری افزایش پیدا کرد.

جدول ۶: تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر رژیم رطوبتی و ژنوتیپ بر عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های کیفی‌دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	پروتئین دانه	نشاسته دانه	فیبر خام دانه	ماده خشک دانه
بلوک	۲	۰/۹۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۸۷^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}
ژنوتیپ	۳	۱/۹۳^{ns}	۰/۸۷۴*	۱۸/۱*	۰/۲۰۹*	۰/۶۵۸*
رژیم رطوبتی	۱	۴۳/۸**	۱/۸۲*	۵۲/۳*	۰/۵۱۶*	۳/۴۶*
رژیم رطوبتی × ژنوتیپ	۳	۲/۱۲*	۰/۰۸۵^{ns}	۳/۸۷^{ns}	۰/۰۷۳*	۰/۰۹۲^{ns}
خطا	۱۴	۰/۶۱	۰/۱۱۰	۱/۷۰	۰/۰۱۳	۰/۱۰۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۰	۲/۵۴	۲/۰۶	۳/۸۶	۰/۳۷

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنیدار و اختلاف معنیدار در سطوح احتمال پنج و یک درصد میباشند .

جدول ۷: مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم رطوبتی و ژنوتیپ بر عملکرد دانه وبرخی از ویژگی‌های کیفی دانه

تیمارها	عملکرد دانه (گرم در بوته)	پروتئین دانه (درصد)	نشاسته دانه (درصد)	فیبر خام دانه (درصد)	ماده خشک دانه (درصد)
ژنوتیپ					
پیشتاز	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	۸۹/۷ab
مرودشت	۱/۴۱b	۱۳/۲ab	۶۲/۲b	۲/۹۷b	۸۹/۶bc
رژیم رطوبتی					
بدون تنش	۱/۸۸a	۱۲/۷b	۶۴/۷a	۲/۷۶b	۹۰/۰a
تنش کمآبی	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 + به‌ترتیب کاهش و افزایش نسبت به شرایط بدون تنش.

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

ژنوتیپ	عملکرد دانه (گرم در بوته)		درصد تغییرات	فیبر خام دانه (درصد)		درصد تغییرات
	بدون تنش	تنش کمآبی		بدون تنش	تنش کمآبی	
پیشتاز	۱/۹۳a	۱/۴۸bc	-۲۳	۲/۶۹de	۲/۷۸cde	+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.

www.SID.ir

Archive of SID

درصد فیبر خام دانه در ژنوتیپ DN-11 (۳/۱۴ درصد) به‌طور معنیداری بیش‌تر از سایر ژنوتیپها بود (جدول ۷). مقایسه میانگینهای ویژگی‌های کیفی دانه در ژنوتیپهای گندم مورد بررسی نشان دادند که تنش خشکی پس از گرده‌افشانی به‌ترتیب موجب پنج و یک درصد کاهش درصد نشاسته و ماده خشک ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد (جدول ۷). وقوع تنش خشکی در دوره پرشدن دانه، موجب کاهش ذخیره نشاسته در دانه (به دلیل کاهش معنیدار فراوانی آنزیمهای سنتز نشاسته در شرایط تنش) میشود و به دنبال آن باعث بهم خوردن نسبت پروتئین به نشاسته میشوند (Garcia del Moral *et al.*, 1995). Ahmadi و Baker (۲۰۰۱) نیز در بررسی اعمال تنش خشکی روی ژنوتیپهای مختلف گندم به این نتیجه دست یافتند که سازوکارهای سنتز نشاسته در شرایط تنش خشکی، حساستر از سازوکارهای سنتز پروتئین هستند و بنابراین در شرایط تنش خشکی افت سنتز نشاسته قابل توجهتر است. در مطالعهای دیگر اعمال تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه گیاه جو اثر معنیداری بر ذخایر دانه داشت به‌طوری که در شدیدترین سطح تنش مقدار نشاسته دانه ۱۷ 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 تنش ۹۰ درصد بود درحالی‌که در شرایط تنش به ۸۹/۳ درصد کاهش پیدا کرد. در همین راستا Yang و Zhang (۲۰۰۶) بیان نمودند که تنش خشکی تجمع ماده خشک در مرحله پرشدن دانه را به‌طور منفی تحت اثر قرار میدهد. در میان ژنوتیپهای مورد بررسی، سیوند با ۶۵ درصد و ژنوتیپ پیشتاز با ۶۴/۳ درصد میزان نشاسته بیش‌تری نسبت به دو ژنوتیپ دیگر داشتند. هم‌چنین ژنوتیپ پیشتاز میزان ماده خشک دانه بیش‌تری نسبت به ژنوتیپهای DN-11 و مرودشت داشت (جدول ۷).

نتیجهگیری

نتایج کلی حاصل از این تحقیق نشان داد که صفات فیزیولوژیکی از جمله حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و غلظت رنگدانههای فتوسنتزی طی تنش خشکی به شدت افت یافتند و محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی و با افزایش سن گیاه از مرحله گردهافشانی به بعد کاهش پیدا کرد و ارقام سیوند و پیشتاز کم‌ترین میزان این پارامتر را داشتند. از دیدگاه اقتصادی رقم مرودشت در شرایط تنش 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 تنش کمآبی رقم پیشتاز عملکرد دانه بالاتری نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی داشت. این رقم در شرایط تنش کمآبی پس از گردهافشانی نسبت به شرایط عدم تنش 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

www.SID.ir

Archive of SID

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. به‌طوری‌که 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

برادران‌فیروزآبادی، 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 (*Hordeumvulgare* L.). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳ (۲): ۱۴-۱.

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

ممنوعی، ا. و سیدشریفی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر کمبود آب بر شاخصهای فلورسانس کلروفیل و میزان پرولین در شش ژنوتیپ 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 ofAgricultural 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 prolineaccumulation 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 Agriculture 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 Smirnof, 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 vigoramong 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., Czyczyło-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 Physiology Plant 35: 451-461.

www.SID.ir

Archive of SID

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.,Nguyan,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., Gelamoclija, D. and Quarrie, S. 2012. Bread wheat traits related to yield under post anthesis stress. Original Scientific Paper. Proceedings. 47th Croatian and 7th 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 Appihed 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.

www.SID.ir