

بررسی تأثیر تنش شوری بر صفات آگروفیزیولوژیک گندم نان و دوروم در مرحله گیاهچه‌ای

پوران‌دخت گلکار^{۱*}، لیلا کشاورز^۲ و مهری صفاری^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲۳)

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثرات تنش شوری بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام گندم نان و دوروم در مرحله گیاهچه‌ای انجام شد. تحمل به شوری ده رقم مختلف گندم در دو سطح شوری (شاهد و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط هیدروپونیک مورد ارزیابی قرار گرفت. ۱۴ صفت مختلف زراعی و فیزیولوژیکی (از جمله محتوای نسبی آب و غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم) اندازه‌گیری شد. شوری باعث اختلاف معنی‌دار بر روی همه صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن خشک ریشه و نسبت سدیم به کلسیم شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری برای طول ریشه‌چه، طول برگ، وزن خشک گیاهچه، وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، محتوای یونی سدیم، پتاسیم، کلسیم، سدیم به پتاسیم و سدیم به کلسیم نشان دادند. با افزایش سطح شوری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کاهش معنی‌داری در صفات اندازه‌گیری شده نشان دادند. اثر متقابل شوری × رقم برای محتوای نسبی آب، غلظت سدیم، کلسیم و سدیم به کلسیم معنی‌دار بود. تیمار شوری منجر به افزایش مقدار سدیم و کاهش یون‌های پتاسیم و کلسیم در برگ شد. بیشترین مقدار وزن خشک ساقه (۰/۳۵ گرم)، وزن خشک ریشه (۰/۲۴ گرم) و نسبت سدیم به کلسیم (۱/۷۱) متعلق به رقم الموت بود. بیشترین مقدار طول گیاهچه (۱۲ سانتی‌متر) در رقم وریناک (گندم نان) مشاهده شد. رقم طوس (گندم نان) دارای بیشترین مقدار طول ریشه‌چه (۱۴/۶۳ سانتی‌متر)، وزن خشک گیاهچه (۰/۵۷ گرم)، محتوای نسبی آب (۸۲/۲۰)، پتاسیم برگ (۳/۳۸ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) و پایداری غشاء (۰/۵۹) و کمترین مقدار نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۱۷) بود و در این مطالعه به عنوان ژنوتیپ برتر متحمل به شوری شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد، تنش شوری، گندم، یونی

۱. استادیار پژوهشکده زیست‌فناوری و مهندسی زیستی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: golkar@cc.iut.ac.ir

مقدمه

و ۳۰)، گیاهان علوفه‌ای (۶) برنج (۱۰) و دانه‌های روغنی از جمله تیره براسیکا (۱۵) و آفتابگردان (۱۹) گزارش شده است. واکنش گیاهان به شوری شامل ممانعت از انتقال یون‌های جذب شده توسط ریشه‌ها به اندام‌های هوایی، دفع یون‌های جذب شده و یا متجمع نمودن آنها در اندام‌های داخل سلولی نظیر واکوئل‌ها و تنظیم اسمزی می‌باشد (۲۲). سلول‌های مختلف و اندام‌های سلولی درون آنها مخصوصاً سیتوپلاسم و واکوئل روش‌های مختلفی را برای کنترل اثرات نمک به کار می‌گیرند (۲۸). لذا تجمع انتخابی سدیم و کلر در واکوئل‌ها و استخراج نمک به غده‌های ترشحی و کرک‌ها صورت می‌گیرد (۲۸). اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت بین آنها می‌تواند به عنوان شاخصی از تحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد (۳۱). در شرایط تنش شوری، غلظت یون سدیم افزایش می‌یابد ولی سرعت تجمع آن در ارقام متفاوت می‌باشد (۲۹). در مقایسه‌ای که به منظور بررسی میزان تجمع یون سدیم در برگ تحت تنش شوری صورت گرفت (۲۹)، تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف تربیت‌کوم مشاهده شد. اشرف و مک‌نیللی (۵) محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم برگ‌های گونه‌های مختلف براسیکا (شلغم، کلزا و خردل) را به عنوان معیاری از میزان تحمل آنها به تنش شوری در نظر گرفتند. با توجه به وسعت بالای خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تعیین درجه مقاومت به شوری برای بیشتر گیاهان دارای اهمیت می‌باشد (۲ و ۲۴). شوری خاک مخصوصاً در سطح فوقانی خاک منجر به ایجاد تنش شوری برای کشت پاییزه در گندم می‌شود (۲). در چنین شرایطی بذور گندم پاییزه در معرض غلظت زیادی از املاح قرار می‌گیرند که سبز شدن و استقرار بونه‌ها را به خطر می‌اندازد، بنابراین ارقامی که توانایی تولید ریشه طویل‌تر و گسترش سیستم ریشه‌ای را داشته باشند، در مقایسه با ارقام فاقد این قابلیت موفق‌تر هستند. سرعت رشد گیاهچه‌ها مخصوصاً سرعت رشد زیاد ریشه‌ها می‌تواند باعث خروج سریع‌تر آنها از ناحیه شورتر و کاهش میزان صدمه ناشی از

شوری در بسیاری از مناطق دنیا از عوامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی به‌شمار می‌آید (۵). در صورتی که مقدار نمک محلول در آب خاک منجر به اختلال در جذب آب توسط گیاه شود، خاک شور محسوب می‌شود (۶). کمتر از ۳ درصد منابع آبی موجود روی کره زمین شیرین و برای استفاده در تولید محصولات کشاورزی مناسب هستند (۱). از طرف دیگر سهم قابل ملاحظه‌ای از مقدار آب قابل دسترس در مناطق خشک و نیمه‌خشک شور و اراضی که با این آب‌ها آبیاری می‌شوند در اثر انتقال تدریجی نمک توسط این آب‌ها در شرف شور شدن بوده یا قبلاً شور شده‌اند (۲۲). سالانه بخش وسیعی از زمین‌های کشاورزی در جهان به‌خاطر سطوح بالای یون سدیم و کلر از تولید خارج می‌شود که معمولاً این خاک‌ها را خاک‌های شور می‌نامند (۲۴). در گیاهان جذب عناصر غذایی در محیط شور تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۸). از مهم‌ترین آثار شوری می‌توان به کاهش آب قابل استفاده گیاه (۲۸)، ایجاد مسمومیت توسط یون‌های سمی (۱)، افزایش نسبت‌های یونی Mg^{2+}/Ca^{2+} ، Na^{+}/K^{+} ، Na^{+}/Ca^{2+} در گیاه، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، کاهش رشد و بنیه گیاه (۳۲) و کیفیت محصول اشاره نمود (۲۶). به‌طوری‌که شوری خاک از طریق تنش اسمزی، صدمات ناشی از اثرات سمی یون سدیم، کلر و سولفات و برهم زدن تعادل غذایی بر رشد و توسعه گیاهان اثر می‌گذارد (۴ و ۲۸). تنش شوری موجب کاهش میزان پروتئین و لیپید و افزایش فعالیت پرولین (۱۰)، کاهش قدرت رویشی گیاهان (۱۵)، استقرار ضعیف و کاهش رشد گیاهچه (۱۵)، کاهش رشد ریشه (۳۰)، بروز اثرات سمیت در سطح سلولی (۲۰)، برهم خوردن تعادل یونی بین یون‌های سدیم و پتاسیم (۳۱)، افزایش تراوش یونی (۱) و کاهش پایداری غشاء (۱) می‌شود. کاهش رشدی گیاهان تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش ذخایر انرژی گیاه باشد که این امر از طریق کاهش اختلال در فعالیت‌های زیستی و متابولیستی در گیاهان مختلف از جمله غلات مهم نظیر گندم نان (۳۲)، گندم دوروم (۱۱)، جو (۴)، ۱۵

دسی‌زیمنس بر متر از نمک کلرور سدیم تهیه و بذور گندم بعد از جوانه‌زنی در آب مقطر در این محلول‌ها کشت داده شدند. بذوری جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آنها حداقل ۳ میلی‌متر بود. شمارش تا هنگامی که افزایشی در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد، صورت گرفت. با مشاهده کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذور در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، این سطح برای اعمال تنش شوری در نظر گرفته شد. در شروع آزمایش، بذور با قارچ‌کش ویتاواکس ضدعفونی شدند. بذور رقم‌ها در ده ردیف (هر رقم در یک ردیف با طول ۱۵۰ سانتی‌متری) در هر سینی گالوانیزه به ابعاد ۴۰ × ۵۰ × ۱۵۰ (سانتی‌متری) با فاصله کاشت ۲/۵ سانتی‌متر بین بوته‌ای و ۴ سانتی‌متر بین ردیفی (به‌عنوان یک تکرار) و با هدایت الکتریکی ۲ دسی‌زیمنس بر متر کشت شد و سپس با استفاده از محلول غذایی هوگلند آبیاری شدند. محلول غذایی هیدروپونیک به مدت ۴ روز از زمان کاشت اضافه شد و بعد از آن، اعمال تنش شوری هر دو روز یک‌بار انجام گرفت. به‌منظور جلوگیری از بروز شوک و از بین رفتن گیاهچه‌ها در تیمار شوری ابتدا آب مقطر و سپس به تدریج نمک کلرور سدیم اضافه گردید تا به هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر رسید. مقدار نمک لازم برای تهیه محلول با هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر مطابق با رابطه $(Y = X \times 800)$ به دست آمد (۹) که در آن Y مقدار نمک لازم برای یک لیتر آب مقطر و x هدایت الکتریکی مورد نظر می‌باشند. مقدار هدایت الکتریکی محلول‌ها روزانه کنترل و با اضافه کردن آب مقطر در حد تعیین شده ثابت نگه داشته شد. طول برگ در فواصل زمانی ۸، ۱۲ و ۱۶ روز از شروع آزمایش اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی تغییرات رشدی طول گیاهچه (علامت‌دار شده) مربوط به نمونه‌های هر ژنوتیپ در هر تکرار، طول آخرین برگ کامل ظهور یافته در روز هشتم برای هر نمونه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد و پس از علامت‌دار کردن یک برگ، طول گیاهچه در روزهای دوازدهم و شانزدهم نیز اندازه‌گیری شد. شانزده روز بعد از شروع آزمایش اندازه‌گیری وزن ترساقچه و

تنش گردد (۲). پاسخ تحمل به شوری در مراحل مختلف رشدی گندم نان از جمله مرحله جوانه‌زنی (۱۶) و مرحله زایشی (۳ و ۳۲) در گندم نان بررسی شده است. گندم دوروم تحمل متوسطی نسبت به شوری دارد و سطوح شوری بیشتر از ۵/۷ دسی‌زیمنس بر متر از نمک کلرید سدیم باعث کاهش معنی‌دار عملکرد شده است (۲۷). فرانکوئیس و همکاران (۱۱) با مقایسه ارقام گندم نان و دوروم بیان کردند که شوری باعث کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی در هر دو نوع گندم شده است و عملکرد دانه تا سطح شوری ۸/۶ و ۵/۹ به ترتیب در گندم نان و گندم دوروم کاهش نشان نداد که حاکی از تحمل بیشتر گندم نان نسبت به دوروم برای تحمل به تنش شوری بود. مطابق با گزارش فرانکوئیس و همکاران (۱۱) تنش شوری منجر به بهبود کیفیت گندم دوروم شد. تفاوت در مقادیر رشد، واکنش‌های فیزیولوژیک به تنش شوری و روابط یونی در بین ارقام گندم در شرایط شور می‌تواند نشان‌دهنده اختلافات ژنتیکی ارقام گندم از لحاظ تحمل تنش شوری باشد (۲۱). هم‌چنین گندم در مراحل مختلف رشدی نیز میزان متفاوتی از تحمل را نسبت به تنش شوری نشان می‌دهد. هدف از این مطالعه مقایسه برخی از ارقام گندم نان و دوروم از لحاظ صفات گیاهچه‌ای و غلظت یونی به‌منظور شناسایی ارقام متحمل به تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای در بین ژنوتیپ‌های دو جنس مختلف گندم بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱ انجام شد. سطوح شوری (با هدایت الکتریکی ۰ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان کرت‌های اصلی و ۱۰ رقم مختلف گندم، شامل گندم نان (وریناک، اترک، الموت، آذر، طوس، شیراز، گاسکوژن، کویر) و گندم دوروم (یاوارس و کرخه) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. ابتدا در یک آزمایش مقدماتی محلول‌هایی با هدایت الکتریکی ۴، ۶، ۸ و ۱۰

وزن مرطوب (WR) آنها یادداشت شد. نمونه‌ها سپس به لوله آزمایش حاوی آب مقطر منتقل و درب لوله کاملاً بسته شد. بعد از ۳ ساعت در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سطح خارجی نمونه‌ها توسط کاغذ خشک و وزن آنها به‌عنوان وزن اشباع (SW) ثبت شد. نمونه‌ها سپس در پاکت کاغذی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت خشک و مجدداً توزین شدند. وزن به‌دست آمده تحت عنوان وزن خشک (WD) ثبت گردید. با استفاده از فرمول بالا مقدار RWC برای هر تیمار محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده بیانگر تأثیر معنی‌دار شوری بر روی همه صفات به‌جز وزن خشک ریشه و نسبت سدیم به کلر بود (جدول ۱). بین ارقام مورد مطالعه از نظر همه صفات اندازه‌گیری شده به‌جز وزن خشک ریشه، تراوش یونی غشاء و پایداری غشاء اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). اثر متقابل رقم و شوری برای صفات محتوای نسبی آب، سدیم، کلسیم و نسبت سدیم به کلر معنی‌دار شد (جدول ۱). معنی‌دار شدن اثر متقابل حاکی از روند متفاوت تغییرات در رقم‌های مختلف گندم (نان و دوروم) نسبت به سطوح شوری بود.

مقایسه میانگین صفات زراعی

به‌منظور بررسی نحوه تغییرات رشدی گیاهچه‌ها، طول گیاهچه در طی فواصل زمانی، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز پس از کاشت اندازه‌گیری شد که داده‌های ارائه شده مربوط به مقدار صفات در پایان روز شانزدهم می‌باشد. میزان تغییرات در رشد گیاهچه در فواصل زمانی اندازه‌گیری شده در شکل ۱ آورده شده است. مقایسه میانگین طول گیاهچه در فواصل زمانی اندازه‌گیری نشان می‌دهد که تنش شوری ۴ روز بعد از اعمال تنش اثری بر رشد گیاهچه نداشت اما با گذشت زمان این تأثیر معنی‌دار شد (شکل ۱). در پایان روز شانزدهم بالاترین (۱۲/۰۴) و کمترین

ریشه‌چه در تک‌بوته‌ها صورت گرفت. سپس نمونه‌ها در آون با درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و سپس وزن خشک آنها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. در این مطالعه صفات مختلف زراعی (طول ریشه‌چه، طول برگ، وزن خشک گیاهچه، وزن خشک برگ، نسبت ریشه به اندام هوایی، وزن خشک ریشه) و فیزیولوژیکی (تراوش یونی غشاء، پایداری غشاء، محتوای نسبی آب، سدیم، پتاسیم، کلسیم، سدیم به پتاسیم، سدیم به کلر) اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات در هر رقم و در هر تکرار پانزده بوته به‌طور تصادفی انتخاب گردید و از میانگین داده‌های تک‌بوته‌ها به‌منظور تجزیه آماری استفاده گردید. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

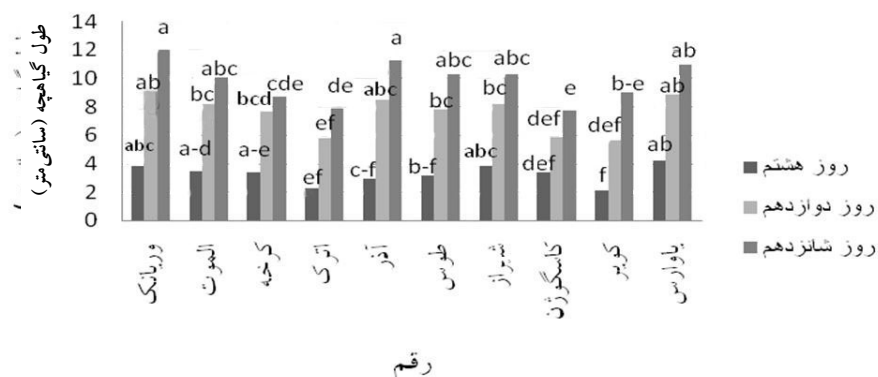
به‌منظور اندازه‌گیری میزان نشت الکتریکی، هر نمونه برگی به قطعات ریز خرد شد و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر شده به آن اضافه گردید. لوله‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور شیکر قرار داده شدند و ۲۴ ساعت بعد هدایت الکتریکی عصاره حاصل در هر لوله توسط EC متر اندازه‌گیری و به‌عنوان EC₁ ثبت شد. سپس لوله‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از سرد شدن دوباره هدایت الکتریکی هر لوله محاسبه و به‌عنوان EC₂ ثبت گردید. مقدار تراوش یونی غشاء با استفاده از فرمول ۱ محاسبه شد:

$$(1) \quad \text{میزان نشت یونی} = EC_1/EC_2$$

اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (۱۲) صورت گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری کلسیم از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید (۹). به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی رطوبت (RWC)، از رابطه ۲ استفاده گردید (۱):

$$(2) \quad RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times 100$$

ابتدا، ۵ قطعه از برگ در هر تیمار جدا و بلافاصله توزین و



شکل ۱. مقایسه طول گیاهچه ارقام مختلف گندم در فواصل زمانی هشتم، دوازدهم و شانزدهم بعد از اعمال تنش شوری. میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

موضوع به تشابه بین گونه‌ها در عکس‌العمل اسمزی به شوری نسبت داده شده است (۲۲). در این مطالعه رقم وریناک (از گندم نان) بیشترین مقدار طول گیاهچه را داشت که به نوعی گویای تحمل بهتر رقمی از گندم نان نسبت به ارقام ارزیابی شده گندم دوروم از لحاظ تحمل به تنش شوری بود. مقایسه میانگین ارقام مختلف از نظر صفات گیاهچه‌ای در جدول ۲ آورده شده است. بالاترین وزن خشک گیاهچه (۰/۰۵۷) (گرم) در رقم طوس و کمترین آن (۰/۰۳۹) (گرم) در الموت مشاهده شد (جدول ۲). از آنجایی که شوری باعث کاهش سطح برگ می‌شود، چنین استنباط می‌گردد که میزان دریافت نور در نتیجه فتوسنتز خالص و تجمع ماده خشک کاهش یافته و وزن خشک قسمت هوایی کاهش می‌یابد (۱۴). فرانکوئیس و همکاران (۱۱) کاهش وزن خشک در ریشه و بخش هوایی گندم دوروم را با افزایش غلظت نمک در محیط رشد گزارش کردند که با این مطالعه هم‌خوانی دارد. در مطالعه انجوم و همکاران (۴) اعمال تنش اسمزی منجر به کاهش وزن خشک ریشه و ساقه در ژنوتیپ‌های مختلف جو شد. مطابق با گزارش عبدالحلیم و همکاران (۳) با افزایش میزان شوری خاک از ۱/۷ (دسی‌زیمنس بر متر به ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) رشد ریشه در گندم نان نسبت به سایر صفات اندازه‌گیری

(۷/۷۶) (سانتی‌متر) مقدار طول گیاهچه به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های وریناک و شیراز بود (شکل ۱). تنش شوری موجب کاهش ۲۱ درصدی ارتفاع گیاهچه نسبت به شاهد شد (شکل ۱). رشد و طول شدن ساقه‌چه در مقایسه با ریشه‌ها به میزان بیشتری کاهش می‌یابد و می‌تواند به‌عنوان شاخص دقیقی برای سنجش تأثیر تنش اسمزی برای گیاه مورد استفاده قرار گیرد (۱۴). محدود شدن رشد برگ‌ها و بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش سرعت جذب CO_2 در شرایط تنش شوری می‌شود و میزان فتوسنتز گیاه در واحد سطح کاهش می‌یابد (۷). کاهش رشد رویشی یک اثر قطعی از تنش شوری بر روی گیاهانی نظیر گندم است (۳). بدون تردید، این اثر شامل کاهش سطح برگ است و به‌عنوان علت اصلی کاهش فتوسنتز به‌شمار می‌رود. سطوح بالای شوری می‌تواند به‌طور معنی‌داری جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را به‌سمت اثرات افزایش پتانسیل اسمزی و سمیت بعضی از یون‌ها کاهش دهد (۲۸). اثرات اسمزی ناشی از تنش شوری نیز سرعت رشد سلول‌ها را کاهش می‌دهد. این موضوع باعث کاهش سرعت توسعه ریشه‌ها و برگ‌ها می‌گردد (۱۴). در بین ارقام گونه‌های مختلف متعلق به غلات از جمله گندم نان، گندم دوروم، جو و تریبیکاله اختلافات کمی از لحاظ رشد برگ در اثر تنش شوری دیده شده است و این

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف گیاهچه‌ای در ارقام مختلف گندم (نان و دوروم)

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طول برگ	وزن خشک گیاهچه	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی	نسبت ریشه به اندام هوایی
شوری	۱	۱۳۰۶/۳۳*	۱۹۸/۲۵**	۰/۰۰۰۹**	۰/۲۷*	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۵**
خطای الف	۶	۱۴/۱۲	۴/۲۹	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲
رقم	۹	۲۷/۳**	۱۳/۴۲**	۰/۰۰۰۴**	۰/۱۴**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**
رقم × شوری	۹	۶/۶۶**	۲/۵۸**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۶**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴**
خطای ب	۵۴	۴/۴۶	۳/۵۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۸	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳

**، * FIS به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار بودن هستند.

جدول ۲. مقایسه مفادیر میانگین صفات مختلف در ارقام مختلف گندم در شرایط تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای

رقم	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول برگ (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی (میلی گرم/گرم)
وریناک	۹/۱۱	۱۰/۳abc	۰/۰۵۲abc	۰/۰۳۳cd	۰/۰۲۲abc	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab	۰/۰۷۶ab
الموت	۱۱/۰۱ ^{def}	۱۰/۰۸abc	۰/۰۳۹ef	۰/۰۳۵ab	۰/۰۲۴a	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab	۰/۰۸۱ab
اترک	۱۱/۸۵ ^{fg}	۱۱/۳۱ab	۰/۰۴۰ef	۰/۰۲۰c	۰/۰۱۴ ^{fg}	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c	۰/۰۶c
آذر	۹/۶۴ ^{gh}	۱۰/۳۴abc	۰/۰۴۶bc	۰/۰۳۳cd	۰/۰۱۶ ^{gh}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}	۰/۰۵ ^{bc}
طرس	۱۴/۶۳ ^{ab}	۱۱/۳۶a	۰/۰۵۷a	۰/۰۲۱c	۰/۰۱۵ ^{gh}	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd	۰/۰۵cd
شیراز	۱۴/۳۷ ^{abc}	۷/۷۶e	۰/۰۵۱ ^{cd}	۰/۰۳abc	۰/۰۱۹ ^h	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}
کاسگوزن	۹/۲۳ ^{bij}	۹/۰۴ ^{bc}	۰/۰۵۳ ^d	۰/۰۳۳cd	۰/۰۲۰c	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}
کوبر	۱۰/۰۸ ⁱ	۱۱ab	۰/۰۴۱ ^{def}	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸ ^h	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۰۷ ^{ab}
ارقام گندم دوروم																				
کرخه	۱۰/۹۵ ^{def}	۷/۹ ^{de}	۰/۰۴۲ ^{cd}	۰/۰۲ ^{def}	۰/۰۱۵ ^{gh}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}
یاوارس	۱۴/۳۷ ^{abc}	۱۲/۰۴ ^{ab}	۰/۰۴۵ ^{bc}	۰/۰۳۳cd	۰/۰۱۱ ^g	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}	۰/۰۶ ^{bc}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

یونی سدیم به پتاسیم تفاوت معنی‌داری بین دو رقم گندم دوروم مشاهده نشد (جدول ۲) در صورتی که بر وجود ارتباط مثبت بین نسبت پائین سدیم به پتاسیم با افزایش تحمل به تنش شوری در گندم دوروم گزارش شده است (۲۳). مانز و همکاران (۲۳) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های گندم دوروم متحمل به تنش شوری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس، میزان سدیم کمتری را جذب و منتقل نموده‌اند و دارای غلظت پتاسیم بالاتری بودند. در این مطالعه ژنوتیپ کرخه محتوای پتاسیم بالاتری نسبت به ژنوتیپ یاورس داشت (جدول ۲). در مطالعه‌ای که به منظور مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف جنس تریتیکوم در پاسخ به تنش شوری صورت گرفت (۲۹)، ارقام متحمل به شوری مقدار سدیم کمتری را در برگ‌های‌شان نسبت به ارقام حساس نشان دادند که به نوعی تأکیدی بر نتایج این مطالعه می‌باشد. ایکبال و همکاران (۱۶) افزایش محتوای سدیم در برگ‌ها و کاهش میزان پتاسیم را با افزایش تنش شوری در گندم گزارش کردند که با این نتایج مطابقت نشان داد. ارقام مختلف از لحاظ میزان پتاسیم برگ نیز اختلاف معنی‌داری نشان دادند و رقم طوس (۳/۳۸) (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و کویر (۲/۲۴) (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در مطالعه‌ای بر روی میزان تحمل به تنش شوری در اسفناج (۱۷)، اعمال ریزمغذی حاوی یون پتاسیم منجر به افزایش وزن تر، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب شد. در تنش شوری در سطح سلولی با افزایش مقدار کلرید سدیم، کاهش غلظت یون پتاسیم در کالوس مختلف سویا گزارش شده است (۲۰) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم نان متحمل و حساس به شوری گزارش شده است که گندم نان متحمل به شوری به‌طور چشم‌گیری از ورود سدیم جلوگیری می‌کند و در شرایط تنش شوری نسبت سدیم به پتاسیم را در حد پائینی نگه می‌دارد (۲۹). ارقام متحمل به شوری، با خاصیت انتخابی بالا، پتاسیم را حتی در شوری‌های بالا حفظ

شده بیشتر تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفته است. بیشترین مقدار وزن خشک ساقه (۰/۰۳۲) و وزن خشک ریشه (۰/۰۲۴) در رقم الموت مشاهده شد (جدول ۲). بالاترین نسبت ریشه به اندام هوایی در رقم کویر (۰/۹۷) و کمترین آن در یاورس (۰/۳۸) مشاهده شد (جدول ۲). اثر بلندمدت تنش طی هفته‌ها، باعث حداکثر تجمع و حرکت یون‌ها در برگ‌ها می‌شود که در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز می‌گردد (۱۶). مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده در مرحله گیاهچه‌ای بین دو رقم گندم دوروم بیانگر برتری رقم کرخه بر یاورس از نظر وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مختلف گندم، تفاوت معنی‌داری را از نظر میزان غلظت Na^+ در برگ‌های گندم نان نشان داد اما بین دو رقم گندم دوروم تفاوت معنی‌داری از لحاظ محتوای یون سدیم مشاهده نشد (جدول ۲). در شرایط تنش شوری بیشترین و کمترین میزان تجمع یون سدیم به ترتیب در رقموریناک (۰/۷۹) (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و رقم طوس (۰/۶۰) (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) مشاهده شد که هر دو رقم متعلق به گندم نان بود (جدول ۲). تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی رابطه مستقیمی با میزان غلظت سدیم در محیط دارد. شوری خاک باعث کاهش عناصر ضروری از قبیل K^+ و Ca^{2+} و افزایش Na^+ و Cl^- در حد سمیت ایجاد می‌گردد (۳۱). به نظر می‌رسد ارقام متحمل با جذب مقادیر کمتری از سدیم در برگ‌ها قادر باشند تعادل یونی را به‌خوبی حفظ نمایند (۲۹). ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس به شوری میزان سدیم کمتری را جذب و منتقل نموده‌اند و غلظت پتاسیم بالاتری دارند (۱۲). لذا می‌توان بیان نمود که رقم طوس با کمترین میزان جذب سدیم، توانایی بالایی نسبت به تنش شوری داشته است. مقایسه صفات فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در دو رقم گندم دوروم بیانگر بیشتر بودن میانگین رقم کرخه نسبت به یاورس برای صفات محتوای نسبی آب، تراوش یونی غشاء، میزان یونی کلسیم و پتاسیم بود. از نظر نسبت

مقدار نسبت سدیم به پتاسیم برگ را به خود اختصاص دادند. اثرات ویژه شوری باعث افزایش جذب یون سدیم و در مقابل کاهش جذب کاتیون‌های ضروری گیاه نظیر پتاسیم و کلسیم در جو شد (۴). قدرت تجمع یون‌های سدیم و کلر می‌تواند به‌عنوان موفقیت‌آمیزترین صفات برای اصلاح ارقام مقاوم به شوری مورد استفاده قرار گیرند (۱). در برخی موارد از نسبت سدیم به پتاسیم به‌عنوان شاخصی اصلاحی جهت بررسی میزان تحمل به شوری استفاده شده است (۱۷). کاهش میزان جذب یون پتاسیم و افزایش نسبت سدیم به پتاسیم با توجه به نقش اساسی پتاسیم در فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نظیر باز و بسته شدن روزنه‌ها، فعال کردن آنزیم‌های مختلف، مانع از رشدونمو طبیعی گیاه می‌شود (۱۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین مقدار نسبت یونی سدیم به کلسیم (۱/۷۱) (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) متعلق به الموت و کمترین (۰/۸۸) (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) متعلق به رقم طوس بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها برای صفت محتوای نسبی آب نشان داد که رقم طوس (۸۲/۲۰) بیشترین و رقم یوارس (۶۵/۹) کمترین مقدار را داشتند (جدول ۲). کاهش محتوای نسبی آب در شرایط تنش شوری در جو (۲۵) و ارزن (۲۶) گزارش شده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. ژنوتیپ‌های متحمل به تنش توانایی بیشتری در نگهداری محتوای آب دارند. بیشترین میزان تراوش یونی غشاء در رقم وریناک (۰/۵۶) و کمترین آن در طوس (۰/۴۱) مشاهده شد (جدول ۲). شاخص تراوش یونی غشاء با افزایش سطح شوری افزایش یافت. تنش شوری با افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو می‌تواند باعث افزایش تراوش یونی غشاء گردد (۸ و ۱۲). گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (۱۳) و تغییر در نفوذپذیری غشاء (تراوش یونی) می‌گردند که در نتیجه آن غشاء سلولی پاره شده و باعث افزایش تراوش یونی به بیرون سلول

نموده و ترجیحاً پتاسیم بیشتری نسبت به سدیم در واکنش خود در شرایط شوری کم تا متوسط ذخیره می‌نمایند (۱۲). مطابق با داده‌های جدول ۲، ارقام طوس و کاسگوژن مقدار پتاسیم بالایی در برگ‌های‌شان داشتند که می‌تواند گواهی بر این قضیه باشد. وارپته‌های متحمل به شوری در براسیکا در هنگام مواجهه با شوری دارای غلظت سدیم و کلر کمتر و بالعکس غلظت پتاسیم، منیزیم و کلسیم بیشتر در بخش هوایی خود بودند (۵). با افزایش تنش شوری در لوبیا میزان یون‌های پتاسیم و کلسیم در ریشه‌ها افزایش معنی‌داری نشان داد (۱۲). بررسی تأثیر تنش شوری بر غلظت یون‌ها در برگ‌های ارقام مختلف گندم نشان داد که غلظت یون‌های کلر و سدیم در برگ‌های ارقام حساس تحت شرایط شوری نسبت به پتاسیم بالاتر می‌باشد (۱۶). در این پژوهش ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر میزان تجمع کلسیم نشان دادند (جدول ۲). ارقام طوس با ۰/۶۸ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و الموت با ۰/۳۹ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلسیم برگ را دارا بودند. کلسیم از کاتیون‌های مورد نیاز گیاه است که در حفظ غشاء سلولی گیاه و نفوذپذیری آن نقش دارد و با افزایش شوری مقدار کلسیم برگ کاهش پیدا می‌کند (۱۸). با این وجود گیاهان متحمل توانایی ذخیره مقدار کلسیم بیشتری را در برگ‌های خود دارند (۱۸). نتایج مطالعه‌ای در لوبیا (۱۲) حاکی از افزایش محتوای یون کلسیم در ریشه و ساقه با افزایش مقدار تنش شوری بود. در مطالعه‌ای اعمال ریزمغذی کلسیم باعث افزایش تحمل به تنش شوری (نمک کلرید سدیم) در ژنوتیپ‌های مختلف توت‌فرنگی شد (۱۸). افزودن محلول کلسیم باعث بهبود درصد جوانه‌زنی و قدرت رشد گیاهچه در ژنوتیپ‌های براسیکا تحت تنش شوری شد (۱۵). نتایج مطالعه نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر روی نسبت سدیم به پتاسیم در ارقام مختلف داشت (جدول ۲). رقم وریناک (۰/۳۳) و رقم طوس (۰/۱۷) به‌ترتیب بیشترین و کمترین

سدیم و کاهش کلسیم برگ می‌شود که بیشترین میزان افزایش در مقدار سدیم (۷۸ درصد) در اترک و کمترین مقدار تغییر در محتوای سدیم برگ (۱۲ درصد) در الموت مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین مقدار کاهش کلسیم برگ (۵۵ درصد) در ارقام وریناک و شیراز و کمترین مقدار کاهش (۱۳ درصد) در رقم طوس مشاهده شد (جدول ۳). این نتیجه به نوعی بیانگر تحمل نسبتاً بالای رقم طوس در خصوص حفظ مقدار کلسیم برگ می‌باشد. نسبت سدیم به کلسیم در برخی ارقام افزایش و در برخی کاهش نشان داد، به طوری که این نسبت در ارقام شیراز، آذر، الموت و کویر کاهش و در ارقام کاسگوژن، طوس، اترک، کرخه و یاواریس افزایش نشان داد. هم‌چنین در رقم وریناک تغییر معنی‌داری نشان داده نشد. مطابق با گزارش رویو و آبیو (۲۷) افزایش سطح شوری از ۲ به ۸ (دسی‌زیمنس بر متر) باعث افزایش معنی‌دار در محتوای سدیم و کلر برگ‌ها در ژنوتیپ‌های گندم دوروم شده است که با نتایج این مطالعه (افزایش سطح شوری از صفر به ۶) (دسی‌زیمنس بر متر) هم‌خوانی نشان داد. در مطالعه‌ای غلظت پتاسیم یونی در برگ ژنوتیپ‌های گندم دوروم تا سطح شوری ۲۳ دسی‌زیمنس بر متر افزایش معنی‌داری نشان نداد که حاکی از قدرت ژنوتیپ‌های تحت مطالعه در حفظ محتوای یونی پتاسیم و مقابله با اثرات منفی یون‌های سدیم و کلر بر روی گیاه بود (۲۷).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تنش شوری، ارقام مختلف گندم نان و دوروم را به نحو متفاوتی تحت تأثیر قرار داده است. رقم‌های مختلف با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی با سمیت ناشی از تنش شوری مقابله می‌کنند. از بین ارقام مورد مطالعه رقم طوس (گندم نان) تحمل بیشتری در مقابل تنش شوری نشان داد و به نظر می‌رسد این افزایش تحمل شوری از طریق تجمع کمتر سدیم و تجمع بیشتر کلسیم و پتاسیم در برگ‌ها صورت گرفته است. هم‌چنین بیشترین طول ریشه‌چه، وزن

می‌گردد (۱ و ۸). علت افزایش تراوش یونی غشاء تحت شرایط تنش شوری، افزایش غلظت سدیم گزارش شده است (۱). به‌طور کلی نفوذپذیری بیشتر غشاء سلولی در نتیجه تنش‌های محیطی، افزایش نشت محلول‌های سلولی مانند پتاسیم، آمینواسیدها، کربوهیدرات‌ها و در مجموع الکترولیت‌های مختلف به خارج از سلول را در پی دارد (۱). در اثر تنش شوری تراوش یونی از غشاء افزایش می‌یابد که این تراوش یونی از غشاء باعث کاهش پایداری غشاء می‌گردد (۲۰). بالاترین مقدار پایداری غشاء (۰/۵۹) متعلق به طوس و کمترین (۰/۴۳) به ارقام کرخه و وریناک تعلق داشت (جدول ۲). افزایش غلظت سدیم باعث جایگزینی سدیم به جای کلسیم، افزایش تراوش غشاء و کاهش پایداری آن می‌گردد (۱۸). مقایسه بین دو رقم گندم دوروم (کرخه و یاواریس) بیانگر برتری نسبی رقم یاواریس از نظر صفات رویشی گیاهچه‌ای (طول برگ و وزن خشک گیاهچه و وزن خشک ساقه) و پایداری غشاء نسبت به رقم کرخه بود، در صورتی که رقم کرخه از نظر قدرت بیشتر در تجمع یون‌های پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها و نسبت بیشتر برای وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی نسبت برتری نشان داد که شاید بتوان برتری این رقم را از نظر میزان تحمل به شوری در صفات فیزیولوژیکی نسبت به یاواریس بیان نمود. این تفاوت می‌تواند ناشی از مسیرهای پاسخ‌دهی متفاوت ژنوتیپ‌های داخل یک گونه در تحمل به تنش شوری باشد (۱).

مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری × رقم برای صفات مختلف

بیشترین مقدار کاهش برای محتوای نسبی آب (۴۸/۶ درصد) متعلق به رقم وریناک و کمترین مقدار کاهش (۴/۳ درصد) متعلق به رقم شیراز بود (جدول ۳). عدم توانایی گیاه در حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ ناشی از عدم توانایی کافی برای تحمل تنش می‌باشد که به نوعی بیانگر حساسیت رقم وریناک به تنش شوری می‌باشد. تنش شوری منجر به افزایش محتوای

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و شوری بر صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف گندم تحت تنش شوری

رقم	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	محتوای آب نسبی (درصد)	سدیم برگ (میلی‌گرم/گرم وزن خشک)	کلسیم برگ (میلی‌گرم/گرم وزن خشک)	Na ⁺ /Ca ⁺
ارقام گندم نان					
وریناک	۰	۸۷/۱ ^{bc}	۰/۶۲ ^{d-g}	۰/۷۲ ^a	۱/۳۳ ^{c-f}
	۶	۴۴/۷ ^j	۰/۹۶ ^a	۰/۳۲ ^{ef}	۱/۳۴ ^{c-e}
الموت	۰	۸۶/۴ ^{bc}	۰/۶۳ ^{d-g}	۰/۴۳ ^{b-d}	۱/۸۰ ^{ab}
	۶	۴۹/۸ ^j	۰/۷۱ ^{c-e}	۰/۳۵ ^{d-f}	۱/۶۵ ^{ac}
اترک	۰	۸۴/۳ ^{b-d}	۰/۵۲ ^{e-h}	۰/۵۰ ^b	۰/۸۴ ^g
	۶	۶۳/۵ ^{hi}	۰/۹۳ ^{ab}	۰/۳۶ ^{d-f}	۱/۸۴ ^{ab}
آذر	۰	۸۴/۰۵ ^{b-d}	۰/۵۹ ^d	۰/۶۳ ^a	۱/۵۲ ^{b-d}
	۶	۷۳/۴ ^{e-h}	۰/۸۶ ^{a-c}	۰/۳۹ ^{c-e}	۱/۳۴ ^{c-e}
طوس	۰	۸۶/۴ ^{bc}	۰/۵۰ ^{gh}	۰/۷۳ ^a	۰/۸۰ ^g
	۶	۵۹/۸ ⁱ	۰/۷۱ ^{c-e}	۰/۶۳ ^a	۰/۹۷ ^{f-h}
شیراز	۰	۹۲/۴۱ ^{b-e}	۰/۵۱ ^{gh}	۰/۷۲ ^a	۱/۷۷ ^{ab}
	۶	۸۸/۳ ^{f-h}	۰/۷۰ ^{c-f}	۰/۳۵ ^{d-f}	۰/۹۶ ^{f-h}
کاسگوژن	۰	۸۵/۵ ^{ab}	۰/۵۵ ^{e-h}	۰/۴۸ ^{bc}	۱/۲۵ ^{d-f}
	۶	۵۵/۶ ⁱ	۰/۹۲ ^{ab}	۰/۴۴ ^{b-d}	۱/۹۲ ^a
کویر	۰	۸۶/۴ ^{bc}	۰/۶۲ ^{d-g}	۰/۷۴ ^a	۱/۶۲ ^{a-d}
	۶	۷۴/۱ ^{d-g}	۰/۸۵ ^{a-c}	۰/۳۸ ^{c-f}	۱/۵۶ ^{a-d}
ارقام گندم دوروم					
کرخه	۰	۹۳/۹ ^a	۰/۴۷ ^f	۰/۶۹ ^a	۱/۳۳ ^{c-f}
	۶	۶۶/۴ ^{g-i}	۰/۷۶ ^{b-d}	۰/۳۵ ^{d-f}	۱/۴۹ ^{b-d}
یاوارس	۰	۷۷/۱ ^{c-f}	۰/۴۶ ^d	۰/۷۳ ^a	۰/۹۰ ^{gh}
	۶	۴۲/۲ ^j	۰/۵۲ ^{gh}	۰/۴۹ ^{bc}	۱/۶۲ ^{a-d}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۵ ندارند.

بالاترین مقدار تجمع سدیم در برگ‌ها و کمترین مقدار محتوای نسبی آب و طول ریشه‌چه به‌عنوان حساس‌ترین رقم در این مطالعه شناخته شد. سایر ارقام گندم نان شامل اترک، کاسگوژن و آذر و دو ژنوتیپ گندم دوروم (شامل کرخه و یاوارس) در محدوده متوسط تحمل تنش قرار داشتند. مقایسه بین ارقام گندم نان و گندم دوروم بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌های گندم نان در این مطالعه نسبت به گندم دوروم از لحاظ تحمل شوری بود.

خشک گیاهچه، پایداری غشاء و کمترین مقدار نشت یونی متعلق به رقم طوس بود. افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ در رقم طوس می‌تواند بر فرآیندهای فیزیولوژیک تأثیر مثبتی گذاشته باشد و در نهایت منجر به بهبود عملکرد این رقم در شرایط شوری شود. پس از رقم طوس، سایر ژنوتیپ‌های گندم نان که شامل الموت، کویر و شیراز بود، نیز تحمل متوسطی به تنش شوری نشان دادند. رقم وریناک گندم نان با توجه به

منابع مورد استفاده

1. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.
2. Tajbakhsh, M. and A. A. Poormirza. 2003. Agronomy of Cereal Crops. Uremia Jahad Daneshgahi Publications, Uremia, Iran. (In Farsi).
3. Abdul-Halim, R. K., H. M. Salih, A. A. Ahmed and A. M. Abdul Rahem. 1988. Growth and development of Mexipak wheat as affected by soil salinity and moisture levels. *Plant and Soil* 112: 225-259.
4. Anjum, F., M. Yaseen, E. Rasool, A. Wahid and S. Anjum. 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.) II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. *Pakistan Journal of Agricultural Science* 40(1-2): 43-49.
5. Ashraf M. and T. McNeilly. 1990. Responses of four brassica species to sodium chloride. *Environmental and Experimental Botany* 30(4): 475-487.
6. Ashraf, M., M. Hameed, M. Arshad, Y. Ashraf and K. Akhtar. 2006. Salt tolerance of some potential forage grasses from Cholistan Desert of Pakistan. *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants* 40: 31-54.
7. Baker, N. R. and E. Rosenqvist. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany* 55: 1607-1621.
8. Borsani, M., V. Valpuesta and M. A. Botella. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiology* 126: 1024-1030.
9. Chapman, H. D. and P. F. Pratt. 1961. Methods of Analysis for Soil, Plant and Water. Division of Agricultural Sciences, University of California, USA.
10. Demiral, T. and L. Turkan. 2005. Comparative Lipid per oxidation antioxidant defense system and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 53: 247-257.
11. Francois, L. E., E. V. Maas, T. J. Donovan, V. L. Young. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germination of semidwarf and durum wheat. *Agronomy Journal* 78: 1053-1058.
12. Hamada, A. M. and A. E. EL-enany. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum* 36: 75-81
13. Hernandez, J. A., E. Olmos, F. J. Corpas, F. Sevilla and L. A. Del Rio. 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science* 105: 151-167.
14. Hsiao, T. C. and L. K. Rosenqvist. 2000. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. *Journal of Experimental Botany* 51: 1595-1616.
15. Huang, J. and R. E. Redmann. 1995. Salt tolerance of *Hordeum* and *Brassica* species during germination and early seedling growth. *Canadian Journal of Plant Science* 75: 815-819.
16. Iqbal, M. S., A. Naseem, K. Mahmood and J. Akhtar. 2001. Comparative Performance of Wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under salinity stress. Ionic composition. *Journal of Biological Science* 1:43-45.
17. Kaya, C., D. Higgs and H. Kirnak. 2004. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology on nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 27(3-4): 47-59.
18. Kaya, C., H. Kirnak, D. Higgs and K. Satali. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Environmental Horticulture* 93: 65-74.
19. Kaya, M. D., G. Okcu, M. Atak and O. Kolsarici. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291-295.
20. Liu, T. and J. Staden. 2001. Growth rate, water relation and ion accumulation of soybean callus lines differing in salinity tolerance under salinity stress and its subsequent relief. *Plant Growth Regulation* 34: 227-285.
21. Maas, E. V. and J. A. Poss. 1988. Salt sensitivity of wheat at various growth stages. *Irrigation Science* 10: 29-40.
22. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Journal of Plant, Cell and Environment* 25: 239-250
23. Munns, R. R., A. Hare, R. A. James and G. J. Rebetzke. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 69-74.
24. Munns, R. M., R. A. James and A. Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57: 1025-1043.
25. Pakniat, H., A. Kazemipour and A. G. Mohammadi. 2003. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H. spontaneum* C. KOCH) barley genotypes from Iran. *Iran Agriculture Research* 22: 45-62.
26. Rostamza, M., M. Chaichi, M. Jahansouz and A. F. Alimadadi. 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. *Agricultural Water Management* 98 (1): 1607- 1614.
27. Royo, A. and D. Abio. 2003. Salt tolerance in durum wheat cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*

- 1(3): 27-35.
28. Sairam, R. K. and A. Tyagi. 2005. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Crop Science* 86: 407-421.
29. Schachtman, D. and R. Munns. 2002. Sodium accumulation in leaves of Triticum species that differ in salt tolerance. *Australian Journal of Plant Physiology* 19(3): 331-340.
30. Shekari, F. and A. Karimi. 2000. Tolerance of barley cultivar at the germination to different concentration of anions in saline soils of Tabriz plain. *Agronomy Journal* 86: 232-236.
31. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in high plants. *Annals of Botany* 91: 503-527.
32. Zhen, Y., Z. Wang, X. Sun, A. Jia and G. Jiang. 2008. Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relived senescence at reproductive stage. *Environmental and Experimental Botany* 62: 129-138.