# ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم بر مبنای صفات فیزیولوژیک

نوشین صادق‌زاده [۱]، رقیه حاجی‌بلند [۲]، بهزاد صادق زاده*[۳]

*۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده علوم، دانشگاه تبریز، ایران*

*۲- دانشیار گروه علوم گیاهی دانشکده علوم، دانشگاه تبریز، ایران*

*۳- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، ایران*

## چکیده

مطالعه خشکی از جنبه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی با توجه به وجود اطلاعات کم در زمینه پاسخ گندم‌های تتراپلوئید (گندم دوروم) و هگزاپلوئید (گندم نان) به تنش خشکی، ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش، واکنش لاین‌های حساسی از گندم نان و دوروم (به همراه شاهدهای متحمل) به تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات گلدانی در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار در گلخانه تحت دو شرایط آبی (آبیاری تا حد ظرفیت زراعی) و شرایط خشکی (آبیاری تا ۲۰ درصد ظرفیت زراعی) انجام شد. تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش، اثرات منفی در هر دو گونه داشت ولی میزان کاهش صفاتی نظیر بیوماس و طول ریشه، تثبیت خالص دی‌اکسید کربن، تعرق و گشودگی روزنه، پتانسیل اسمزی برگ و ریشه، بهره‌وری آب در گندم نان به مراتب بیش از گندم دوروم بود. بعلاوه، میزان غلظت پروتئین و پرولین در برگ و ریشه در نتیجه خشکی در گندم دوروم نسبت به گندم نان افزایش بیشتری داشت. ضمنا، تنش خشکی تاثیری در میزان کارتنوئیدها و آنتوسیانین برگ هیچ یک از گونه‌ها نداشت. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که پاسخ فیزیولوژیک گونه‌های مختلف گندم نان و دوروم به تنش خشکی یکسان نبوده و گندم دوروم می‌تواند واکنش بهتری در مقابله با تنش خشکی نسبت به گندم نان نشان دهد که به نظر می‌رسد استفاده از این توانایی درگندم دوروم می‌تواند از نظر بهبود تولید گندم در دیمزارهای کشور موثر باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تنش خشکی، پاسخ فیزیولوژیک، گندم نان و دوروم

* نویسنده مسئول: *behzada4@yahoo.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۴

## مقدمه

تنش‌های محیطی از عوامل مهم اولیه در کاهش عملکرد محصولات زراعی در دیم‌زارها بوده و بطور متوسط باعث کاهش۵۰ درصدی محصول‌گیاهان زراعی عمده در دنیا و از جمله ایران می‌شود (Bray *et al*., 2000). ایران از نظر منابع آبی محدودیت دارد به نحوی که با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلیمتر، یک سوم متوسط بارندگی جهان را دارد. از سوی دیگر از حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی تقریبا ۶/۲ میلیون هکتار (۳۳٪) به کشت دیم اختصاص دارد که بیش از ۸۰٪ اراضی دیم کمتر از ۴۰۰ میلیمتر بارندگی دارند (Heidari-Sharifabad 2008). از اینرو قسمت اعظم نواحی زیر کشت گندم دیم در کشور با مشکل کمبود بارش و نیز عدم پراکنش مناسب بارندگی در طی فصل رویشی مواجه می‌باشند. خشکی بسته به زمان، میزان و پراکنش بارندگی می‌تواند عملکرد را به شدت در دیمزارها تحت تاثیر قرار دهد، چرا که پر شدن دانه و رسیدگی محصول در گرم‌ترین ماه‌ها اتفاق می‌افتد.

پاسخ گیاهان به تنش خشکی از جنبه‌های متعدد از جمله فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی قابل بررسی بوده و برای سالیان متمادی در مطالعات فیزیولوژیکی و ژنتیک مولکولی مورد توجه محققین بوده است (Forster *et al*., 2000; Grover 1999). مرحله رشد رویشی در تعیین پاسخ نهائی عملکرد دانه به تنش خشکی اهمیت زیادی دارد (Chaves *et al*., 2003). بنابراین بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه در شرایط رشد رویشی می‌تواند تا حد زیادی سازوکارهای پاسخ عملکرد دانه را نیز به تنش خشکی آشکار نماید. تنوع ژنتیکی برای تحمل خشکی در مطالعات مختلفی مشاهده شده است (Cattivelli *et al*., 1994; Forster *et al*.. 2000; Rizza *et al*., 2004). ژنها و پروتئین‌های زیادی در مسیرهای بیولوژیک مؤثر در تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به خشکی تاکنون شناخته شده است، هر چند که نقش دقیق آنها هنوز مبهم می‌باشد. ظاهراً ژنهای درگیر در تحمل به خشکی، سلولها را از اثرات مضرر دهیدراسیون محافظت می‌کنند (Bray 1997; Close 1997; Xu *et al*., 1996). از اینرو شناخت و درک مکانیسم‌های تحمل به تنش خشکی در جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل از اولویت‌های اصلاح گندم در مناطق دیم به شمار می‌رود.

یکی از مهم‌ترین تاثیرات خشکی بستن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز است (Cornic 1994) که بنوبه خود موجب کاهش سنتز قندها و نشاسته شده و عملکرد نهائی گندم را کاهش می‌دهد. گونه‌ها و ارقام متحمل خشکی بطور عمده محدودیت روزنه‌ای کمتری در شرایط خشکی اعمال می‌کنند و در نتیجه افت فتوسنتز کمتری داشته و تولید بیوماس را در شرایط خشکی کم و بیش ادامه می‌دهند. در این شرایط ساخته شدن اسمولیت‌های دیگر علاوه بر قندها موجب حفظ توانائی جذب آب از بستر خشک می‌شود و از کاهش شدید عملکرد جلوگیری می‌کند (Chaves *et al*., 2003).

شناخت ساز وکارهائی که موجب پاسخ متفاوت گندم نان و دوروم به شرایط تنشی می‌شود، می‌تواند رهیافت‌های جدیدی در گزینش و اصلاح ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل در اختیار پژوهشگران قرار دهد. با بررسی ارقامی که در شرایط مزرعه‌ای

گزینش و اصلاح شده‌اند، و مطالعه فیزیولوژیک آنها در شرایط کشت گلخانه‌ای می‌توان به ویژگی‌های بیوشیمیائی و متابولیسمی این ارقام که موجب تحمل و یا حساسیت بیشتر به خشکی هستند، پی برد. پاسخ گونه‌های مختلف گیاهی از جمله گندم نان و دوروم به تنش خشکی یکسان نبوده و در برخی منابع به تحمل بیشتر گندم دوروم نسبت به گندم نان اشاره گردیده است، ولی تاکنون مطالعه‌ای در زمینه مقایسه تفاوت‌های فیزیولوژیکی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم ایرانی انجام نگرفته است. این پژوهش با هدف بررسی پاسخ‌های گیاه گندم نان و دوروم به تنش خشکی و سازوکارهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی مقابله با این تنش انجام شده است. برای این منظور یک لاین حساس به خشکی از گندم نان و یک لاین از گندم دوروم در شرایط کشت گلخانه‌ای و در طی مرحله رشد رویشی برای تحمل خشکی بررسی شده‌اند.

## مواد و روش‌ها

دو لاین حساس به خشکی از گندم نان SARA-BW-F6-06-85-86-29-1 و گندم دوروم BCRIS/BICUM//LLARETAINIA/3/ DUKE M_12/2*RASCON_21 دریافتی از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در این بررسی مورد مطالعه قرار گرفتند. ابتدا با استفاده از هیپوکلریت‌سدیم تجاری (۱۰ درصد) بذرها ضدعفونی سطحی شده و پس از شستشو با آب مقطر به تشتک‌های حاوی پرلیت شسته شده و مرطوب برای جوانه‌زنی در تاریکی منتقل شدند. دانه رست‌های سه روزه به روشنائی منتقل شده و آبیاری آنها با محلول غذائی (Hajiboland *et al*., 2003) و یا آب مقطر انجام گرفت. پس از سه روز پیش کشت، گیاهان به گلدان‌های ۲/۲ لیتری حاوی پرلیت منتقل شده و دو تیمار آبیاری شامل شاهد (آبیاری در حد ظرفیت زراعی) و خشکی (آبیاری در حد ۲۰ درصد ظرفیت زراعی) آغاز شد. حجم محلول غذائی مورد استفاده به ازای هر گلدان از ۱۰۰ میلی‌لیتر در هفته آغاز و در مراحل پایانی رشد به ۳۰۰ میلی‌لیتر در هفته افزایش یافت. افزودن آب و یا محلول غذائی برای رساندن گلدان‌ها به ظرفیت مزرعه‌ای مورد نظر، بعد از توزین روزانه انجام می‌گرفت. گیاهان در شرایط گلخانه با دوره روشنائی ۱۶ ساعت/۸ ساعت، رطوبت ۳۰/۴۰ درصد و دمای $^{\circ}$C/۲۸ $^{\circ}$C ۱۹ (بترتیب در دوره روشنائی/تاریکی) و شدت نور ۴۰۰ میکرومول/ مترمربع بر ثانیه رشد داده شدند. هشت هفته پس از آغاز تیمارها، گیاهان برداشت شدند. سنجش پارامترهای تبادل گاز بر روی سومین برگ جوان و قبل از برداشت و توزین گیاهان انجام شد. ضمنا سنجش رنگیزه‌ها و متابولیت‌ها بر روی نمونه‌های تازه برداشت شده انجام گردید. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند، سپس وزن آنها تعیین گردید.

### سنجش پارامترهای تبادل گاز فتوسنتزی و رنگیزه‌های برگ

جهت اندازه‌گیری پارامترهای مختلف تبادل گاز فتوسنتزی از دستگاه مربوط ( $LCA_4$, ADC, UK) استفاده شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل شدت فتوسنتز (A) بر حسب $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$، تعرق

(E) برحسب $mmol\ m^{-2}s^{-1}$ و هدایت روزنه‌ای ($g_s$) برحسب $molm^{-2}s^{-1}$ بود.

جهت سنجش مقدار رنگیزه‌های برگ، نمونه‌های گیاهی با آب دوبار تقطیر شستشو شده و بر روی کاغذ صافی خشک شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (تقریباً ۲۰۰ میلی‌گرم) استخراج ماده مورد نظر با استفاده از حلال مربوطه بر روی یخ و با هاون چینی سرد انجام شد. غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها به وسیله اسپکتروفتومتر، بعد از ۲۴ ساعت استخراج در استن ۱۰۰ درصد تعیین شد. جذب در ۶۶۲، ۶۴۵ و ۶۶۲ و ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شده و غلظت کلروفیل a, b و کاروتنوئیدها طبق فرمول‌های مربوطه محاسبه شد (Lichtenthaler and Wellburn 1985). برای سنجش فلاونوئیدها نمونه‌های برگ در متانول حاوی آلومینیوم کلرید ۲ درصد استخراج شده و پس از سانتریفوژ، روشناور برداشت و جذب آن در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرائت شد. از غلظت‌های مختلف کوئرستین (صفر تا ۲۰ میلی گرم در لیتر) بعنوان استاندارد استفاده گردید و مقدار فلاونوئیدها بر اساس $mg\ quercetin\ g^{-1}\ FW$ محاسبه شد (Sarikurkcu *et al*., 2008). جهت سنجش آنتوسیانین، عصاره حاصل از استخراج در حلال متانول: هیدروکلریک اسید (v/v ۹۸ : ۲) به مدت ۲۰ دقیقه در g ۱۰۰۰ سانتریفوژ گردید. مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول روشناور با ۴۹/۵ میلی‌لیتر از بافر یک میلی‌مولار MES2-(N-morpholino) ethanesulfonic acid با pH های ۱ و ۴/۵ در بالن ژوژه‌های ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد، پس از ۳۰ دقیقه جذب در ۵۱۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. مقدار آنتوسیانین بر اساس $mg\ cyanidin\text{-}3\text{-}glucoside\ g^{-1}\ FW$ گزارش شد(Plessi *et al*., 2007).

**سنجش قندهای محلول و نشاسته**

برای استخراج عصاره گیاهی جهت سنجش کربوهیدرات‌ها از بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH =۷/۵) استفاده شد. محلول روشناور برای سنجش قند محلول کل با استفاده از معرف آنترون- سولفوریک اسید و رسوب حاصل برای سنجش نشاسته با استفاده از معرف یدین- هیدروکلریک اسید مورد استفاده قرار گرفت. معرف آنترون - سولفوریک و عصاره گیاهی (روشناور) به نسبت ۵:۱ در داخل لوله‌های آزمایش شیشه‌ای ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در درون حمام آب گرم قرار گرفت. بعد از سرد شدن، جذب در ۶۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. جهت تهیه محلول‌های استاندارد از غلظت‌های ۰ تا ۲۰ میلی‌گرم گلوکز (Merck) استفاده شد و نتایج برحسب $\mu glucose\ g^{-1}\ FW$ بیان شد (Magné *et al*., 2006). رسوب حاصل از مرحله استخراج، در دی متیل سولفوکسید: هیدروکلریک اسید ۸ نرمال (V/V ۱:۴) حل شد و در ۱۲۰۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. معرف یدین، عصاره گیاهی و آب مقطر به نسبت ۱:۱:۵ در سل شیشه‌ای ریخته شد و بعد از ۱۵ دقیقه در دمای اتاق جذب نمونه‌ها در ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. نتایج برحسب $mg\ g^{-1}\ FW$ ارائه گردید. جهت تهیه محلول‌های استاندارد از غلظت‌های ۰ تا ۱۰ میلی‌گرم نشاسته (Merck) استفاده شد (Magné *et al*., 2006).

**سنجش اسید آمینه‌های آزاد و پروتئین محلول**

برای سنجش غلظت اسید آمینه‌های آزاد کل، نمونه‌ها در بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH =۶/۸) همگن و استخراج شده و بعد از سانتریفوژ بر روی نمونه‌های روشناور معرف نین‌هیدرین (محلول ۱:۵ رقیق شده از ۳۵۰ میلی گرم نین‌هیدرین در ۱۰۰ میلی لیتر اتانل) اضافه گردید و ۷-۴ دقیقه در دمای ۱۰۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب قرار گرفت. پس از سرد شدن در حمام آب سرد، جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۷۰ نانومتر قرائت شد. از غلظت‌های مختلف گلیسین برای ترسیم منحنی استاندارد استفاده گردید (Hwang and Ederer 1975). غلظت پروتئین کل به روش برادفورد و با استفاده از سرم آلبومین گاوی (Merck) به عنوان استاندارد و معرف تجاری برادفورد (Sigma) سنجش گردید (Bradford 1976).

**سنجش اجزای پتانسیل آب برگ**

پتانسیل آب برگ با استفاده از دستگاه اتاقک فشار (DTK-7000, Japan) اندازه‌گیری شد. برای تعیین پتانسیل اسمزی، برگ‌ها در هاون چینی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد له شده و شیره حاصل سانتریفوژ گردید. روشناور بدست آمده، برای تعیین فشار اسمزی با استفاده از اسمز سنج ( Herman Roebling MESSTECHNIK, Germany) بکار رفت.

**سنجش پرولین**

استخراج پرولین در ۳ درصد سولفو-سالیسیلیک اسید انجام شد و بعد از سانتریفوژ، روشناور با استیک اسید و نین هیدرین تیمار شد. پس از جوشاندن، جذب نمونه‌ها در ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. از پرولین (سیگما) برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد (Bates *et al*., 1973).

آزمایش در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو سطح خشکی و چهار تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار سیگما استات (نسخه ۳/۰۲) انجام گرفت؛ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از تست توکی در سطح پنج درصد انجام گردید.

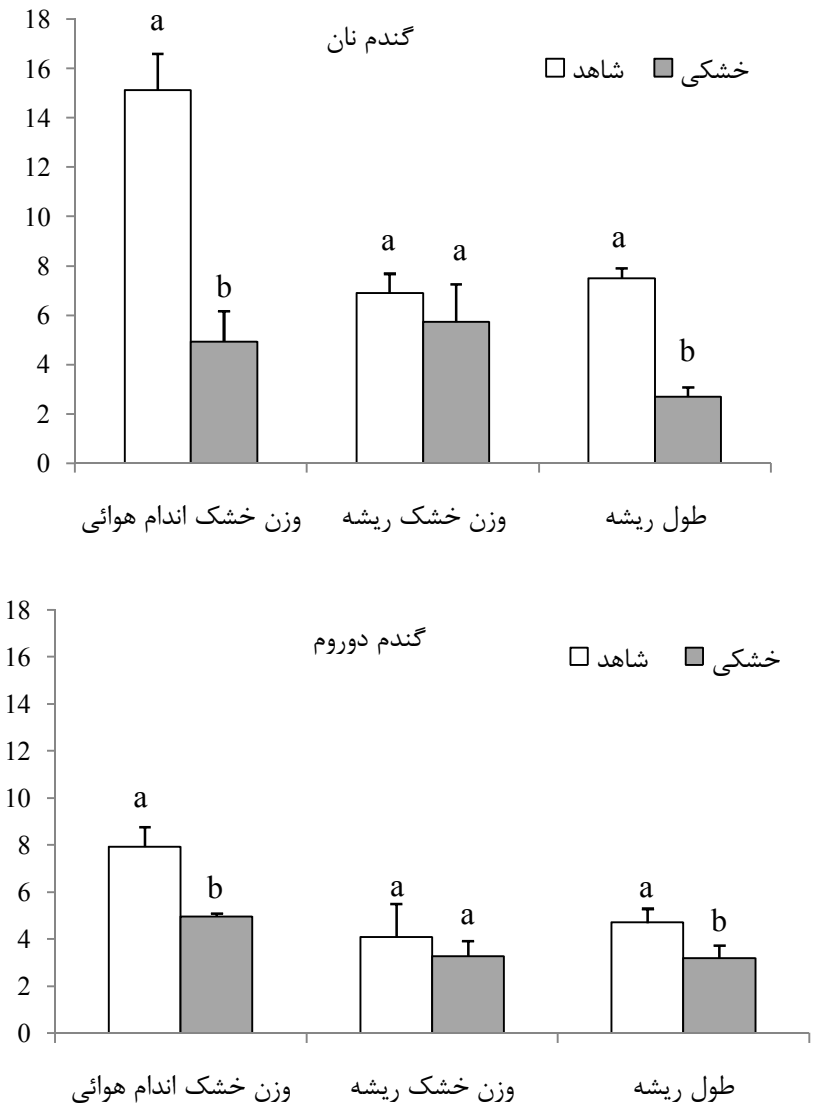
## نتایج و بحث

در نتیجه تنش خشکی، وزن خشک اندام هوائی و ریشه، و نیز طول ریشه در هر دو ژنوتیپ گندم نان و دوروم کاهش یافت ولی میزان این کاهش در مورد بیوماس اندام هوائی و طول ریشه در ژنوتیپ گندم نان (۶۷ و ۶۴ درصد به ترتیب) بیش از ژنوتیپ گندم دوروم (۳۷ و ۳۴ درصد به ترتیب) بود (شکل۱).

مهم‌ترین شاخص برای تحمل تنش در دوره رشد رویشی، بیوماس گیاه است که برآیندی از پاسخ‌های بیوشیمیائی و فیزیولوژیک بوده و نشان دهنده توانائی تولید ماده خشک در شرایط مزرعه‌ای است که توانائی تولید دانه را در طی نمو زایشی تعیین خواهد نمود.

در این بررسی ژنوتیپ گندم دوروم تحمل بیشتری نسبت به خشکی از خود نشان داد که در بیوماس بیشتر اندام هوائی و نیز کاهش کمتر در طول ریشه منعکس شد. بالاتر بودن سطح جذب ریشه‌ای می‌تواند موجب توانائی بیشتر جذب آب شده و از صدمات کم آبی محیط ریشه بکاهد ( Chaves *et al*., 2003).

تحت تاثیر تیمار خشکی، غلظت کلروفیل a و b تنها در ژنوتیپ گندم دوروم افزایش یافت؛ ولی غلظت فلاونوئیدها در هر دو ژنوتیپ گندم نان و دوروم با تیمار خشکی بیشتر شد. از طرف دیگر، تیمار خشکی تاثیری در میزان کارتنوئیدها وآنتوسیانین برگ در هیچکدام از دو ژنوتیپ نداشت (جدول ۱). خشکی باعث کاهش تثبیت خالص دی اکسیدکربن در هر دو ژنوتیپ از گندم نان و دوروم گردید، ولی این کاهش در گندم نان (۷۶ درصد) به مراتب بیش از گندم دوروم (۲۵ درصد) بود. بصورت مشابه تعرق و گشودگی روزنه‌ها تحت تاثیر خشکی در هر دو گونه کاهش یافت و این تغییرات در ژنوتیپ گندم نان به مراتب قابل توجه‌تر بوده و از نظر آماری معنی‌دار بود (شکل ۲).




شکل ۱- وزن خشک اندام هوائی و ریشه ($mg\ plant^{-1}$) و طول ریشه ($cm\ plant^{-1}$) در دو لاین حساس گندم نان و دوروم تحت شرایط تیمار خشکی و شاهد (بدون تنش)

جدول ۱- تاثیر تیمار خشکی بر غلظت رنگیزه‌های مختلف برگ ($mg\ g^{-1}\ FW$) در دو لاین حساس گندم نان و دوروم تحت شرایط تیمار خشکی و شاهد (بدون تنش)

| | سطح تنش | کلروفیل a | کلروفیل b | کاروتنوئید | آنتوسیانین | فلاونوئید |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ژنوتیپ گندم نان | شاهد | ۲/۰۶±۰/۳۰ a | ۰/۸۸±۰/۱۵ a | ۱۳۹±۲۳ ab | ۹/۴±۲/۸ a | ۳/۱±۰/۱۴ b |
| | خشکی | ۲/۲۵±۰/۲۱ a | ۰/۹۰±۰/۰۷ a | ۱۵۹±۱۸ a | ۴/۰±۲/۴ a | ۴/۲±۰/۳۳ a |
| ژنوتیپ گندم دوروم | شاهد | ۱/۳۹±۰/۰۹ b | ۰/۶۳±۰/۰۴ b | ۱۱۰±۷ b | ۵/۱±۲/۸ a | ۱/۸±۰/۴۸ c |
| | خشکی | ۲/۱۱±۰/۱۵ a | ۰/۸۵±۰/۰۵ a | ۱۴۰±۹ b | ۵/۵±۳/۲ a | ۲/۷±۰/۳۴ b |

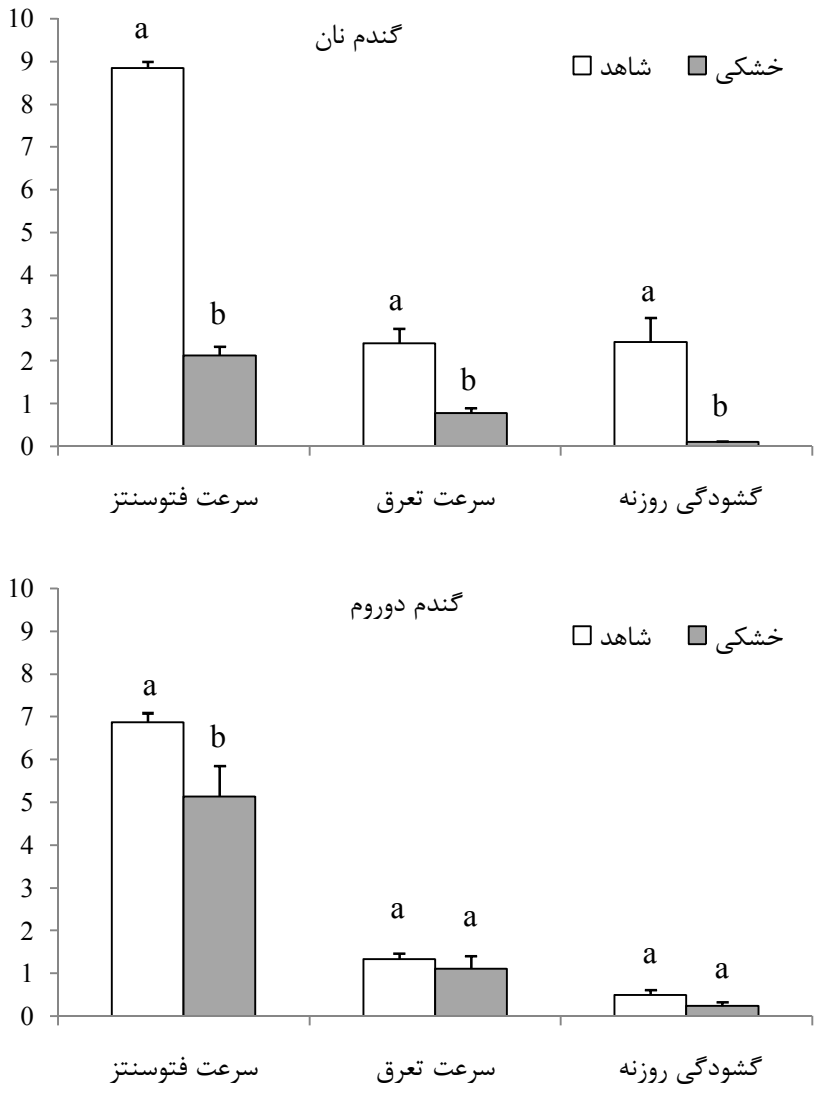
در پاسخ به خشکی، معمولا گیاهان روزنه‌های خود را می بندند و به این ترتیب از اتلاف بیشتر آب جلوگیری می‌کنند. کاهش فتوسنتز و افت توانائی تولید بیوماس از نتایج این واکنش بوده، هرچند از مرگ گیاه جلوگیری می‌کند، لیکن موجب کاهش توانائی تولید دانه و توان رقابت با گونه‌های دیگر می‌شود. گونه‌ها و ژنوتیپ‌های متحمل بطور عمده افت فتوسنتز کمتری از خود نشان می‌دهند و به دلیل اعمال محدودیت روزنه‌ای کمتر، با تداوم فتوسنتز توانائی تولید بیوماس را تا حد زیادی حفظ کرده و از دی اکسیدکربن تثبیت شده برای متابولیسم‌های ضروری مانند تولید قند و مواد اسموتیکوم دیگری مانند پرولین استفاده می‌کنند (Chaves *et al.*, 2003). در این بررسی این سازوکار در ژنوتیپ گندم دوروم مشاهده شد، به نحوی که کاهش گشودگی روزنه در دوروم از نظر آماری معنی‌دار نبود و همین امر موجب تداوم کم و بیش فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی گردید که عمدتا در بالاتر بودن تولید ماده خشک در ژنوتیپ گندم دوروم تحت تنش در مقایسه با شاهد منعکس گردید.

پتانسیل اسمزی برگ و ریشه در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. این کاهش در ژنوتیپ گندم نان (۱۲۳ درصد) به مراتب بیش از ژنوتیپ گندم دوروم (۵۳ درصد) بود. با اینحال در ریشه افت پتانسیل آب در ژنوتیپ گندم دوروم (۱۲۵ درصد) بیش از ژنوتیپ گندم نان (۲۷ درصد) بوده است. مقدار آب نسبی برگ و کارائی بهره‌وری آب تحت تاثیر خشکی در هر دو لاین کاهش یافت ضمن اینکه کارآئی بهره‌وری آب در ژنوتیپ گندم دوروم بصورت معنی‌داری از گندم نان بیشتر بود (جدول۲).

غلظت قندهای محلول در شرایط خشکی در هر دو ژنوتیپ افزایش معنی‌داری یافت ولی غلظت نشاسته بجز در مورد ریشه گیاه گندم نان که افزایش نشان داد تحت تاثیر تیمار خشکی قرار نگرفت (جدول ۳). انباشتگی قندهای محلول نیز که در این بررسی تحت تنش خشکی مشاهده شد، می‌تواند در ابقای توانائی جذب آب موثر بوده و بنابراین از خشک شدن بافت‌ها جلوگیری کند (Kafi *et al.*, 2003). البته دو ژنوتیپ گندم نان و دوروم از این نظر تفاوتی با هم نداشتند. غلظت پرولین در برگ تحت تاثیر خشکی در ژنوتیپ گندم نان ۴/۷ برابر و ژنوتیپ دوروم ۵/۶ برابر گردید. همچنین این افزایش در مورد ریشه ژنوتیپ گندم دوروم (۲۰۷ درصد) بیش از ژنوتیپ گندم نان (۱۵ درصد) بود (شکل ۳).

جدول ۲- تاثیر تیمار خشکی بر پتانسیل اسمزی برگ و ریشه (MPa)، مقدار آب نسبی (RWC%) برگ و کارآئی مصرف آب (WUE: نسبت فتوسنتز/تعرق) در دو لاین حساس گندم نان و دوروم

| | سطح تنش | پتانسیل اسمزی برگ | پتانسیل اسمزی ریشه | RWC | WUE |
|---|---|---|---|---|---|
| ژنوتیپ گندم نان | شاهد | -۰/۵۹±۰/۰۲ a | -۰/۱۵±۰/۰۳ ab | ۸۴/۷±۳/۳۵ a | ۳/۷۳±۰/۶۴ ab |
| | خشکی | -۱/۳۲±۰/۱۰ c | -۰/۱۹±۰/۰۳ a | ۷۰/۹±۳/۶۱ b | ۲/۷۶±۰/۳۶ b |
| ژنوتیپ گندم دوروم | شاهد | -۰/۵۱±۰/۰۹ a | -۰/۱۲±۰/۰۱ b | ۸۹/۲±۴/۷۶ a | ۵/۲۲±۰/۵۱ a |
| | خشکی | -۰/۷۸±۰/۰۳ b | -۰/۲۷±۰/۰۳ c | ۷۶/۵±۲/۵۴ b | ۴/۷۶±۰/۹۳ a |

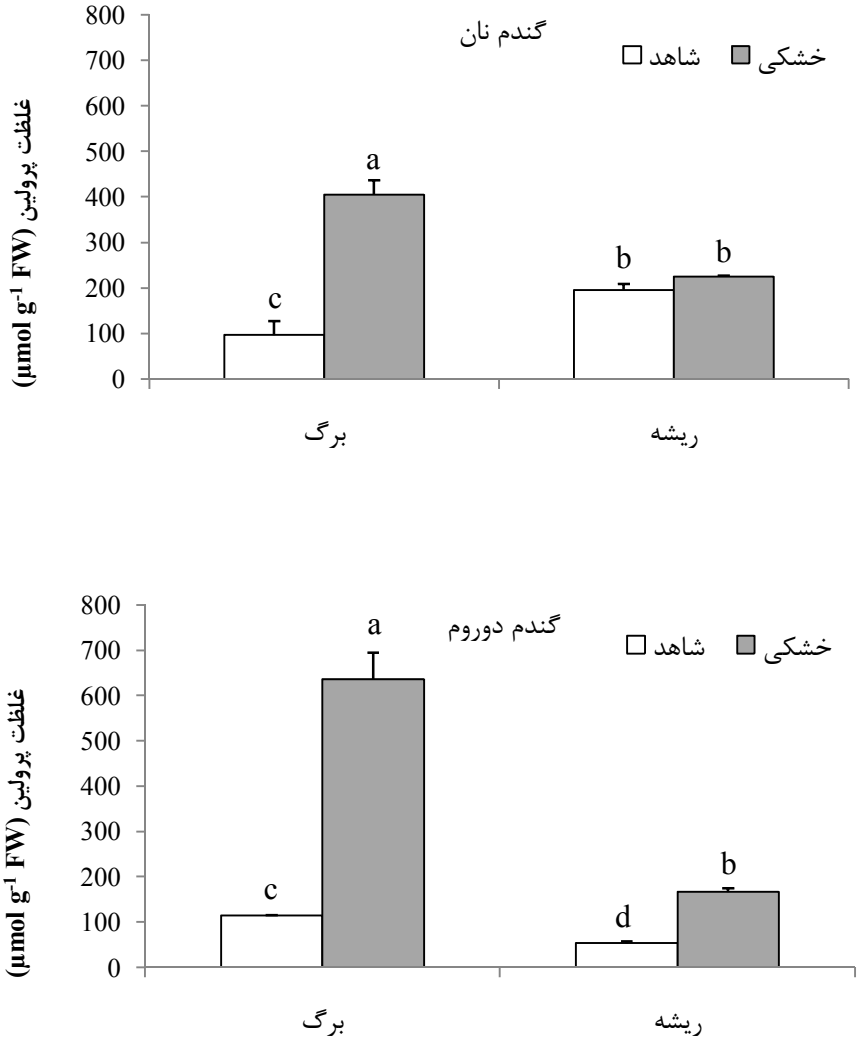



شکل ۲. شاخص‌های تبادل گاز شامل سرعت فتوسنتز ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)، سرعت تعرق ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$) و گشودگی روزنه ($mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) در دو لاین حساس گندم نان و دوروم تحت شرایط تیمار خشکی و شاهد (بدون تنش)

جدول ۳- تاثیر تیمار خشکی بر غلظت پروتئین (mg g-1 FW)، اسید آمینه کل (µmol g-1 FW)، قند محلول (mg g-1 FW) و نشاسته (mg g-1 FW) در برگ و ریشه دو لاین حساس گندم نان و دوروم

| | سطح تنش | پروتئین | اسید آمینه کل | قندهای محلول | نشاسته |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | برگ | | |
| ژنوتیپ گندم نان | شاهد | ۲۱/۱±۱/۳۶ c | ۵۶/۶±۱۳/۱۴ b | ۲/۷±۰/۳۲ d | ۰/۹۸±۰/۲۱ a |
| | خشکی | ۲۷/۵±۲/۶۵ c | ۱۰۷/۹±۵/۷۰ a | ۲۳/۸±۱/۸۶ a | ۰/۹۷±۰/۳۴ a |
| ژنوتیپ گندم دوروم | شاهد | ۵۹/۶±۶/۱ b | ۴۰/۰±۴/۹ bc | ۵/۳±۰/۴۹ c | ۰/۶۹±۰/۱۳ a |
| | خشکی | ۷۹/۰±۷/۲ a | ۳۴/۷±۶/۵ c | ۱۲/۴±۰/۹۱ b | ۰/۶۸±۰/۱۵ a |
| | | | ریشه | | |
| ژنوتیپ گندم نان | شاهد | ۶/۴۸±۰/۸۱ c | ۱۱/۰±۲/۸۹ b | ۲/۶±۰/۵۴ c | ۰/۲۶±۰/۰۵ b |
| | خشکی | ۶/۸۰±۰/۷۲ c | ۱۷/۹±۳/۹۲ a | ۵/۷±۰/۷۴ a | ۰/۵۵±۰/۲۴ a |
| ژنوتیپ گندم دوروم | شاهد | ۹/۴۳±۰/۶۳ b | ۷/۹۹±۰/۹۰ b | ۳/۸±۰/۸۴ bc | ۰/۲۰±۰/۰۵ b |
| | خشکی | ۱۲/۵۴±۱/۳۹ a | ۱۰/۰±۰/۳۴ b | ۴/۷±۰/۷۲ ab | ۰/۲۸±۰/۰۴ b |

از دیگر سازوکارهای مقابله با تنش خشکی، افزایش سنتز و انباشتگی اسموتیکوم‌های سازگار با متابولیسم مانند گلیسین بتائین و پرولین که موجب حفظ توانائی جذب آب از خاک خشک شده و نیز از تاثیر منفی کاهش پتانسیل اسمزی بر روی متابولیسم جلوگیری می‌کنند، می‌باشد (Chaves *et al.*,2003). پرولین از اسموتیکوم‌های سازگار با متابولیسم است که در تعدادی از گونه‌های گیاهی از جمله در گیاهان تیره گندم تحت تنش خشکی تولید و انباشته می‌شود (Kishor *et al.*, 2005). انباشتگی پرولین از مهم‌ترین سازوکارهائی است که بویژه در گونه‌ها و ژنوتیپ‌های متحمل بیشتر از حساس‌ها دیده می‌شود. جهش‌های موثر بر فعالیت آنزیم‌های بیوسنتزی پرولین موجب کاهش تحمل خشکی در جهش یافتگان می‌شود (Sharma *et al.*, 2011). در این بررسی و به موازات سایر سازوکارها، انباشتگی پرولین نیز در ژنوتیپ گندم دوروم بیش از ژنوتیپ گندم نان بود. پرولین علاوه بر عمل به عنوان اسموتیکوم می‌تواند در به تله انداختن رادیکال‌های هیدروکسیل نقش داشته و بنابراین بعنوان آنتی‌اکسیدانت نیز عمل می‌کند( Szabados and Savouré, 2010). بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد مابین دو ژنوتیپ حساس گندم نان و دوروم در پاسخ فیزیولوژیک به تنش خشکی اختلاف وجود دارد. با توجه به میزان بیشتر کاهش در صفاتی نظیر بیوماس و طول ریشه، تثبیت خالص دی‌اکسید کربن، تعرق و گشودگی روزنه، پتانسیل اسمزی برگ و ریشه، بهره‌وری آب در ژنوتیپ گندم نان، به نظر می‌رسد که ژنوتیپ گندم دوروم از تحمل بیشتری به تنش خشکی برخوردار است، که نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. بعلاوه، میزان غلظت پروتئین و پرولین در برگ و ریشه در نتیجه خشکی در ژنوتیپ گندم دوروم نسبت به گندم نان افزایش بیشتری داشت. به نظر می‌رسد استفاده از این قابلیت گندم دوروم می‌تواند در بهبود تولید گندم در دیمزارهای کشور موثر باشد، البته لازم است مطالعات مشابهی با تعداد ژنوتیپ بیشتری نیز در شرایط مزرعه‌ای برای تایید نتایج آزمایشات گلخانه‌ای اجرا گردد.




شکل ۳- غلظت پرولین برگ و ریشه ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$) در دو لاین حساس گندم نان و دوروم تحت شرایط تیمار خشکی و شاهد (بدون تنش)

## منابع


Bates L, Waldren R, Teare I, 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39 (1):205-207

Bradford MM, 1976. A rapid and sensitive method for the quantitative titration of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72:248-254

Bray E, 1997. Plant responses to water deficit. Trends Plant Sci 2:48-54

Bray EA, Bailey-Serres J, Weretilnyk E, 2000. Responses to abiotic stresses. In: Gruissem W, Buchannan B, Jones R) eds) Biochemistry and molecular biology of plants. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp 1158-1249

Cattivelli L, Delogu G, Terzi V, Stanca AM, 1994. Progress in Barley Breeding. In: Slafer GA (ed) Genetic Improvement of Field Crops .Marcel Dekker, Inc., New York ,

Chaves MM, Maroco JP, Pereira JS, 2003. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30 (3):239-264

Close TJ ,1997. Dehydrins: a commonalty in the response of plants to dehydration and low temperature. Physiol Plant 100:291-296

Cornic G, 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. In: Baker NR, Bowyer JR (eds) Photoinhibition of Photosynthesis from Molecular Mechanisms to the Field. Oxford BIOS ,Scientific Publishers Ltd. U.K, pp 297-313

Forster BP, Ellis RP, Newton AC, Morris WL, Moir J, Lyon J, Keith R, Tuberosa R, Talame V, This D, Teulat B, El-Enein RA, Bahri H, BenSalem M, 2000. Stable yield in Mediterranean barley: application of molecular technologies in improving drought tolerance and mildew resistance. In: Proceedings of the 8th international barley genetics symposium, Adelaide, 22-27 October, pp 273-274

Grover A, 1999. A novel approach for raising salt tolerant transgenic plants based on altering stress signaling through $Ca^{2+}$/ calmodulin-dependent protein phosphatase calcineurin. Curr Sci 76:136-137

Hajiboland R, Yang X, Römheld V, 2003. Effects of bicarbonate and high pH on growth of Zn-efficient and Zn-inefficient genotypes of rice ,wheat and rye. Plant and Soil 250 (2):349-357

Heidari-Sharifabad H, 2008. Drought mitigation strategies for the agriculture sector. In: The 10th Iranian Congress of Crop Sciences, Karaj, Iran, pp 18-20

Hwang M-N, Ederer GM,1975. Rapid hippurate hydrolysis method for presumptive identification of group B *streptococci*. Journal of Clinical Microbiology 1 (1):114-115

Kafi M, Stewart W, Borland A, 2003. Carbohydrate and Proline Contents in Leaves, Roots, and Apices of Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Wheat Cultivars1. Russian journal of plant physiology 50 (2):155-162

Kishor PK, Sangam S, Amrutha R, Laxmi PS, Naidu K, Rao K, Rao S, Reddy K, Theriappan P, Sreenivasulu N, 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science 88 (3):424-438

Lichtenthaler HK, Wellburn AR,1985. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. Biochemical Society Transactions 11:591-592

Magné C, Saladin G, Clément C, 2006. Transient effect of the herbicide flazasulfuron on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L. Chemosphere 62 (4):650-657

Plessi M, Bertelli D, Albasini A, 2007. Distribution of metals and phenolic compounds as a criterion to evaluate variety of berries and related jams. Food Chemistry 100 (1):419-427

Rai V, 2002. Role of amino acids in plant responses to stresses. Biologia Plantarum 45 (4):481-487

Rizza F, Badeck FW, Cattivelli L, Lidestri O, Fonzo Nd ,Stanca AM, 2004. Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. Crop Science 2004 (6):2127-2137

Sarikurkcu C, Tepe B, Daferera D, Polissiou M, Harmandar M, 2008. Studies on the antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Marrubium globosum* subsp. *globosum* (lamiaceae) by three different chemical assays. Bioresource Technology 99 (10):4239-4246

Sharma S, Villamor JG, Verslues PE, 2011. Essential role of tissue-specific proline synthesis and catabolism in growth and redox balance at low water potential. Plant Physiology 157 (1):292-304

Szabados L, Savouré A 2010 Proline: a multifunctional amino acid. Trends in Plant Science 15 (2):89-97

Xu D, Duan X, Wang B, Hong B, Ho T-H, Wu R, 1996. Expression of a late embryogenesis abundant protein gene, HVAJ, from barley confers tolerance to water deficit and salt stress in transgenic rice. Plant Physiol 110:249-257

# Different physiological response to drought in bread and durum wheat genotypes

Nooshin Sadegzadeh[1], Rogayeh Hajiboland[2] and Behzad Sadegzadeh[*3]

*1- Former MSc. Student of Tabriz University*
*2- Associate Professor of Tabriz University*
*3- Assistant Professor of Dryland Agricultural Research Institute*

## Abstract

There is limited knowledge about physiological and biochemical functions of bread wheat and durum wheat genotypes in response to drought stress. To study differences of drought-sensitive bread and durum wheat genotypes to drought stress, this study was conducted under two different irrigation regimes (well-watered and water-stressed treatments) under glasshouse conditions. The experiment was conducted in completely randomised design (CRD) with 4 replications. The drought stress adversely affected both bread and durum wheat genotypes; however, reduction of biomass, root length, net $CO_2$ fixation, respiration, leaf and root osmotic potential, water use efficiency was more sever in bread wheat genotype than durum wheat. On the other hand, in response to drought, durum wheat genotype showed higher accumulation of protein and proline in root and leaf than bread wheat genotype. It can be concluded that bread wheat and durum wheat genotypes differed in their response to drought, and durum genotype had better function to alleviate adverse effects of drought stress. This suggests that durum cultivation may improve the productivity under dryland conditions.

**Key words:** Drought stress, physiological response, bread and durum species

* Corresponding Author: *hossein_k_p@yahoo.com* Received: 2013/12/21 Accepted: 2014/08/17