



غربال ارقام گندم نان برای قابلیت انتقال مجدد، محتوای نسبی آب برگ و تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی

زینب سلیمانی^۱، حسینعلی رامشینی^{۲*}، سیدمحمد مهدی مرتضویان^۲ و بهروز فوقی^۳

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جهانی برای تولید گندم است. به منظور شناسایی صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به تنش خشکی، تعداد ۵۲ رقم گندم نان در دو شرایط عادی و تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه کشت شده و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. همچنین، در آزمایش گلدانی تنظیم اسمزی این ارقام در مرحله گیاهچه‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد ارقام استار و بزوستایا دارای بالاترین میزان RWC (به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۷۸) بودند. تنظیم اسمزی در ارقام رسول و Unknown11 دارای بیشترین مقدار (به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۵۶ مگاپاسکال) بود. ارقام تیپیک، Unknown11 و آذر ۲ پس از محلول‌پاشی با یدید پتاسیم کمترین کاهش را در وزن دانه از خود نشان دادند (به ترتیب ۴/۸، ۵/۵ و ۵/۵ گرم). همچنین، ارقام دز، گاسپارد و MV-17 دارای بیشترین درجه نقره‌ای شدن برگ بودند و ارقام نیک‌نژاد، استار و کوهدشت تحت تنش خشکی قادر بودند بهتر از سایر ارقام برگ‌های خود را به حالت لوله‌ای درآورند و با تنش کم آبی مقابله کنند. تحت تنش خشکی ارقام البرز، زاگرس و اینیا زودرس‌تر و ارقام گاسپارد و کاسکوژن دیررس‌تر از بقیه ارقام بودند. در مجموع می‌توان از ارقام کوهدشت، استار و بزوستایا به عنوان منابع ژنتیکی صفت حفظ آب در برگ در شرایط تنش خشکی برای اصلاح دیگر ارقام استفاده کرد. ارقام آذر ۲ و Unknown11 را می‌توان در تلاقی با دیگر ارقام برای اصلاح قابلیت انتقال مجدد به کار برد.

واژگان کلیدی: ارقام گندم نان، تحمل به خشکی، تنش یدید پتاسیم، صفات فیزیولوژیکی.

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد زراعت، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استادیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- مربی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، تهران، ایران

(* نگارنده‌ی مسئول) ramshini_h@ut.ac.ir

مقدمه

صفت می‌تواند به عنوان شاخصی مهم برای انتخاب ارقام برتر در برنامه‌های اصلاحی به کار رود (Bayoumi *et al.*, 2008).

با کاهش یا توقف فتوسنتز در تنش خشکی یکی از اجزای مهم در بهبود عملکرد، توانایی پر شدن دانه از ذخایر ساقه است که به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های تحمل به تنش خشکی وارد عمل می‌شود که در آن ذخایر از ساقه به دانه منتقل می‌گردد. چرا که معمولاً در دوره رویشی در مناطق با آب و هوایی مدیترانه‌ای گیاهان کمتر دچار تنش خشکی می‌شوند. در این مناطق عمده بارندگی در فصل زمستان و بهار اتفاق می‌افتد. این صفت با کاربرد خشک کننده‌های شیمیایی مانند دیدید پتاسیم (KI) می‌تواند بررسی شود (Blum, 2011). این روش تنش خشکی را تحریک نمی‌کند بلکه اثر تنش را از طریق بازداشتن جذب رایج، شبیه‌سازی می‌کند. ذخایر ساقه مهم‌ترین منبع کربن برای پر شدن دانه است و بر اساس درصد کاهش وزن دانه در گندم این میزان از ۱۵ تا ۳۶٪ گزارش شده است (Mohammadi, 2009). بنابر گزارش همایون (Homayoun, 2011) میزان انتقال مجدد ذخایر ساقه در شرایط تنش به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط مساعد است.

لوله‌ای شدن برگ صفتی است که به خوبی می‌تواند وضعیت آب در گیاه را نشان دهد. بنابر مطالعات قبلی، QTL‌های مربوط به تعداد روز تا لوله‌ای شدن برگ با تعدادی از QTL‌های صفات ریشه‌ای همپوشانی داشته و همبستگی معنی‌داری بین تعداد روز تا لوله‌ای شدن برگ و عمق رشد ریشه تحت تنش خشکی وجود دارد (Yue *et al.*, 2006). از طرفی لوله‌ای شدن برگ به عنوان مکانیسمی برای جلوگیری از هدررفت آب از طریق تبخیر و تعرق شناخته می‌شود.

گندم نان منبع اصلی پروتئین و انرژی در جهان است (Harlan, 1998). خشکسالی به عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های زیست محیطی و عامل اصلی از دست دادن عملکرد در محصولات مطرح شده است (Babu *et al.*, 2004). تغییر در الگوی اقلیمی و کاهش منابع آب در دسترس در سراسر دنیا با احتمال زیاد منجر به این خواهد شد که مزارع آبی نیز با آب کمتری آبیاری شوند (Rebetzke *et al.*, 2006). گیاهان برای مقابله با تنش خشکی از مکانیسم‌های مختلفی استفاده می‌کنند که قدرت این مکانیسم‌ها را می‌توان با اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک مختلف سنجید. تنظیم اسمزی یکی از اجزای مهم سازوکارهای تحمل به خشکی در گیاهان است (Zhang *et al.*, 1999). در این مکانیسم، گیاهان مواد حل شونده را در شیره سلولی خود انباشته و پتانسیل اسمزی داخل سلول را کاهش می‌دهند (Blum, 2011). این مواد یک سری مولکول‌های آلی با وزن مولکولی پایین از جمله آمینواسیدها، بتائین و قندها هستند. علاوه بر این مواد، برخی از مواد معدنی نیز در تنظیم اسمزی مهم هستند. توانایی گیاهان در تجمع اسمولیت‌ها می‌تواند به‌طور غیرمستقیم از طریق اندازه‌گیری تنظیم اسمزی (OA) تخمین زده شود. همبستگی مثبت و معنی‌داری میان تنظیم اسمزی و عملکرد دانه تحت تنش خشکی گزارش شده است (Blum *et al.*, 1999; Subbarao *et al.*, 2000). روشی دیگر برای تعیین وضعیت آب گیاه، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) است، روشی ساده و مؤثر که محتوای نسبی حجمی آب برگ را به محتوای آب برگ در حالت تورژسانس می‌سنجد (Blum, 2011). ارقامی که محتوای نسبی آب برگ بالاتری دارند تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی از خود نشان می‌دهند (Nouri *et al.*, 2011). بنابراین، این

صورت گرفت. به منظور اندازه‌گیری توانایی پر شدن دانه از ذخایر ساقه، از خشک کننده شیمیایی محلول یدید پتاسیم (KI) استفاده شد. بر اساس این روش، ۷ روز پس از گلدهی در بخش عادی آزمایش، محلول یدید پتاسیم (0.4 w/v%) بر روی کانوپی گیاه پاشیده شد. بعد از رسیدگی، مقایسه وزن دانه در شرایط تیمار با مواد خشک کننده و شرایط عادی، میزان کاهش در وزن دانه به علت تیمار با مواد خشک کننده برآورد گردید. عدد به دست آمده در واقع شاخصی از میزان انتقال مجدد بوده و کاهش کمتر در وزن دانه پس از محلول‌پاشی با یدید پتاسیم، نشان‌دهنده انتقال مجدد بهتر گیاه است (Blum, 2011). محتوای نسبی آب برگ در سه زمان مختلف (۹، ۱۲ و ۱۷ روز پس از آبیاری) و به روش (Barrs and Weatherley, 1962) اندازه‌گیری شد. با استفاده از فرمول زیر محتوای نسبی آب برگ بر حسب درصد محاسبه شد که در آن وزن تر (FW)، وزن در حالت تورژانس (TW) و وزن خشک نمونه (DW) است.

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW)$$

لوله‌ای شدن برگ به صورت مشاهده‌ای و بر اساس رتبه از صفر تا ۳ در اواسط مرحله گلدهی در شرایط تنش امتیازدهی شد، به این ترتیب که صفر= فاقد لوله‌ای شدن، ۱= لوله‌ای شدن کم، ۲= لوله‌ای شدن متوسط و ۳= لوله‌ای شدن زیاد در نظر گرفته شد (Bogale et al., 2011). نقره‌ای شدن برگ نیز به همین ترتیب به صورت مشاهده‌ای و بر اساس رتبه از صفر تا ۳ در اواسط مرحله گلدهی در سایت اعمال تنش امتیازدهی شد.

آزمایش گلدانی

برای بررسی تنظیم اسمزی، گیاهان در دو شرایط عادی و تنش در سه تکرار در گلدان‌های کوچک کشت شدند. پتانسیل اسمزی در شرایط

هدف از این آزمایش، شناسایی ارقام متحمل و حساس به تنش کم‌آبی از نظر صفات مختلف فیزیولوژیک بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ۱۰۳۵ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا گردید. در این تحقیق ۵۲ رقم گندم نان از نظر صفات محتوای نسبی آب برگ (RWC)، زمان گلدهی، زمان رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه، انتقال مجدد، پتانسیل اسمزی، تنظیم اسمزی، نقره‌ای بودن برگ و لوله‌ای شدن برگ ارزیابی شدند. عملیات کاشت، داشت و برداشت طبق روش مرسوم در منطقه انجام شد. ارقام در شرایط عادی و تنش، بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مقایسه شدند. هر رقم بر اساس تراکم زراعی معمول (۲۸۰ بذر در متر مربع)، به ترتیب بر روی دو پشته، که هر پشته شامل ۲ خط و هر خط به طول ۲ متر بود، کاشته شد. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با آزمایش خاک مشخص شد خاک مزرعه لومی سیلتی است. زمان اعمال تنش در سایت تنش پس از گلدهی بود. پس از شروع تنش بر اساس آزمون اولیه خاک زمانی که درصد رطوبت در سایت تنش به حدی می‌رسید که معادل پتانسیل اسمزی ۱/۵- مگاپاسگال بود آبیاری مجدد به روش جوی و پشته انجام گرفت (Beltrano et al., 2008). این پتانسیل معادل ۱۴ درصد رطوبت وزنی بود که بر اساس آزمایش خاک برای نقطه پژمردگی به‌دست آمد. بر این اساس، پس از گلدهی ارقام گندم نان تا زمان رسیدگی آنها، دو بار اعمال تنش در مزرعه

میانگین RWC برای ارقام ۶۹ درصد به دست آمد. تحت تنش خشکی همبستگی مثبت میان محتوای نسبی آب برگ و عملکرد دانه گزارش شده و ارقامی که تحت تنش خشکی بتوانند آب بیشتری را در برگ‌های خود نگه دارند، عملکرد دانه بالاتری نیز خواهند داشت (Nouri *et al.*, 2008). محتوای نسبی آب برگ یکی از سازوکارهای تحمل به تنش خشکی است و در این آزمایش تنوع زیادی برای آن مشاهده شد. به همین دلیل از این صفت برای تشخیص ارقام مقاوم از حساس به تنش خشکی استفاده شده است. به طوری که اگر در شرایط تنش مقدار محتوای نسبی آب برگ یک ژنوتیپ کمتر از ۲۵ درصد باشد به عنوان ژنوتیپ حساس در نظر گرفته می شود (Patrizia *et al.*, 2006). از ارقام برتر می توان برای اصلاح این صفت استفاده کرد. میزان RWC در سه زمان اندازه گیری تفاوت نشان داد. دلیل این تفاوت این است که گیاهان در سه زمان گوناگون پس از تنش برای این صفت بررسی شدند. در شرایط عادی تفاوت معنی داری از نظر روز تا گلدهی، طول دوره پرشدن دانه، وزن هزاردانه، وزن هزار دانه پس از محلول پاشی و انتقال مجدد وجود داشت (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در صفت پتانسیل اسمزی (OP)، تحت شرایط عادی و تحت شرایط تنش خشکی تفاوت معنی داری میان ارقام رشد یافته وجود ندارد (جدول ۳)، اما اگر میانگین‌های حالت عادی و تنش با هم مقایسه شوند مشاهده می شود که در ارقام رسول، Unknown11، کراس البرز، بزوستایا، بولانی، DN-11، شاهی، سبلان، هیرمند و قفقاز، تفاوت معنی داری میان پتانسیل اسمزی شرایط عادی و تنش این ارقام وجود دارد (شکل ۲). تفاوت مقادیر پتانسیل اسمزی در شرایط عادی و تنش برای هر رقم، تنظیم اسمزی (OA) آن رقم را نشان می دهد که در شکل ۳ نشان داده شده

عادی و شرایط تنش که دچار کم آبی شده است، به دست می آید. در این روش، با اندازه گیری RWC برای گیاهان تحت شرایط تنش، زمانی که RWC این گیاهان به حدود ۶۰٪ می رسد، در عصر همان روز آبیاری شده و از برگ‌های آنها صبح روز بعد برای اندازه گیری پتانسیل اسمزی نمونه گیری شد. بر طبق نظر استپنوکوس و همکاران (Stepnokus *et al.*, 1982) انتظار نمی رود آب رسانی به مدت یک شب، تغییرات قابل توجهی را میان ارقام در تنظیم اسمزی آنها بعد از دوره کم آبی ایجاد کند. در همین مرحله پتانسیل اسمزی در شرایط عادی نیز اندازه گیری شد. تفاوت پتانسیل اسمزی در دو شرایط به عنوان تنظیم اسمزی در نظر گرفته شد (Blum, 2011; Babu *et al.*, 1999). تجزیه و تحلیل داده‌های طرح بلوک برای هر سایت و طرح کرت‌های خرد شده در زمان برای صفت RWC با استفاده از نرم افزار آماری SAS و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با روش LSD و در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد در صفت محتوای نسبی آب برگ، اختلاف معنی داری میان رقم‌ها در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. همچنین، رتبه بندی ارقام در سه زمان اندازه گیری برای این صفت یکسان بود به عبارتی اثر متقابل زمان با رقم در این صفت معنی دار نبود (جدول ۱). شکل ۱ نتایج را بر اساس میانگین سه زمان اندازه گیری برای محتوای نسبی آب برگ نشان می دهد. رقم استار (۷۹٪)، بزوستایا (۷۸٪)، کاسکوژن (۷۸٪)، Gamptus_R (۷۷٪) و کوهدهشت (۷۶٪) بالاترین میزان RWC را در شرایط تنش خشکی نشان دادند در حالی که RWC برای ارقام هما (۵۵٪)، شعله (۶۰٪)، داراب ۲ (۶۱٪)، اوحدی (۶۱٪) و طبسی (۶۲٪) پایین تر از بقیه ارقام بود.

چمران، قفقاز، مغان ۳، اوحدی، پیشتاز، شهریار، شیراز، سومالی ۳، تیپیک و Weebill1 درجه نقره‌ای بودن نسبتاً بالا و برابر ۲ بود. در بقیه ارقام درجه نقره‌ای بودن ۱ بود. همچنین، ارقام نیک‌نژاد، استار و کوهدشت تحت تنش خشکی قادر بودند بهتر از سایر ارقام برگ‌های خود را به حالت لوله‌ای درآورند و با تنش کم آبی مقابله کنند اما ارقام MV-Excalibur، 17، شاهی، تیپیک و weebill1 قادر نبودند تحت تنش خشکی برگ‌های خود را به حالت لوله‌ای در آورند (شکل ۴). لوله‌ای شدن برگ در غلات به هنگام روبرو شدن با تنش خشکی دیده می‌شود. زمانی که سلول‌های پیرامون رگبرگ‌ها آب خود را از دست می‌دهند برگ به صورت لوله‌ای در می‌آید. بیشترین مقدار لوله‌ای شدن در ظهر رخ می‌دهد که در این آزمایش نیز این صفت در نیم روز اندازه‌گیری شد. غلات، لوله‌ای شدن برگ را برای جلوگیری از جذب نور خورشید به هنگام گرما انجام می‌دهند. مشخص شده که لوله‌ای شدن برگ، تبخیر و تعرق و مصرف آب را توسط برگ کاهش داده و سیستم فتوسنتزی PSII را از صدمه حفظ می‌کند. بنابراین، اگرچه خود نشانه‌ای از وجود تنش خشکی است اما برگ را از خشکی صد در صد حفظ می‌کند (Blum, 2011). در این میان رقم استار و کوهدشت از RWC بالایی برخوردار بودند که با احتمال زیاد می‌توان گفت لوله‌ای شدن برگ تاثیر زیادی در حفظ رطوبت برگ در این ارقام داشته است. در ارقام استار و کوهدشت درجه نقره‌ای بودن برگ نیز بالا بود بنابراین، می‌توان گفت این مکانیسم نیز در بالا بردن RWC نقش داشته است. در رقم بزوستایا نیز علاوه بر محتوای نسبی آب برگ، تنظیم اسمزی و درجه نقره‌ای شدن برگ بالا بود و این رقم به خوبی توانسته از این سه صفت برای مقابله با تنش خشکی بهره گیرد. گلدهی زود هنگام و به دنبال آن رسیدگی زودتر را می‌توان به

است. ارقام رسول، Unknown11، کراس البرز و بزوستایا بالاترین میزان تنظیم اسمزی را داشتند (به ترتیب ۰/۵۸، ۰/۵۶، ۰/۵۲ و ۰/۴۸ مگاپاسکال) در حالی که کراس فلات هامون، مرودشت، کاسکوژن و شعله کمترین مقدار تنظیم اسمزی را نشان دادند (به ترتیب ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۱، ۰/۰۱۳ و ۰/۰۳۳ مگا پاسکال). در بین این ارقام، بزوستایا دارای RWC بالایی نیز است. می‌توان گفت با احتمال زیاد این رقم به واسطه تنظیم اسمزی خوبی که دارد توانسته است محتوای نسبی آب برگ خود را در شرایط تنش بالا نگه دارد. ارقام استار، کاسکوژن، Gamptus-R و کوهدشت اگر چه دارای بالاترین RWC بودند ولی توانایی تنظیم اسمزی خوبی نداشتند. بنابراین، می‌توان دلیل RWC بالای آنها را با ریشه یا مکانیسم‌های دیگر مرتبط دانست.

بیجی و همکاران (Baiji *et al.*, 2001) تنظیم اسمزی را در دامنه ۰/۲۷ تا ۰/۳۱ مگاپاسکال برای ارقام متحمل گندم دوروم گزارش کردند. در حالی که برای ارقام حساس این میزان برابر ۰/۱ مگاپاسکال گزارش شد. معین‌الدین و همکاران (Moinuddin *et al.*, 2005) میزان تنظیم اسمزی را در گندم نان بین ۰/۳۷ تا ۰/۵۹ گزارش کردند. به‌طور کلی، برای تمامی ارقام پتانسیل اسمزی تحت شرایط تنش افزایش یافت و زمانی که ارقام برای پتانسیل اسمزی در هر شرایط به طور جداگانه مقایسه شدند، تفاوت معنی‌داری میان ارقام مشاهده شد. ارزیابی‌های مزرعه‌ای نشان داد ارقام دز، گاسپارد و MV-17 دارای بیشترین درجه نقره‌ای بودن برگ (درجه ۳) بودند. ارقام گاسپارد و MV-17 دارای RWC بالایی هستند. انعکاس نور خورشید از سطح برگ به‌واسطه نقره‌ای بودن میزان تبخیر و تعرق را کاهش می‌دهد و گیاه راحت‌تر می‌تواند محتوای آب برگ خود را در حالت طبیعی حفظ نماید. در ارقام بزوستایا، کوهدشت، استار،

می‌باشد. نتایج نشان داد که در شرایط عادی وزن هزار دانه ارقام آذر ۲، Unknown11، اکبری، سیستان، رسول، کراس فلات هامون، هامون و هیرمند بالاتر از همه و وزن هزار دانه ارقام گاسپارد، MV-17، تیپیک و اینیا پایین‌تر از همه بود. در محلول‌پاشی با ماده خشک کننده دیدید پتاسیم ارقام Unknown11، آذر ۲ و کراس فلات هامون دارای وزن هزار دانه بالاتر و ارقام MV-17، سایشون و قدس دارای وزن هزار دانه پایین‌تری بودند (شکل ۶). از آن جایی که انتقال مجدد از تفاوت وزن هزار دانه در شرایط عادی و وزن هزار دانه بعد از محلول‌پاشی با مواد خشک کننده به دست می‌آید هر چقدر که این عدد کوچک‌تر باشد بهتر است و نشان دهنده‌ی این است که رقم مورد نظر دارای انتقال مجدد خوبی می‌باشد. بعد از محاسبه انتقال مجدد نتایج نشان داد که ارقام کاسکوژن، بیات، سبلان، بزوستایا و استار از نظر انتقال مجدد ضعیف هستند اما ارقام تیپیک، اینیا، Unknown11، آذر ۲ و Weebill1 دارای انتقال مجدد خوبی بودند (شکل ۷). ارقام Unknown11 و آذر ۲ دارای وزن هزار دانه بالایی بودند (به ترتیب ۳۶/۷ و ۳۶/۶ گرم) از طرفی میزان کاهش در وزن هزاردانه پس از محلول‌پاشی نیز در این ارقام پایین بود (۵/۵ و ۶/۶ گرم). نیکلاس و ترنر (Nicolas and Turner, 1993) اظهار داشتند که کاهش وزن دانه به علت تیمار با مواد خشک کننده (دیدید پتاسیم) تحت شرایط عادی (آبیاری) به‌طور معنی‌داری با کاهش وزن دانه به علت تنش خشکی همبستگی دارد و ارقام گندمی که تحت تیمار با دیدید پتاسیم در شرایط عادی، کاهش کمتری در وزن دانه داشتند در تنش خشکی نیز بهتر از سایر ارقام با ثبات وزن دانه را حفظ می‌کردند. پر شدن دانه در گندم در شرایط نیمه خشک ممکن است بیشتر وابسته به کربوهیدرات‌های محلول در آب بوده و نقش فتوسنتز جاری کمتر است (Ehdaei *et al.*, 2006). در این

عنوان مکانیسم فرار از تنش خشکی در نظر گرفت. اثر ژنوتیپ بر صفات روز تا گلدهی، طول دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه و انتقال مجدد معنی‌دار بود (جدول ۲). گلدهی زود هنگام و به دنبال آن رسیدگی زودتر را می‌توان به عنوان مکانیسم فرار از تنش خشکی در نظر گرفت. مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه به تنش خشکی است چرا که در این مرحله در صورت وجود تنش خشکی تشکیل دانه به خوبی انجام نمی‌شود (Blum, 2011).

در بین رقم‌های مطالعه شده در این آزمایش کراس فلات هامون (۱۴۴ روز)، گاسپارد (۱۴۴ روز)، طیبسی (۱۴۰ روز) و تیپیک (۱۴۰ روز) جزو رقم‌هایی بودند خیلی دیر گلدهی در آنها رخ می‌داد. در حالی که زاگرس (۱۲۵ روز)، Excalibur (۱۲۵ روز)، GR (۱۲۷ روز)، Weebill1 (۱۲۷ روز)، اینیا (۱۲۸ روز) و کوهدشت (۱۲۸ روز) خیلی زودتر گلدهی کردند.

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که تحت تنش خشکی ارقام زودرس‌تر از حالت عادی هستند اما این پاسخ به تنش خشکی در ارقام مختلف به مقدار مختلفی نمود پیدا می‌کند. تحت تنش خشکی گلدهی در ارقام البرز، زاگرس و اینیا زودرس‌تر از بقیه رقم‌ها مشاهده شدند و گلدهی در ارقام گاسپارد و کاسکوژن دیررس‌تر از بقیه رقم‌ها مشاهده شدند. ارقام زودرس بهتر از سایر ارقام با تنش مقابله می‌کنند (شکل ۵). البته باید در نظر داشت که زودرسی ممکن است با پتانسیل عملکرد، همبستگی منفی داشته باشد. به طوری که ارقام زودرس‌تر در شرایط عادی کمتر از ارقام دیررس عملکرد تولید می‌کنند (Blum, 2011). همچنین، نتایج نشان داد که در حالت عادی طول دوره پر شدن دانه در ارقام مغان ۲ (۴۰ روز) و دریا (۳۷ روز) بیشتر از سایر ارقام و طول دوره پر شدن دانه در ارقام کراس فلات هامون (۱۸ روز)، تیپیک (۲۲ روز) و S-83-3 (۲۳ روز) کمتر از سایر ارقام

می‌توان با محاسبه ضریب تغییرات ژنوتیپی تخمین زد. از این نظر بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی برای صفت انتقال مجدد به دست آمد (جدول ۴) که نشان می‌دهد از این ژنوتیپ‌ها می‌توان به عنوان یک منبع ژنتیکی برای اصلاح این صفت استفاده کرد.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از صفات فیزیولوژیکی می‌تواند یک راه سریع و کمکی برای ارزیابی تحمل به خشکی مواد زیاد در مدت زمان کم باشد. ارقام استار، بزوستایا، کاسکوژن، GR و کوهدشت بهتر از سایر ارقام از محتوای نسبی آب برگ بهره بردند. ارقام استار و کوهدشت درجه لوله‌ای شدن و نقره‌ای شدن برگ نیز بالا بود. در رقم بزوستایا نیز علاوه بر محتوای نسبی آب برگ، تنظیم اسمزی و درجه نقره‌ای شدن برگ نیز بالا بود و این رقم به خوبی توانسته از این سه صفت برای مقابله با تنش خشکی بهره گیرد. در مجموع می‌توان از ارقام کوهدشت، استار و بزوستایا برای منابع ژنتیکی حفظ آب در برگ در شرایط تنش خشکی برای اصلاح دیگر ارقام استفاده کرد. همچنین، با توجه به اهمیت انتقال مجدد، ارقام آذر ۲، Unknown11، اینیا و تیپیک می‌توانند برای افزایش تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرند. رقم شعله مناسب‌ترین رقم حساس برای مطالعه نقشه‌یابی ژن‌های کنترل کننده صفات تنظیم اسمزی و محتوای نسبی آب برگ است.

سپاس‌گزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از کمک‌های بیدریغ مهندس مجید دکامین، دکتر مظفر روستایی (موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه) و مهندس وهاب‌زاده (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج) برای در اختیار قرار دادن تعدادی از ارقام مورد نیاز این تحقیق تقدیر و تشکر نمایند.

آزمایش کمترین تفاوت وزن هزار دانه در حالت عادی و حالت محلول‌پاشی با دیدید پتاسیم به عنوان معیاری از انتقال مجدد برای تیپیک (۴/۷ گرم)، اینیا (۵/۵ گرم)، Unknown11 (۵/۵ گرم) و آذر ۲ (۶/۵ گرم) مشاهده شد. وزن هزار دانه این ارقام در شرایط عادی به ترتیب برابر ۲۹، ۲۹، ۴۲ و ۴۳ گرم بود. انتقال مجدد زمانی کارآمد است که وزن هزار دانه در حالت عادی نیز بالا باشد که این ویژگی در رقم‌های Unknown11 و آذر ۲ مشاهده شد. تحقیقات نشان داده است که در شرایط تنش گرما و خشکی، گیاه برای پر کردن دانه وابستگی بیشتری به کربوهیدرات‌های غیرساختاری ذخیره شده در ساقه دارد. بنابراین، در این شرایط برای جبران فتوسنتز جاری گیاهانی موفق هستند که انتقال مجدد خوبی داشته باشند (Tahir and Nakata, 2005). قندهای غیرساختاری ذخیره شده در ساقه بیشتر در بخش پدانکل و میانگه پایانی قرار دارند. البته اندازه‌گیری این قندها در ساقه معیاری از مقاومت به خشکی نخواهد بود. زیرا دیده شده است گاهی ذخیره بسیار خوبی از قندها در ساقه وجود دارد اما در زمان تنش خشکی این ذخایر به دانه منتقل نمی‌شود. بنابراین، اندازه‌گیری انتقال مجدد در این زمینه مفیدتر است زیرا میزان تاثیر این ذخایر را در عملکرد مشخص می‌کند (Blum, 2011). بنابراین، با توجه به تنوع قابل توجهی که در این صفت دیده شد می‌توان از ژنوتیپ‌های برتر در این زمینه مانند تیپیک و اینیا برای اصلاح این صفت استفاده کرد. از این نتایج مشخص می‌شود که در بین این ژنوتیپ‌ها، یک ژنوتیپ که تمام ویژگی‌های مناسب برای مقابله با خشکی را داشته باشد وجود ندارد. بنابراین، بهتر است برای هر صفت از این ژنوتیپ‌ها به عنوان یک منبع ژنتیکی برای اهداف اصلاحی استفاده کرد. میزان واقعی تنوع ژنتیکی در بین ارقام برای هر صفت را

جدول ۱- تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده در زمان برای صفت RWC در ۵۲ رقم گندم نان تحت تنش خشکی.

Table 1- Variance analysis of split plot in time for RWC in 52 bread wheat varieties under drought stress

منابع تغییر	S.O.V	درجه آزادی df.	محتوای نسبی آب برگ RWC
بلوک	Block	2	0.06**
ژنوتیپ	Genotype	51	0.02**
خطای a	Error a	99	0.01
زمان	Time	2	0.15**
ژنوتیپ × زمان	Time × Genotype	102	0.005 ^{ns}
خطای b	Error b	179	0.006
ضریب تغییرات (%)	C.V (%)		12

ns. non significant, * and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در ۵۲ رقم گندم نان

Table 2- Variance analysis of studied traits in 52 bread wheat varieties

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	روز تا گلدهی Days to flowering	طول دوره پر شدن دانه grain filling period	وزن هزار دانه Thousand grain weight	وزن هزار دانه پس از محلول پاشی با پتاسیم Thousand grain weight after Spray KI	انتقال مجدد (تفاوت وزن هزار دانه در حالت عادی و پس از محلول پاشی) Stem reserves remobilization (Difference in thousand grain weight between normal and spray condition)
بلوک Block	2	2.75 ^{ns}	598.87**	5.18 ^{ns}	40.97 ^{ns}	4.34 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	51	54.54**	34.43**	30.85**	50.18**	33.32*
خطا Error	102	5.65	15.14	8.82	14.41	18.04
ضریب تغییرات (%) C.V (%)		1.8	3.07	8.42	17.41	32.33

ns. non significant, * and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب دو صفت پتانسیل اسمزی و روز تا رسیدگی اندازه گیری شده در ۵۲ ژنوتیپ در شرایط نرمال و تنش خشکی

Table 3- Mean squares of combined analysis of variance for osmotic potential and days to maturity in 52 wheat genotypes under normal and stress condition

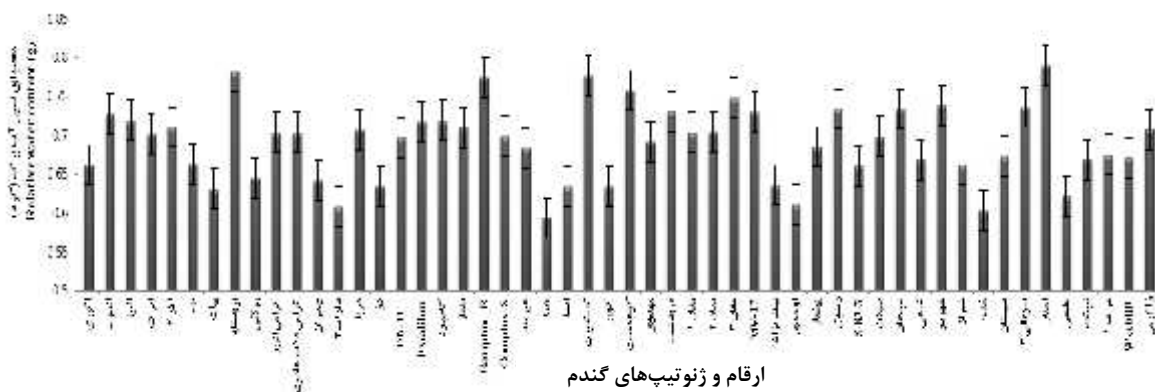
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	پتانسیل اسمزی Osmotic potential	روز تا رسیدگی Days to maturity
شرایط Condition	1	3.713 ^{ns}	2488.640 ^{ns}
تکرار در شرایط Rep (condition)	4	0.856	432.531
ژنوتیپ Genotype	51	0.51*	42.158**
ژنوتیپ × شرایط condition × Genotype	51	0.027 ^{ns}	6.666 ^{ns}
خطا Error	200	0.032	8.334
C.V. (%)	ضریب تغییرات (%)	10.78	1.78

ns. non significant, * and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۴- میانگین، دامنه تغییرات (R)، ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV) و ضریب تغییرات رقمی (GCV) برای صفات مورد بررسی تحت شرایط عادی و تنش خشکی

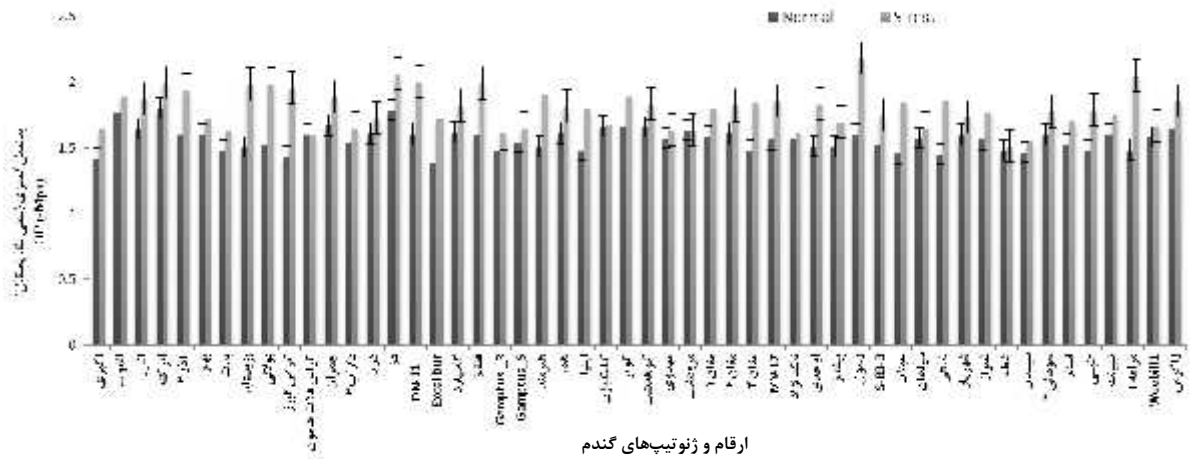
Table 4- Mean, range (R), phenotypic coefficient of variation (PCV) and genotypic coefficient of variation (GCV) for traits tested under well water and water stress conditions

صفات Traits	میانگین Mean	دامنه تغییرات Range	ضریب تغییرات ژنوتیپی Genotypic Coefficient of Variation	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic Coefficient of Variation
محتوای نسبی آب برگ-تنش RWC-Stress	0.69	0.19	0.05	0.12
پتانسیل اسمزی - عادی Osmotic Potential-Normal	1.57	0.42	0.02	0.09
پتانسیل اسمزی - تنش Osmotic Potential-Stress	1.79	0.66	0.03	0.12
روز تا گلدهی-تنش Days to flowering-Stress	133.72	19	0.03	0.03
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک-تنش Days to Maturity-Stress	158.91	12.33	0.02	0.02
وزن هزار دانه- عادی Thousand grain weight-Normal	35.40	17.05	0.08	0.11
وزن هزار دانه پس از محلول پاشی با یدید پتاسیم Thousand grain weight after Spray with KI	21.79	18.87	0.16	0.23
انتقال مجدد (تفاوت وزن هزار دانه در حالت عادی و پس از محلول پاشی) Stem reserves remobilization (Difference in thousand grain weight between normal and spray condition)	13.139	18.60	0.17	0.37



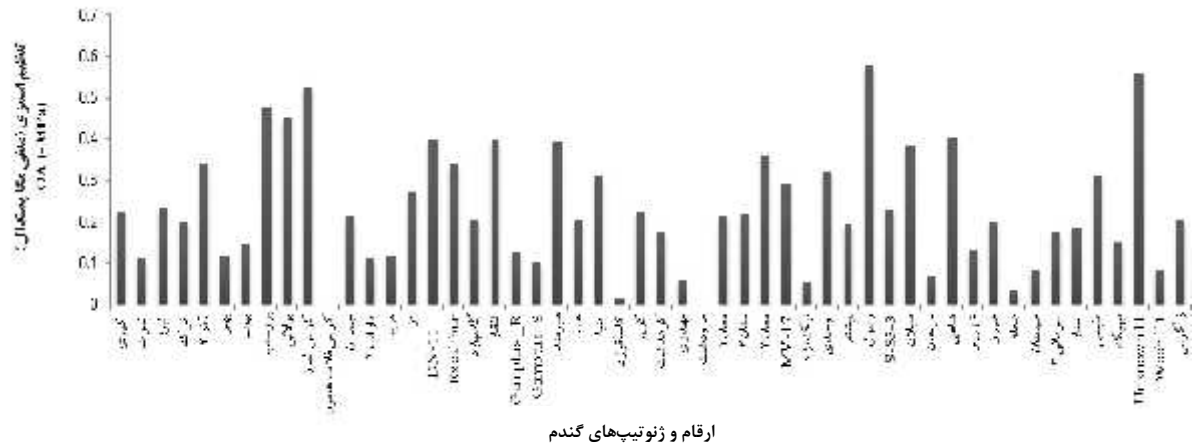
شکل ۱- میانگین درصد محتوای نسبی آب برگ (RWC) در ۵۲ رقم گندم نان تحت تنش خشکی (LSD 5%= 0.104)

Figure 1- Average percent of leaf relative water content (RWC) under drought stress in 52 varieties of bread wheat (LSD 5%= 0.0104)



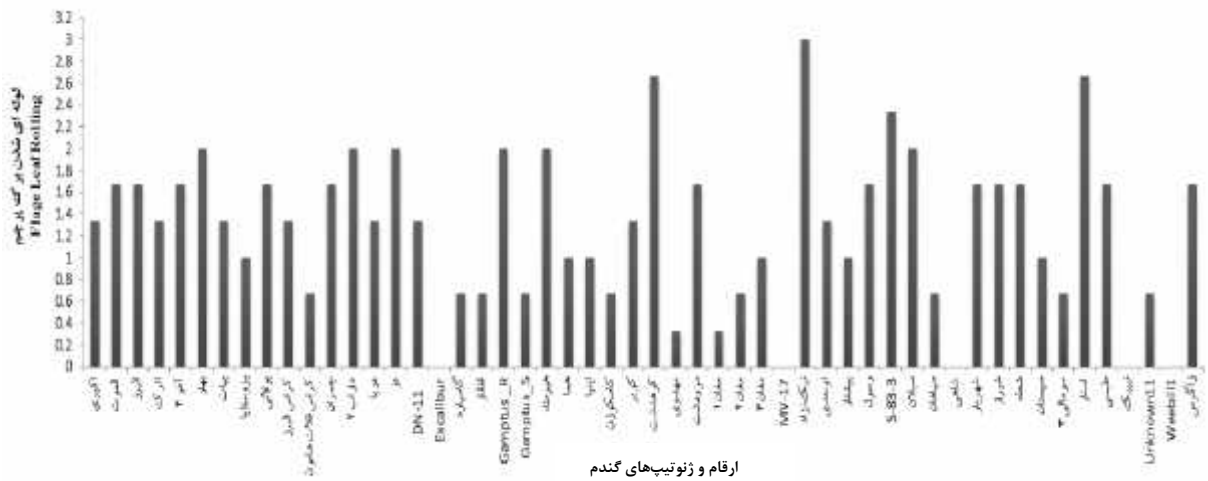
شکل ۲- میانگین پتانسیل اسمزی در ۵۲ رقم گندم نان تحت شرایط عادی و تنش خشکی (LSD %5=۰.۲۷)

Figure 2- Mean values of osmotic potentials measured under stress and normal conditions in 52 bread wheat varieties (LSD 5%= 0.27)



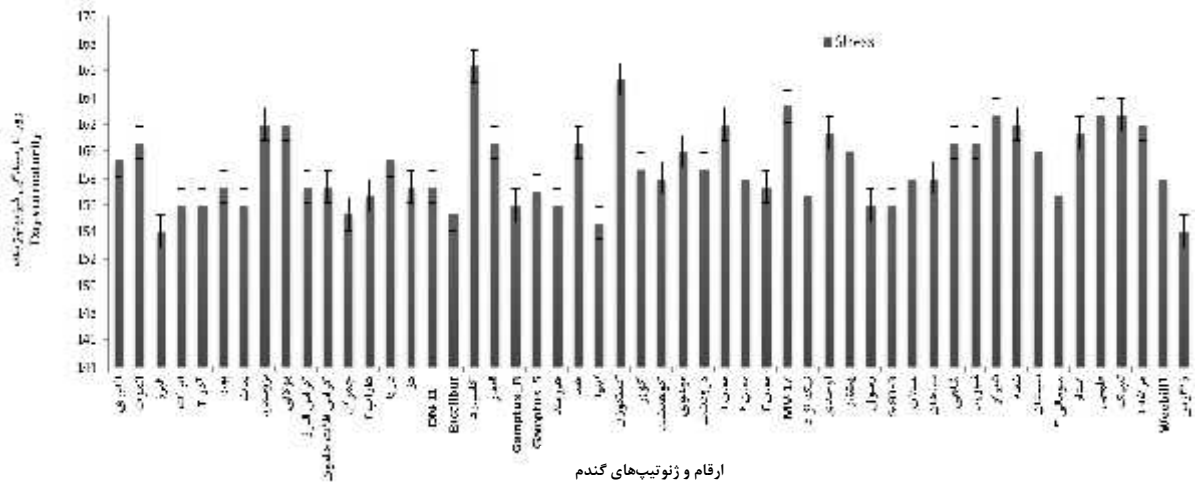
شکل ۳- میانگین تنظیم اسمزی در ۵۲ رقم گندم نان

Figure 3- Osmotic Adjustment (OA) values for 52 bread wheat varieties



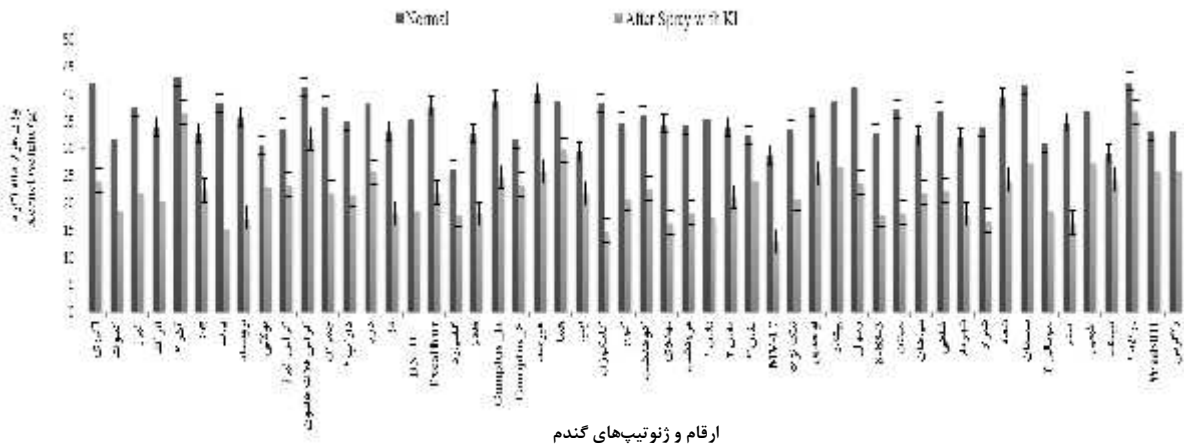
شکل ۴- میانگین لوله‌ای شدن برگ در ۵۲ رقم گندم نان تحت تنش خشکی

Figure 4- Average of leaf rolling under drought stress in 52 varieties of bread wheat



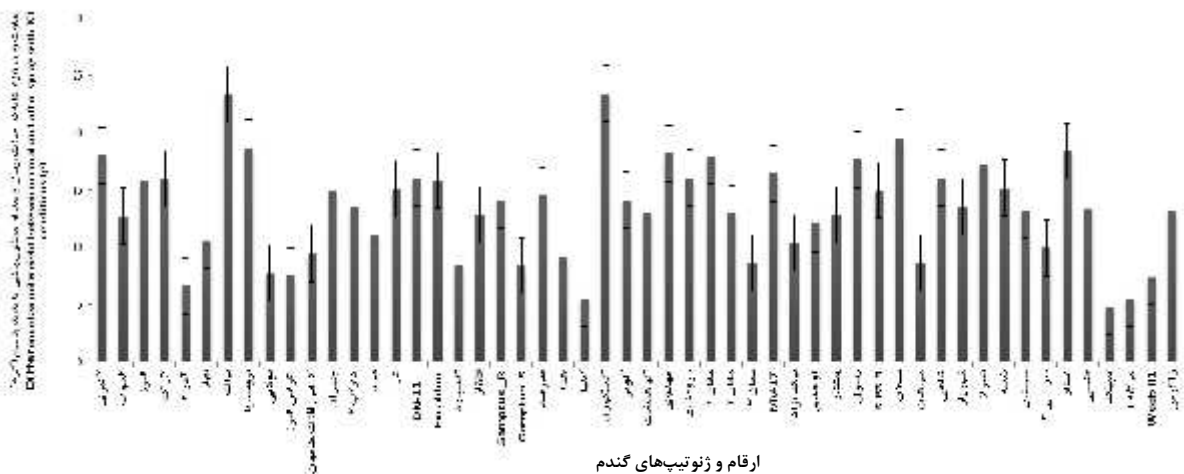
شکل ۵- میانگین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در ۵۲ رقم گندم نان تحت شرایط تنش خشکی (LSD %5=۴/۳)

Figure 5- Average of days to maturity under drought stress conditions in 52 varieties of bread wheat (LSD 5%= 4.3)



شکل ۶- وزن هزار دانه در ۵۲ رقم گندم نان در دو شرایط عادی و شرایط عادی بعد از محلول پاشی با یدید پتاسیم (LSD %5= ۹/۴)

Figure 6- Thousand grain weights measured in 52 varieties in plants grown under normal condition and plants grown under normal condition sprayed by KI as desiccant (LSD 5%= 9.4)



شکل ۷- تفاوت وزن هزار دانه در ۵۲ رقم در حالت عادی و بعد از محلول پاشی با یدید پتاسیم (LSD %5=۱۲/۴)

Figure 7- Difference in thousand grain weight for plants grown under normal condition and plants grown under normal condition sprayed by KI as desiccant (LSD 5%= 12.4)

References

منابع مورد استفاده

- Babu, R.C., M.S. Pathan, A. Blum, and H.T. Nguyen .1999. Comparison of measurement methods of osmotic adjustment in rice cultivars. *Crop Science*. 39:150-158
- Babu, R.C., J. Zhang, A. Blum, T.H.D. Ho, R. Wu, and H.T. Nguyen. 2004. HVA1, a LEA gene from barley confers dehydration tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) via cell membrane protection. *Plant Science*. 166: 855–862.
- Bajji, M., S. Lutts, and J.M. Kinet .2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*. 160: 669-681.
- Barrs, H.D., and P.E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*. 15: 413-428.
- Bayoumi, T.Y., M.H. Eid, and E.M. Metwali. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat varieties *African Journal of Biotechnology*. 7: 2341-2352.
- Beltrano, J., and M.G. Ronco. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroides*: effect on growth and cell membrane stability. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 20: 29-30.
- Blum, A. 2011. Plant breeding for water-limited environments. Springer Verlag.
- Blum, A., J. Zhang, and H.T. Nguyen. 1999. Consistent differences among wheat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant production. *Field Crops Research*. 64: 287-291.
- Bogale, S., K. Tesfaye, and T. Geleto .2011. Morphological and physiological attributes associated to drought tolerance of Ethiopian durum wheat varieties under water deficit condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 1(2): 22-36.
- Ehdaie, B., G.A. Alloush, M.A. Madore, and J.G. Waines .2006. Varieties variation for stem reserves and mobilization in wheat. *Crop Science*. 46(5): 2093-2103.
- Hameed, A., N. Bibi, J. Akhter, and N. Iqbal. 2011. Differential changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in flag leaves of wheat varieties under different levels of water deficit conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 49: 178-185.
- Harlan, J.R. 1998. The living fields: our Agricultural Heritage Cambridge Univ Pr.
- Hodayoun, H. 2011. Remobilization of stem reserves in wheat varieties under normal and drought stress conditions. *Advances in Environmental Biology*. 5: 1721-1724.
- Mohammadi, M., R.A. Karimizadeh, and M.R. Naghavi. 2009. Selection of bread wheat varieties against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. *Journal of Agriculture & Social Science*. 5: 119-122.

- Moinuddin, R., A. Fischer, K.D. Sayre, and M.P. Reynolds .2005. Osmotic adjustment in wheat in relation to grain yield under water deficit environments. *Agronomy Journal*. 97: 1062-1071
- Nicolas, M.E., and N.C. Turner. 1993. Use of chemical desiccants and senescing agents to select wheat lines maintaining stable grain size during post-anthesis drought. *Field Crop Research*. 31: 155-171.
- Nouri, A., A. Etminan, J.A.T.D. Silva, and R. Mohammadi. 2011. Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat varieties (*Triticum turjidum* var. durum Desf.). *Australian Journal of Crop Science*. 5: 8-16.
- Patrizia, R., S. Pataleo, C. Gerardi, G. Mita, and C. Perrotta. 2006. Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. *Plant, Cell and Environment*. 29:2143-2152.
- Rebetzke, G.J., R.A. Richards, A.G. Condon, and G.D. Farquhar. 2006. Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 150: 97-106.
- Steponkus, P.L., K.W. Shahan, and J.M. Cutler. 1982. Osmotic adjustment in rice. In Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI, Los Baños, Philippines. p. 181-194.
- Subbarao, G.V., Y.S. Chauhan, and C. Johansen. 2000. Patterns of osmotic adjustment in pigeonpea its importance as a mechanism of drought resistance. *European Journal of Agronomy*. 12: 239-249.
- Tahir, I.S.A., and N. Nakata. 2005. Remobilization of nitrogen and carbohydrate from stems of bread wheat in response to heat stress during grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 191: 106-115.
- Yue, B., W. Xue, L. Xiong, X. Yu, L. Luo, K. Cui, D. Jinet, Y. Xing, and Q. Zhang. 2006. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance. *Genetics Society of America*. 172: 1213-1228.
- Zhang, J., H.T. Nguyen, and A. Blum. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *Journal of Experimental Botany*. 50: 291-302.

Screening of Bread Wheat Genotypes for Stem Reserves Remobilization, Relative Water Content and Osmotic Adjustment under Drought Stress

Soleimani, Z.¹, H. Ramshini^{2*}, S.M.M. Mortazaviyan², and B. Foghi³

Received: February 2014, Accepted: 28 February 2015

Abstract

Drought one of the most important global threats against bread wheat production. In order to identify physiological traits associated with drought tolerance, 52 bread wheat varieties were cultured under two normal and drought stress condition in a randomized complete block design with three replications. RWC (in three independent times), leaf rolling, leaf silvering, days to flowering, days to maturity and stem reserve remobilization were investigated. Also in a pot experiment osmotic adjustment of the varieties were measured at seedling stage. Varieties Star and Bezostaya had the highest RWC (0.79 and 0.78, respectively). Osmotic adjustment in Rasol and Unknown11 were highest (0.58 and 0.56, respectively). Varieties Tipik, Unknown11 and Azar2 showed the least decrease in thousand grain weight after spraying with KI (4.8, 5.5 and 5.5, respectively). Also varieties Dez, Gaspard and MV-17 have the highest degree of leaf silvering and varieties Niknejad, Star and Kohdasht under drought stress were able than the other varieties bring their leaves to form a rolling and cope with water deficit. Under drought stress, Varieties Alborz, Zagros and Inia were observed premature than the other varieties and Gaspard and Kaslojen varieties were observed late mature than the other varieties. Altogether varieties Kohdasht, Star and Bezostaya can be used as genetic resources for leaf water retention under drought stress condition for improving other varieties. Also as Azar2 and Unknown11 had highest amount of thousand grain weight under normal condition and simultaneously showed high ability in stem reserves remobilization they can be selected as parents in crosses for improving these traits.

Key words: Bread wheat varieties, Drought tolerance, Iodide potassium stress, Physiological traits.

1- Former MSc. Student of Agronomy, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

2- Assistant Prof., Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

3- Staff member, Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

* *Corresponding Author:* ramshini_h@ut.ac.ir