"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هیجدهم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۵

اثر تنش شوری بر رشد و توزیع یون‌های ویژه بافت در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.)

Effect of of salinity stress on growth and distributions of tissue-specific ion in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars

شکوه فخری[۱]، افراسیاب راهنما[۲]و موسی مسکرباشی[۳]

چکیده

فخری، ش.، ا. راهنما و م. مسکر باشی. ۱۳۹۵. اثر تنش شوری بر رشد و توزیع یون‌های ویژه بافت در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(٤): ۳۱۸-۳۰۲.**

شوری از تنش‌های غیر زیستی مهمی است که فیزیولوژی گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و رشد و عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. در این پژوهش اثر تنش شوری (شاهد: بدون تنش و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و الگوی توزیع یون‌ها در ریشه و پهنک برگ چهار رقم گندم: روشن، بم، قدس و اترک و ارتباط آن با تحمل شوری در مرحله رویشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۹۳-۱۳۹۲ در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت یون سدیم در ریشه‌ها در مقایسه با پهنک برگ بیشتر بود. تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای (٤۲ درصد)، محتوای آب نسبی برگ (۱۰ درصد)، سرعت رشد نسبی (۲٤ درصد)، سطح برگ (۳۳ درصد) و طول ریشه (۳۷ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد شد. ارقام متحمل به شوری روشن، بم و نیز رقم اترک در تیمار شوری، هدایت روزنه‌ای، محتوای آب نسبی برگ، سرعت رشد نسبی، سطح برگ و طول ریشه بالاتری نسبت به رقم حساس قدس داشتند. همبستگی معنی‌داری بین ویژگی‌های فیزیولوژیک و توزیع یون‌ها در ریشه و پهنک برگ ارقام گندم مشاهده شد. ارقام روشن و بم مقدار سدیم بیشتری را در ریشه‌ها (در مقایسه با برگ‌ها) و نیز مقدار پتاسیم بیشتری را در برگ‌ها (در مقایسه با ریشه‌ها) انباشته کردند. به نظر می‌رسد که الگوی توزیع یونی در ریشه و اندام هوایی گیاه در تحمل شوری ارقام گندم نقش داشته و انباشت ترجیحی یون سدیم در ریشه‌ها (در مقایسه با اندام هوایی) یک سازوکار تحمل است که باعث ادامه جذب اسمزی آب به داخل ریشه‌ها شده و انتقال یون سدیم به اندام هوایی را محدود می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: انباشت یون، تحمل شوری، گندم، محتوای آب نسبی و هدایت روزنه‌ای.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷ این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می باشد.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز . عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: a.rahnama@scu.ac.ir)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

مقدمه

مشکل عمده شوری برای گیاهان عالی در مناطق خشک و اراضی فاریاب، وجود مقادیر بیش از حد کلرید سدیم در خاک است (Munns and Tester, 2008)؛ زیرا بالا بودن غلظت سدیم در خاک باعث کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک شده و سازوکار تنظیم اسمزی در سلول‌ها گیاه باعث جلوگیری از پسابیدگی و اختلال در جذب و انتقال یون‌های غذایی مانند پتاسیم و کلسیم می‌شود. بالا بودن غلظت یون‌های سدیم و کلر می‌تواند بر غشاها و سیستم‌های آنزیمی اثرات سمی مستقیم داشته باشد (Chen *et al*., 2007). بر این اساس سدیم و کلر دو یون کلیدی مهم با اثرات ویژه یونی هستند که رشد و عملکرد گیاه زراعی را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهند (Rajendran *et al*., Munns and Tester, 2008; Rengasamy, 2010, 2009).

با توجه به سازوکارهای کنترل رشد و نمو در شرایط تنش‌های محیطی از طریق تنظیم فرایندهای نموی، فیزیولوژیکی و متابولیکی (Hasegawa *et al*., 2013; Osakabe *et al*., 2013)، گیاهان با استفاده از سه سازوکار اصلی دفع یون سدیم، تحمل یون سدیم در بافت‌ها و تحمل تنش اسمزی ناشی از شوری، به تنش شوری پاسخ می‌دهند، به هر جهت، بیشترین تحقیقات تحمل شوری در غلات از جمله گندم، روی دفع یون سدیم متمرکز شده است (Munns *et al*., 2006). گفته می‌شود که دفع یون سدیم شاخص مناسبی برای انتخاب و به نژادی به منظور بهبود تحمل شوری در گیاهان زراعی است (Rivelli *et al*., 2002). زیرا شاخص‌های مورد استفاده برای غربال ژرم‌پلاسم‌های متحمل به شوری مانند دفع یون سدیم (Munns and Tester and Davenport, 2003; Tester, 2008) و تبعیض یون پتاسیم به یون سدیم (Chen *et al*., 2007) نسبت به تحمل تنش بر اساس عملکرد دانه و زیست توده کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند (Munns and James, 2003). بنابراین، غربالگری برای این شاخص خاص نسبت به تحمل تنش بر اساس زیست توده یا عملکرد، مطمئن‌تر بوده و باعث کاهش صرف زمان و هزینه می‌شود (Munns and James, 2003). مشخص شده است که دفع یون سدیم تنها سازوکار تحمل شوری در غلات نیست و جهت بهبود تحمل اسمزی و تحمل بافت به تحقیقات بیشتری نیاز است. تحمل تنش اسمزی به توانایی گیاهان جهت تحمل تنش اسمزی ناشی از شوری و حفظ توسعه برگ و هدایت روزنه‌ای بستگی دارد. اثرات اسمزی ناشی از تنش شوری در گیاهان را می‌توان بلافاصله پس از کاربرد نمک مشاهده کرد و عقیده بر این است که با ادامه روند مواجهه با شوری، از توسعه و تقسیم سلول جلوگیری شده و روزنه‌ها بسته می‌شوند (Passioura and Munns, 2000; Munns and Tester, 2008). تنش شوری همچنین می‌تواند باعث کاهش در صفاتی مانند طول ریشه (Shelden *et al*., 2013; Rahnama *et al*., 2011a)، هدایت روزنه‌ای (James *et al*., 2008; Rahnama *et al*., 2010)، محتوی آب نسبی برگ (Rivelli *et al*., 2002)، شاخص کلروفیل (James *et al*., 2008; Marcin´ska *et al*., 2013) و وزن خشک اندام هوایی و ریشه (Rahnama *et al*., 2010; Shelden *et al*., 2013) شود و میزان کاهش این صفات در ارقام حساس به شوری به مراتب بیشتر از ارقام متحمل است. میزان کاهش در این صفات می‌تواند مرتبط با اثرات اسمزی شوری و یا اثرات سمیّت یونی سدیم باشد (Rahnama *et al*., 2010; Marcin´ska *et al*., 2013; Shelden *et al*., 2013). به هر صورت در گندم دوروم علیرغم وجود تنوع ژنتیکی از نظر تحمل بافت به شوری، ثابت شده که ظرفیت گیاهان برای تحمل به سطوح بالاتر شوری، بستگی به توانایی آن‌ها برای دفع نمک از اندام هوایی و یا تحمل غلظت‌های بالاتر نمک در برگ (تحمل بافت) دارد (James *et al*., 2006). انباشت کمتر یون سدیم در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

برگ‌ها می‌تواند از طریق تنوع ژنتیکی در توانایی ریشه‌ها برای محدود کردن جذب یون سدیم از خاک و نیز جلوگیری از ورود آن به آوند چوبی یا حذف از جریان تعرق ایجاد شود (Husain *et al*., 2004)، بنابراین انباشت ترجیحی یون سدیم و نگهداری آن در ریشه‌ها در مقایسه با اندام هوایی، می‌تواند به عنوان یک سازوکار تحمل محسوب شود (Rivelli *et al*, 2002).

این پژوهش با هدف بررسی وضعیت توزیع یون‌های سدیم و پتاسیم در بافت‌های ریشه و پهنک برگ سوم در چهار رقم گندم روشن، بم، قدس و اترک در شرایط تنش شوری و ارتباط آن با برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک در مراحل اولیه رشد گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۹۳-۱۳۹۲ در گلخانهٔ دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقمگندم نان با درجات مختلف تحمل شوری (روشن و بم: متحمل، قدس و اترک: حساس) (Poustini and Siosemardeh, 2004؛ Rahnama *et al*., 2011b) و دو سطح غلظت کلرید سدیم (صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار) بودند. بذر ارقام گندم از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شد. برای تیمار شوری از نمک خالص کلرید سدیم (مرک آلمان) استفاده شد. بستر کاشت شامل مخلوطی از خاک مزرعه با بافت لومی رسی (۷۰ درصد) و ماسه (۳۰ درصد) بود. بر اساس نتایج آزمون خاک و حدود بحرانی عناصر، مقادیر نیتروژن (از منبع اوره)، فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) و پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) به ترتیب ۱۷۵، ۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که با در نظر گرفتن وزن مخصوص ظاهری خاک و وزن خاک هر واحد آزمایشی (به ترتیب ۰/۵، ۰/۲ و ۰/۲ گرم اوره به صورت محلول، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به خاک اضافه شد (جدول ۱).

واحدهای آزمایشی شامل لوله‌های پی وی سی با اندازه یکسان (قطر ۱۰/۵ سانتی‌متر و طول ۵۰ سانتی‌متر) بود. روی دیواره طولی لوله‌ها و تا زیر عمق محل استقرار بذر (۵ سانتی متر)، منافذی با اندازه یکسان جهت نفوذ محلول شور ایجاد شد. کیسه‌های پلاستیکی منفذدار هم اندازه در درون لوله‌های پی وی سی جاسازی شده و خاک بستر کاشت در کیسه‌های تعبیه شده در درون لوله‌ها ریخته شد تا در زمان نمونه برداری، خارج کردن ریشه‌ها از خاک تسهیل شود (شکل ۱).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

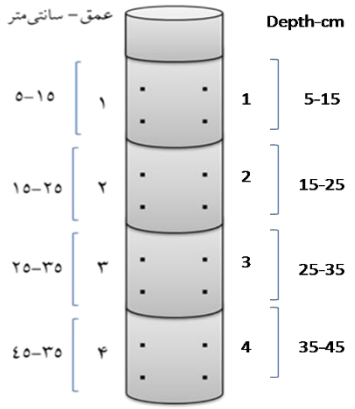
Table 1. Physical and chemical properties of the soil

بافت خاک Texture	هدایت‌الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P_2O_5 ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K_2O ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)
لومی شنی Sand- loam	1.1	7.8	0.46	10	200	0.5

هر واحد آزمایشی در هر تکرار شامل چهار عدد لوله پی وی سی بود. بذرهای گندم با اندازه و زن یکسان پس از ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم یک درصد (James *et al*., 2006) در ظروف پتری و در شرایط تاریکی و دمای اتاق (۲±۲۲) جوانه‌دار شدند. بذرهای جوانه‌دار شده یکسان با طول کلئوپتیل چهار تا پنج میلی‌متر انتخاب و در عمق دو سانتی‌متری سطح خاک در لوله‌های پی وی سی کشت و سپس آبیاری شدند. سه روز پس از ظهور گیاهچه‌ها در سطح خاک،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]



شکل ۱- واحدهای آزمایشی (لوله‌های پی وی سی) و عمق نمونه‌برداری از خاک

Fig. 1. Experimental units (PVC tubes) and depth of soil sampling

بوته‌ها تنک شده و دو بوته در هر لوله پی وی سی نگهداری شدند. لوله‌های پی وی سی حاوی گیاهچه در شرایط نور طبیعی گلخانه همراه با نور طبیعی و محدوده دمای روزانه ۲±۲۳ و ۲±۱۵ درجه سانتی‌گراد (به ترتیب روز و شب) نگهداری شدند و پس از ظهور برگ دوم، تنش شوری روی آنها اعمال شد. برای ایجاد غلظت یکنواخت شوری و نفوذ محلول شور از طریق منافذ لوله‌های پی وی سی به درون ستون خاک، هر ۷۲ ساعت یک بار لوله‌های پی وی سی درون ظروف محتوی محلول کلرید سدیم با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار و شاهد (آب خالص) به ارتفاع تقریبی ۴۵ سانتی‌متر به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور شدند. تیمار شوری در روزهای اول و دوم اعمال تیمارها به ترتیب با ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آغاز شد و در روز سوم به غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار رسانده شد. پس از خارج کردن کیسه‌های پلاستیکی حاوی خاک از درون لوله‌ها و نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف ستون خاک و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع آنها، مشخص شد که هدایت الکتریکی در عمق‌های مختلف خاک تقریباً ثابت بود (Fakhri *et al.*, 2016). جهت اطمینان از دستیابی به شوری ۱۵۰ میلی مولار نیز در پایان آزمایش، هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع در اعماق مختلف خاک اندازه‌گیری شد. به‌منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب کلرید سدیم بر گیاه، نمک کلرید کلسیم با نسبت ۱:۱۵ به محلول‌های شور مورد نظر اضافه شد (Rahnama *et al.*, 2011b). اعمال سطوح شوری به مدت ۲۱ روز ادامه یافت.

نمونه برداری برای اندازه‌گیری سطح برگ، سرعت رشد نسبی و طول ریشه‌های اصلی، در فواصل زمانی ۸ و ۲۱ روز پس از اعمال شوری انجام شد. در هر مرحله، از هر واحد آزمایشی سه عدد بوته همراه با پنجه احتمالی از محل طوقه قطع شد و سطح برگ گیاهچه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta T Devices, UK) اندازه‌گیری شد. برای جداسازی ریشه‌ها از خاک، لوله‌های پی وی سی به مدت ۳۰ دقیقه در ظروف حاوی آب قرار داده شدند تا خاک آن‌ها اشباع شود. سپس کیسه پلاستیکی حاوی بستر کاشت و ریشه درون آن به آهستگی از لوله‌ها خارج شد. شستشوی ریشه‌ها با استفاده از فشار ملایم آب روی بستر کاشت و ریشه با استفاده از یک آبپاش صورت گرفت و ریشه‌ها بدون آسیب به ریشه‌های اصلی و فرعی از خاک جدا شدند. طول ریشه اصلی با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌ها با خشکاندن نمونه‌ها در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد آون به مدت ۷۲ ساعت و توزین با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سرعت رشد نسبی با

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند.

$$RGR = (LnW_2 - LnW_1) / (t_2 - t_1) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

W_1 و W_2: به ترتیب میزان کل ماده خشک در هر مرحله زمانی، t_1 و t_2: زمان بین روزهای شروع و پایان هر مرحله است.

میزان هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پورومتر (Delta-T AP4 Devices, UK) بین ساعت ۱۰ صبح تا ۱۴ و محتوای آب نسبی برگ به روش مانز و همکاران (Munns, 2010b)، ۲۱ روز بعد از اعمال تنش اندازه‌گیری شد. نه عدد گیاهچه برای هر رقم و هر سطح شوری (سه گیاهچه از هر واحد آزمایشی) همراه با ریشه برداشت شدند، اندام هوایی (با تفکیک پهنک برگ سوم) و ریشه به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشکانده شد و پس از توزین با ترازوی دقیق، غلظت یون سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (JENWAY, UK) با استفاده از روش هامادا و ال انانی (Hamada and EL-Enany, 1994) اندازه‌گیری شد. محاسبه ضرایب همبستگی و تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخهٔ ۹/۱ (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

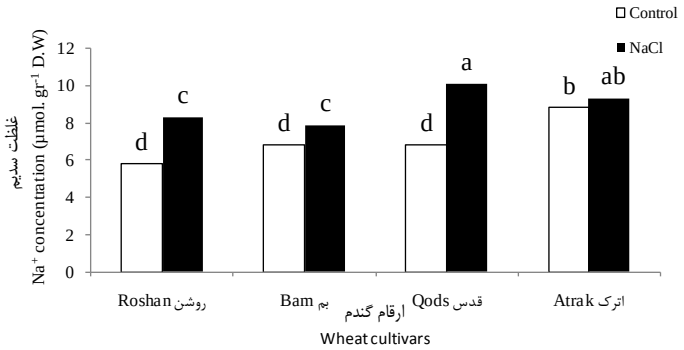
نتایج تجزیه واریانس غلظت و نسبت‌های یونی ریشه و برگ، تفاوت معنی‌داری را بین سطوح شوری نشان داد. بین ارقام نیز بجز برای نسبت یون پتاسیم به سدیم در ریشه، از نظر سایر ویژگی‌های یونی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. برهمکنش اثر رقم و شوری نیز تفاوت معنی‌داری را برای غلظت یون سدیم و نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ نشان داد. در مورد ریشه نیز تفاوت معنی‌داری برای ویژگی‌های یونی، بجز نسبت یون پتاسیم به سدیم مشاهده شد. تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک و رشدی نیز نشان داد که بین سطوح شوری، ارقام و نیز برهمکنش اثر رقم و شوری از نظر همه صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

مقایسه میانگین غلظت یون سدیم پهنک برگ و ریشه همه ارقام گندم بجز اترک، نشان دهنده افزایش غلظت یون سدیم در شرایط شوری در مقایسه با شاهد بود، امّا در همه ارقام غلظت این یون در ریشه‌ها در مقایسه با پهنک برگ دارای مقادیر بالاتری بود (شکل‌های ۲ و ۳)، اگرچه غلظت یون سدیم در پهنک برگ رقم اترک افزایش چندانی در مقایسه با شاهد نداشت. افزایش غلظت یون سدیم ریشه و اندام هوایی در مراحل اولیه رشد و غلظت پایین‌تر آن در اندام هوایی در مقایسه با ریشه در مطالعات پیشین نیز گزارش شده است (Shelden *et al*., 2013; Rahnama *et al*., 2011 b). پایین نگه‌داشتن غلظت یون سدیم در اندام هوایی یکی از سازوکارهای تحمل گیاه در برابر تنش شدید شوری است (Munns, 2005). به نظر می‌رسد که تفاوت در انباشت یون سدیم برگ ارقام گندم مورد ارزیابی به تفاوت در بارگیری یون سدیم در آوند چوبی ریشه و یا میزان انتقال یون سدیم از ریشه به اندام هوایی ارقام بستگی دارد. گزارش شده است که تفاوت ژنتیکی در میزان بارگیری یون سدیم در ریشه منجر به تفاوت ژنتیکی در انتقال یون سدیم به برگ‌ها می‌شود (Davenport *et al*., 2005). با توجه به نتایج انباشت یون سدیم در ریشه ارقام مختلف گندم، علی رغم غلظت بالای سدیم در ریشه رقم متحمل به شوری روشن و حتی رقم به ظاهر حساس به شوری اترک (شکل ۳)، به احتمال زیاد میزان بارگیری یون سدیم در ریشه این رقم در مقایسه با سایر ارقام کمتر بوده است و منجر به غلظت پایین سدیم در پهنک برگ این رقم گردیده است (شکل ۲). برخی گیاهان قادر هستند با انباشت یون‌ها در ریشه مانع از انتقال آن به اندام هوایی شده و از این طریق منجر به تحمل شوری شوند. توقف انتقال یون سدیم در ریشه، برگ‌های مسن و غلاف برگ

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

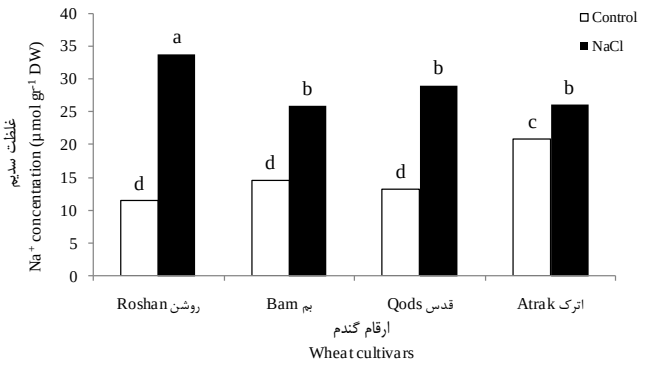
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

گندمیان از جمله سازوکارهای‌های تحمل شوری گزارش شده است (Wei *et al*., 2003). در همین راستا، بیشترین افزایش غلظت یون سدیم پهنک برگ مربوط به رقم حساس قدس بود (شکل ۲).



شکل ۲- غلظت یون سدیم پهنک برگ در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 2. Leaf Na $^{+}$ concentration of wheat cultivars 3 weeks after salt stress



شکل ۳- غلظت یون سدیم ریشه در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

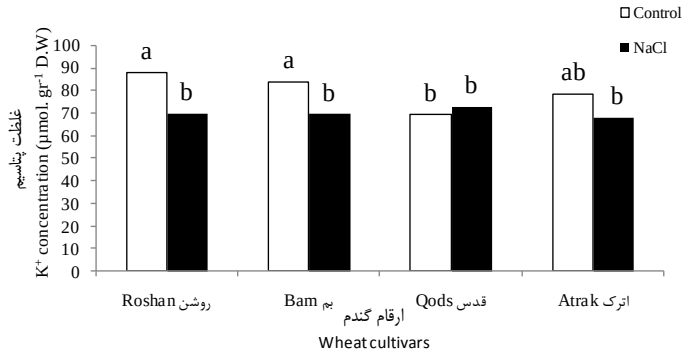
Fig. 3. Root Na $^{+}$ concentration of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

بین ارقام گندم مورد مطالعه از نظر غلظت یون پتاسیم ریشه و پهنک برگ تنوع وجود داشت. مقایسه میانگین غلظت یون پتاسیم اندام هوایی و ریشه نشان داد که توزیع یون پتاسیم در پهنک برگ و ریشه ارقام حساس و متحمل به شوری متفاوت بود و این تفاوت غلظت قابل ملاحظه بود (شکل‌های ۴ و ۵). با اعمال شوری، غلظت یون پتاسیم در ریشه همه ارقام، بجز اترک به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داشت، در حالی‌که در پهنک برگ غلظت این یون در ارقام متحمل کاهش نشان داد (شکل ۴).

کاهش غلظت یون پتاسیم ریشه و اندام هوایی گیاه جو در شرایط تنش شوری در مطالعات پیشین نیز گزارش شده است (Shelden *et al*., 2013; Wei *et al*., 2003) و از نظر غلظت یون پتاسیم در ریشه‌های جو در مراحل اولیه رشد و در پاسخ به تنش شوری، تنوع ژنوتیپی مشاهده شده است (Shelden *et al*., 2013). همبستگی معنی‌دار بین جذب یون پتاسیم و یون سدیم برگ (r= −۰/۷۲**) شاید به دلیل وجود غلظت بالای یون سدیم در برگ باشد که به شدت با انباشت یون پتاسیم رقابت می‌کند و باعث کاهش انباشت یون پتاسیم در برگ می‌شود (Husain *et al*., 2004).

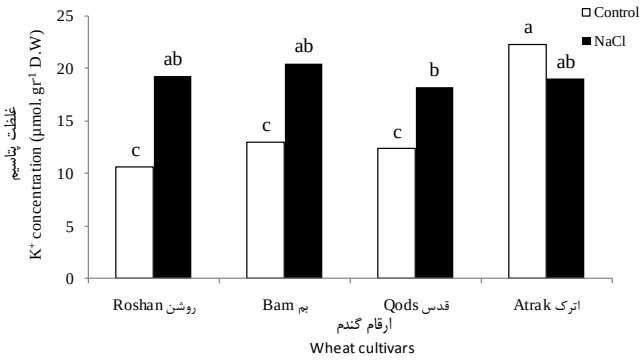
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]



شکل ۴- غلظت یون پتاسیم پهنک برگ در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 4. Leaf K^+ concentration of wheat cultivars 3 weeks after salt stress



شکل ۵- غلظت یون پتاسیم ریشه در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 5. Root K^+ concentration of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

نسبت یون پتاسیم به سدیم پهنک برگ همه ارقام گندم در تیمار شوری تفاوت معنی‌داری را نشان داد. افزایش غلظت یون سدیم و کاهش نسبت یون پتاسیم به سدیم در پاسخ به تنش شوری در منابع متعددی گزارش شده است (Shelden Rahnama *et al*., 2011b; *et al*., 2013). انتخاب پذیری یون پتاسیم به سدیم در گیاهان به عنوان یکی از شاخص‌های مهم جهت تفکیک گونه‌های گیاهی متحمل از حساس گزارش شده است (Poustini and Siosemardeh, 2004). ارقام متحمل به شوری اغلب مقادیر کمتری از یون سدیم را به اندام هوایی خود انتقال داده و یا یون سدیم کمتری در اندام هوایی خود انباشته می‌کنند، امّا میزان کاهش این نسبت در مقایسه با شاهد بدون تنش در پهنک برگ رقم حساس قدس در مقایسه با سایر ارقام بیشتر بود. بر خلاف انتظار، میزان کاهش این نسبت در رقم اترک در مقایسه با رقم قدس، به دلیل انباشت کمتر سدیم در برگ، کمتر بود. بین ارقام گندم نیز از نظر این نسبت در بافت پهنک برگ تفاوت وجود داشت. تنوع ژنتیکی در نسبت یون پتاسیم به یون سدیم ریشه و اندام هوایی در شرایط شاهد نیز مشاهده شده است و این نسبت به طور قابل ملاحظه‌ای در همه ژنوتیپ‌ها در پاسخ به تیمارهای کلرید سدیم نسبت به شاهد کاهش دارد (Shelden *et al*., 2013, Rahnama *et al*., 2011 b). این امکان وجود دارد که نسبت بالای یون پتاسیم به یون سدیم در بسیاری از گونه‌ها از اهمیت بیشتری نسبت به صرف پایین‌تر بودن غلظت یون سدیم در اندام هوایی برخوردار باشد (Tester and Davenport, 2003). گزارش شده است که در گندم، تحمل شوری در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

جدول ۲ - ضرایب همبستگی غلظت یونی در ریشه و پهنک برگ با ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ارقام گندم در تیمارهای تنش شوری

Table 2. Correlation coefficients between ion concentration in root and leaf blade and physiological traits of bread wheat in salt stress treatments (n=24)

ردیف No.	Plant characteristics and parameters	صفات و شاخص‌های گیاهی	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	RWC	محتوای آب نسبی	1								
2	Stomatal conductance	هدایت روزنه‌ای	0.57**	1							
3	Leaf area	سطح برگ	0.68**	0.61 **	1						
4	RGR	سرعت رشد نسبی	0.61 **	0.66**	- 0.52**	1					
5	Na^+ leaf	غلظت سدیم برگ	-0.70 **	-0.53 **	0.01 ns	0.6 **	1				
6	K^+ leaf	غلظت پتاسیم برگ	0.7 **	- 0.58 **	- 0.45 **	- 0.68**	- 0.72**	1			
7	Na^+ root	غلظت سدیم ریشه	-0.71**	-0.56**	- 0.52**	0.67**	0.88**	-0.78**	1		
8	K^+ root	غلظت پتاسیم ریشه	- 0.31**	- 0.74**	0.71**	- 0.59**	- 0.71**	0.68**	- 0.65**	1	
9	Root length	طول ریشه	0.80**	- 0.71**	- 0.74**	0.71**	- 0.59**	- 0.71**	0.68**	- 0.65**	1

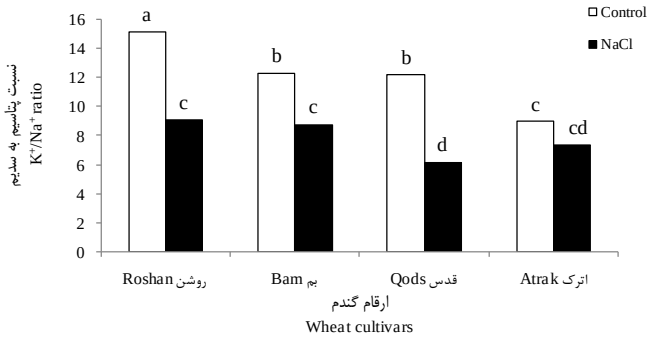
ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * ,**: Not significant and significant at 5%, 1%; probability levels, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

ارتباط با انتقال مقادیر پایینی از یون سدیم به اندام هوایی همراه با حفظ نسبت بالای یون پتاسیم به یون سدیم می‌باشد (Wei *et al.*, 2003). تفاوت نسبت پتاسیم به سدیم بین ارقام گندم مورد بررسی در این آزمایش به احتمال زیاد در نتیجه تنوع ژنتیکی در جذب یون سدیم است، زیرا جذب و انتقال یون‌های سدیم و پتاسیم در گیاه از طریق کانال‌ها یا ناقل‌های مشابه صورت می‌گیرد و از آنجایی که جذب یون‌های سدیم و پتاسیم مستقل نیستند، بنابراین نسبت یون پتاسیم به سدیم نیز به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Munns and James, 2003).



شکل ۶- نسبت یون پتاسیم به سدیم پهنک برگ در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

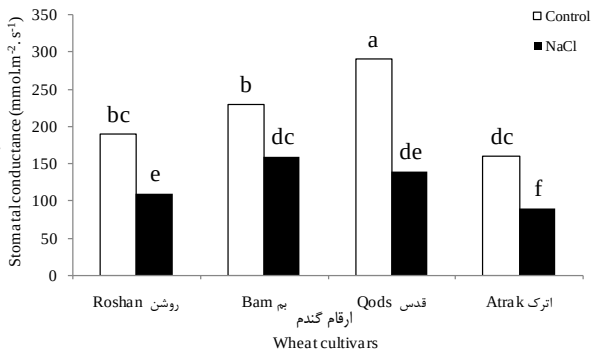
Fig. 6. Leaf K^+/Na^+ ratio of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

مقادیر هدایت روزنه‌ای پس از اعمال تنش شوری روند کاهشی داشت و کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای همه ارقام در تیمار شوری در مقایسه با شاهد مشاهده شد (شکل ۷). از اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای به عنوان یک روش غربالگری برای بررسی تحمل تنش اسمزی در گندم دوروم استفاده شده است (James *et al.*, 2008; Rahnama *et al.*, 2010). با توجه به اینکه با افزایش شوری و تداوم آن در طی دوره رشد، گیاهان علاوه بر تنش شوری ایجاد شده، در معرض خشکی ناشی از شور شدن خاک نیز قرار می‌گیرند، برای استفاده بهینه از مقدار آب محدودی که در اختیار دارند با کاهش هدایت روزنه‌ای از طریق بستن روزنه‌های خود از هدر رفتن آن جلوگیری کرده و این موضوع باعث کاهش فتوسنتز (James *et al.*, 2008) از طریق کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به فضای زیر روزنه‌ای می‌شود.

پس از اعمال شوری، بیشترین میزان کاهش هدایت روزنه‌ای به علت بسته شدن سریع روزنه‌ها در اثر تنش اسمزی ناشی از شوری در رقم حساس قدس (۵۲ درصد) و کمترین کاهش در رقم متحمل بم (۳۰ درصد) مشاهده شد. میزان کاهش هدایت روزنه‌ای در مقایسه با شاهد در رقم اترک کمتر از رقم قدس بود. به عبارت دیگر این رقم در شرایط شوری قادر به حفظ هدایت روزنه‌ای بالاتری در مقایسه با قدس بود. در سایر تحقیقات نیز ارزیابی تنوع ژنوتیپی برای تحمل تنش اسمزی با استفاده از اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای گیاهان رشد یافته در شوری بالا نسبت به شرایط غیر شور، انجام شده است (Rahnama *et al.*, 2010; James *et al.*, 2008). اگرچه تعرق غیر روزنه‌ای نیز باعث کاهش آب گیاه می‌شود، امّا شواهد نشان دهنده تنظیم اندازه شکاف روزنه به وسیله میزان انتقال یون سدیم از ریشه به اندام هوایی است (Flowers *et al.*, 2004) و همبستگی معنی‌دار بین غلظت یون سدیم ریشه و هدایت روزنه ای

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]



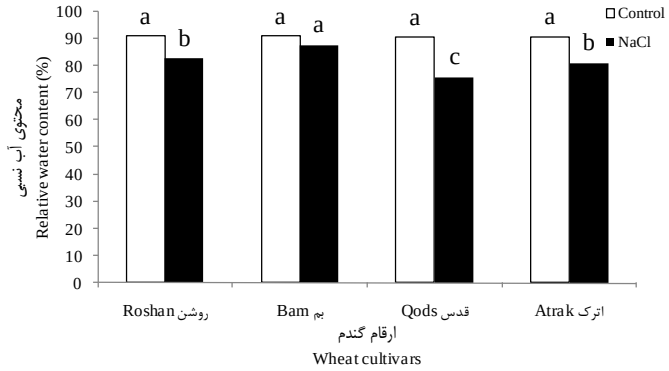
شکل ۷- هدایت روزنه‌ای در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 7. Stomatal conductance of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

(r= -۰/۵۳**) نیز نشان دهنده همین موضوع است.اگرچه همبستگی بین افزایش غلظت یون برگ و کاهش فتوسنتز یا هدایت روزنه‌ای زیاد است، امّا هنوز شواهد روشنی برای توجیه علت این ارتباط وجود ندارد. این همبستگی می‌تواند به علت تفاوت برگ‌ها یا درجه شوری ایجاد شود. ریولی و همکاران (Rivelli *et al.*, 2002) مشاهده کردند که وقتی ارقام گندم در یک آزمایش کوتاه مدت در معرض غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم قرار داده شدند، میزان هدایت روزنه‌ای در یک توده بومی در غلظت پایین سدیم در مقایسه با یک توده بومی دوروم در غلظت بالاتر سدیم، بیشتر کاهش یافت.

اثر شوری بر محتوی آب نسبی برگ همه ارقام گندم متفاوت بود و میزان آن در ارقام متحمل و حساس به ترتیب ۶/۲ و ۱۳/۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت. بیشترین میزان کاهش محتوای آب نسبی برگ در رقم حساس قدس (۱۵/۹ درصد) و کمترین کاهش در رقم متحمل بم (۳/۴ درصد) نسبت به شاهد مشاهده شد. رقم بم در مقایسه با سایر ارقام و در مقایسه با شاهد، دارای ظرفیت نگهداری آب بیشتری بود (شکل ۸).

در ارقام مختلف جو نیز در شرایط شوری شدید، بین محتوای آب اندام‌های هوایی گیاه تفاوت زیادی مشاهده شد و ارقام متحمل دارای محتوای آب نسبی بالاتری نسبت به ارقام حساس بودند (Chen *et al.*, 2005). به نظر می‌رسد که در گیاهان در معرض شوری، پدیده تنظیم اسمزی رخ داده و در نتیجه میزان مواد محلول سلول‌ها به دلیل انباشت



شکل ۸- محتوای آب نسبی پهنک برگ در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 8. Leaf relative water content of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

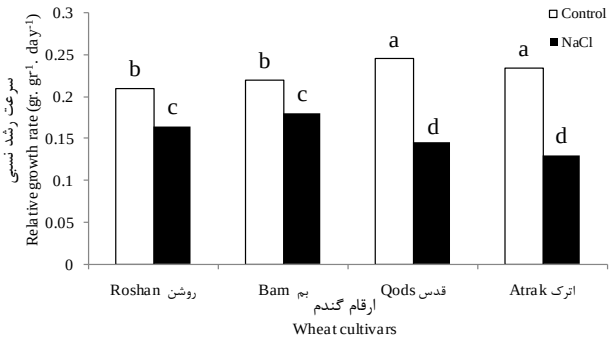
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

بالای یون‌های سدیم و کلر و همچنین مواد آلی محلول، افزایش یافته است. این افزایش مواد محلول در گیاهان متحمل تحت تنش شوری، باعث جذب بیشتر آب نسبت به برگ گیاهان حساس به شوری می‌شود، اگرچه تیمار شوری محتوای آب نسبی پایین‌تری را نشان می‌دهد (Munns *et al*., 2006). وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین محتوای آب نسبی برگ و میزان انباشت سدیم در پهنک برگ (r= −۰/۷۰**) و ریشه (r= −۰/۷۱**) نشان می‌دهد که این شاخص می‌تواند به عنوان یک معیار قابل اعتماد برای اندازه‌گیری وضعیت آبی بافت‌های گیاهی جهت ارزیابی تحمل شوری (Rivelli *et al*, 2002) مورد استفاده قرار گیرد. همبستگی بین انباشت سدیم در پهنک برگ و تحمل شوری از لحاظ محتوای آب نسبی برگ در گندم، برنج و سایر گیاهان نیز گزارش شده است (Munns *et al*., 2010 a). اگرچه در این آزمایش بین ارقام گندم در تیمار شاهد از لحاظ محتوای آب نسبی برگ تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد، با وجود این تفاوت‌های معنی‌داری در تیمار شوری وجود داشت (شکل ۸).

سرعت رشد نسبی همه ارقام گندم در تیمار شوری کاهش نشان داد و میزان کاهش در ارقام حساس نسبت به ارقام متحمل بیشتر بود. بیشترین میزان کاهش در رقم اترک (۴۴ درصد) و کمترین کاهش در رقم بم (۱۸ درصد) مشاهده شد (شکل ۹). بین ارقام گندم و سطوح شوری نیز از لحاظ سرعت رشد نسبی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (شکل ۹).

اصلی‌ترین دلیل کاهش میزان سرعت رشد نسبی در



شکل ۹- سرعت رشد نسبی در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 9. Changes in relative growth rate of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

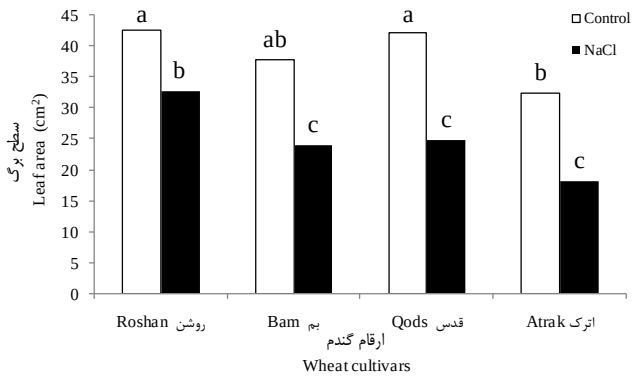
تیمار تنش شوری، کاهش توسعه اندام‌های هوایی و تأخیر در ورود گیاه به مرحله ظهور پنجه و در نتیجه کاهش ماده خشک بود که در همه ارقام گندم مشاهده شد، به طوری که در شرایط شاهد تعداد پنجه و زمان ظهور آن با گذشت زمان در همه ارقام، روند افزایشی داشت و تعداد یک تا دو پنجه در بوته مشاهده شد، ولی در فاصله زمانی ۲۱ روز پس از اعمال تنش شوری، پنجه دهی در ارقام حساس و متحمل در مرحله چهار برگی مشاهده شد. گزارشاتی نیز مبنی بر کاهش بیشتر تعداد پنجه‌ها در ژنوتیپ‌های حساس نسبت به متحمل گندم وجود دارد (Rahnama *et al*., 2010). اثر سوء شوری بر سرعت رشد نسبی در فواصل زمانی پس از آغاز تنش شوری متفاوت است، ولی به طور کلی سرعت رشد نسبی در شرایط تنش کاهش می‌یابد (James *et al*., 2008). انباشت یون سدیم در برگ‌ها نیز می‌تواند باعث کاهش سرعت رشد نسبی گیاه شود (Munns *et al*., 2006; Husain *et al*., 2004)، زیرا یکی از مهم‌ترین اثرات شوری، کاهش تولید

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

پنجه است که در ژنوتیپ‌های حاوی غلظت سدیم بالا در برگ اتفاق می‌افتد (Husain *et al*., 2004).

با افزایش رشد گیاه و ظهور پنجه‌ها، سطح برگ همه ارقام گندم در تیمار شوری در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش داشت (شکل ۱۰). کمترین مقدار کاهش سطح برگ در مقایسه با شاهد به رقم روشن (۲۳/۵ درصد) و بیشترین مقدار آن به رقم اترک (۴۳ درصد) تعلق داشت، بنابراین با توجه به کمتر بودن سطح برگ در ارقام حساس می‌توان به ظرفیت فتوسنتزی محدودتر این ارقام به عنوان ارقام حساس به شوری پی برد (El-Hendawy *et al*., 2005). تفاوت معنی‌دار سطح برگ ارقام حساس و متحمل در مقایسه با شاهد (شکل ۱۰) نشان می‌دهد که رشد برگ یکی از شاخص‌هایی است که حساسیت زیادی نسبت به شوری نشان می‌دهد و به نظر می‌رسد که تنش اسمزی ناشی از شوری در محیط اطراف ریشه، علت اصلی کاهش سریع توسعه سطح برگ بوده (Rahnama *et al*., 2010) و مهم‌ترین عامل کاهش رشد در مدت زمان‌های طولانی‌تر نیز می‌باشد (Rahnama *et al*., 2011b; James *et al*., 2008).



شکل ۱۰- مساحت برگ‌ها در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 10. Leaf area of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

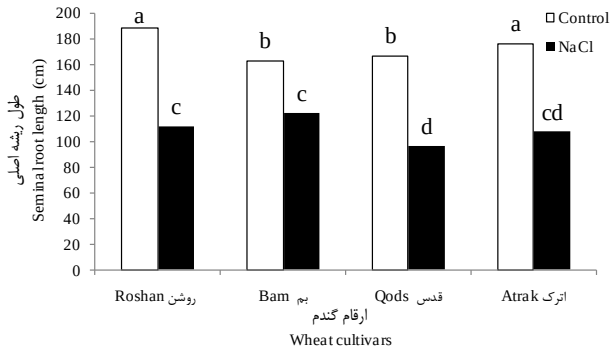
تنش اسمزی ناشی از نمک در محیط پیرامون ریشه از طریق بازداری تشکیل برگ‌های جدید و پریموردیاهای پنجه، باعث کاهش تشکیل اندام‌های جدید می‌شود (Husain *et al*., 2004). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که در برخی موارد که بخشی از ریشه در معرض کمبود آب قرار می‌گیرد، توسعه سطح برگ‌ها بدون هیچ تغییری در وضعیت آب برگ، کاهش پیدا می‌کند، بنابراین انعطاف پذیری سطح برگ معیار مهمی است که گیاهان تحت تنش از طریق آن، کنترل خود را بر مصرف آب حفظ می‌کنند و شوری خاک همانند خشکی، پتانسیل آب خاک و توانایی گیاه برای جذب آب را کاهش می‌دهد و این موضوع به سرعت میزان توسعه سلول را در بافت‌های در حال رشد کاهش می‌دهد. به طور کلی گسترش اندازه سلول‌ها رابطه نزدیکی با فشار آماس سلول‌ها دارد. تنش اسمزی ناشی از شوری، آستانه فشار آماس لازم برای رشد سلول‌های برگ را افزایش داده و در نهایت منجر به کاهش سطح برگ می‌شود. کاهش سطح برگ به واسطه شوری نیز باعث کاهش میزان فتوسنتز گیاه می‌شود (Munns and Tester, 2008)، بنابراین تنش آبی سرعت رشد برگ‌های جوان را کاهش می‌دهد.

طول ریشه همه ارقام گندم در تیمار شوری کاهش یافت و میزان کاهش در رقم حساس قدس نسبت به

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

ارقام متحمل بیشتر بود (شکل ۱۱). بیشترین مقدار کاهش طول ریشه در مقایسه با شاهد به رقم قدس (۴۲ درصد) و کمترین مقدار آن به رقم بم (۲۵ درصد) تعلق داشت. میزان کاهش طول ریشه در تیمار شوری در مقایسه با شاهد در رقم اترک نسبت به قدس کمتر بود. در بین ویژگی‌های رشدی ریشه، طول ریشه به عنوان شاخصی از توانایی گیاهان جهت جذب آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک و نفوذپذیری بهتر ریشه‌ها در خاک محسوب می‌شود (Bengough, 2012; Watt *et al.*, 2008). تنش شوری رشد طولی ریشه‌های اصلی و رشد ریشه‌های فرعی را در بسیاری از گونه‌های گیاهی تحت تأثیر قرار می‌دهد که این موضوع ممکن است به دلیل کاهش دسترسی ریشه به مواد فتوسنتزی اندام هوایی و تنش اسمزی و سمیّت یونی ناشی از شوری در اطراف ریشه باشد (Saqib *et al.*, 2004).



شکل ۱۱- طول ریشه اصلی در ارقام گندم سه هفته پس از اعمال تنش شوری

Fig. 11. Seminal root length of wheat cultivars 3 weeks after salt stress

بیشترین میزان کاهش طول ریشه در روزهای اولیه پس از اعمال تنش شوری در اثر تنش اسمزی (Shelden *et al.*, 2013; Rahnama *et al.*, 2011 a) رخ می‌دهد، زیرا وقتی ریشه‌ها با کمبود آب در خاک مواجه می‌شوند، میزان رشد و تمایز سلول‌های ریشه تغییر می‌کند و در نتیجه معماری سیستم ریشه از نظر میزان انشعاب‌زایی یا میزان طویل شدن انشعابات ریشه تغییر می‌یابد (Rahnama *et al.*, 2011a). همبستگی معنی‌دار بین طول ریشه و غلظت سدیم در پهنک برگ (r= −۰/۵۹**) و ریشه (r= −۰/۶۸**) نشان می‌دهد که تغییر در میزان رشد و مورفولوژی ریشه در اثر کلرید سدیم می‌تواند توان لازم برای جذب یون‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Rubinigg *et al.*, 2004). همبستگی معنی‌دار بین طول ریشه با سطح برگ (r=−۰/۷۴**) نیز نشان می‌دهد که توسعه آهسته‌تر سطح برگ‌ها، جریان مواد فتوسنتزی را به بافت‌های مریستمی و در حال رشد گیاه یعنی برگ‌ها و ریشه‌ها کاهش می‌دهد، امّا بین سطح برگ ارقام با طول ریشه آنها تفاوت وجود دارد (Rebetzke *et al*, 2008). در این پژوهش نیز ارقام حساس قدس و اترک سطح برگ و طول ریشه کمتری نسبت به ارقام متحمل روشن و بم داشتند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). مشخص شده است که کاهش رشد برگ در خاک‌های شور و خشک، توسط یک پیام شیمیایی که از ریشه منشأ گرفته و از طریق آوندهای چوبی به بخش هوایی انتقال پیدا می‌کند، القا شده و باعث کاهش رشد برگ می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که در مقیاس زمانی کوتاه (روز)، پیام‌های هورمونی ارسالی از ریشه به اندام هوایی، رشد گیاه را در خاک‌های شور کنترل می‌کنند (Rogers *et al*, 2005). به هر صورت آگاهی از وضعیت طول ریشه و توزیع آن در پروفیل خاک و همچنین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

اندازه و شکل سیستم ریشه از اهمیت ویژه‌ای در تحمل گیاه نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری، برخوردار است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در مراحل ابتدایی رشد ارقام گندم روشن و بم با غلظت کمتر سدیم در برگ‌ها و طول ریشهٔ بیشتر، دارای صفات مرتبط با تحمّل به شوری بهتری بودند و رقم اترک در مقایسه با رقم قدس، پاسخ مناسب تری به شوری داشت. همچنین بین انباشت یون سدیم در برگ و ریشهٔ ارقام گندم مورد ارزیابی و سایر ویژگی‌های فیزیولوژیک مانند رشد اندام‌های هوایی و توسعهٔ سیستم ریشه همبستگی وجود داشت، بنابراین با توجه به لزوم انتخاب ارقام مناسب برای خاک‌های مناطق شور با محدودیت آبی، به نظر می‌رسد که جهت دستیابی به این هدف علاوه بر ویژگی‌های توزیع و انباشت یون، نیاز به انتخاب گیاهان زراعی بر اساس مجموعه‌ای از صفات مطلوب ریشه و اندام هوایی است. جهت اطمینان از نتایج این پژوهش، لازم است میزان تحمل به شوری ارقام گندم در سایر مراحل رشدی گیاه نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

References

Bengough, A. G. 2012. Root elongation is restricted by axial but not by radial pressures: so what happens in field soil?. Plant Soil. 360: 15-18.

Chen, Z., I. Newman, M. Zhou, J. N. Mendham, G. Zhang and S. Shabala. 2005. Screening plants for salt tolerance by measuring K^+ flux: a case study for barley. Plant Cell Environ. 28: 1230-1246.

Chen, Z., M. Zhou, A. I. Newman, J. N. Mendham, G. Zhang and S. Shabala. 2007. Potassium and sodium relations in salinised barley tissues as a basis of differential salt tolerance. Funct. Plant Biol. 34: 150-162.

Davenport, R., R. A. James, A. Zakrisson-Plogander, M. Tester and R. Munns. 2005. Control of sodium transport in durum wheat. Plant Physiol. 137 (3): 807-818.

El-Hendawy, S. E., Y. Hu and U. Schmidhalter. 2005. Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. Aust. J. Agric Res. 56: 123-134.

Fakhri, S., A. Rahnama and M. Meskarbashi. 2016. Relation between root growth traits and physiological indices of two bread wheat cultivars under salt stress. Iranian J. Field Crop Sci. 47 (1): 109-117. (In Persian with English abstract).

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. Biol. Plant. 36: 75- 81.

Hasegawa, P. M. 2013. Sodium (Na^+) homeostasis and salt tolerance of plants. Environ. Exp. Bot. 92: 19-31.

Husain, S., S. Von Caemmerer and R. Munns. 2004. Control of salt transport from roots to shoots of wheat in saline soil. Func. Plant Biol. 31: 1115-1126.

Flowers, J. T. 2004. Improving crop salt tolerance. J. Exp. Bot. 55: 307-319.

James, R. A., R. Munns, Von S. Caemmerer, C. Trejo, C. Miller and T. A. G. Condon. 2006. Photosynthetic capacity is related to the cellular and subcellular partitioning of Na^+, K^+ and Cl^- in salt-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

affected barley and durum wheat. Plant Cell Environ. 29: 2185-2197.

James, R. A., S. V. Caemmerer, A. G. Condon, A. B. Zwart and R. Munns. 2008. Genetic variation in tolerance to the osmotic stress component of salinity stress in durum wheat. Func. Plant Biol. 35: 111-123.

Marcin´ska, I., I. Czyczyło-Mysza, E. Skrzypek, M. Filek, S. Grzesiak, M. T. Grzesiak, F. Janowiak, T. Hura, M. Dziurka, K. Dziurka, A. Nowakowska and S. A. Quarrie. 2013. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. Acta Physiol. Plant. 35: 451-461.

Munns, R. and R. A. James. 2003. Screening methods for salt tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant Soil. 253: 201-218.

Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytol. 167: 645-663.

Munns, R., R. A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57: 1025-1043.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59: 651-81.

Munns, R., R. A. James, X. R. R. Sirault, R. T. Furbank and H. G. Jones. 2010a. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. J. Exp. Bot. 61: 3499-3507.

Munns, R. 2010b. Plant water content. *In:* PrometheusWiki,Ver.1, http://www.publish.csiro.au/prometheuswiki, accessed: 17.05.10.

Osakabe, Y., N. Arinaga, T. Umezawa, S. Katsura, K. Nagamachi, H. Tanaka, H. Ohiraki, K. Yamada, S. U. Seo, M. Abo, E. Yoshimura, K. Shinozaki and K. Yamaguchi-Shinozaki. 2013. Osmotic stress responses and plant growth controlled by potassium transporters in Arabidopsis. Plant Cell. 25 (2): 609-624.

Passioura, B. J. and R. Munns. 2000. Rapid environmental changes that affect leaf water status induce transient surges or pauses in leaf expansion rate. Aust. J. Plant Physiol. 27: 941-948.

Poustini, K. and A. Siosemardeh. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Res. 85: 125–133.

Rahnama, A., R. A. James, K. Poustini and R. Munns. 2010. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. Func. Plant Biol. 37: 255–269.

Rahnama, A., R. Munns, K. Poustini and M. Watt. 2011a. A screening method to identify genetic variation in root growth response to a salinity gradient. J. Exp. Bot. 62: 69-77.

Rahnama, A., K. Poustini, R. Tavakkol-Afshari, A. Ahmadi and H. Alizadeh. 2011b. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. J. Agron. Crop Sci. 197: 21-30.

Rajendran, K., M. Tester and S. J. Roy. 2009. Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. Plant Cell Environ. 32, 237-249.

Rengasamy, P. 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. Func. Plant Biol. 37: 613-620.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

Rebetzke, G. J., C. López-Castañeda, T. L. Botwright Acuña, A. G. Condon and R. A. Richards. 2008. Inheritance of coleoptile tiller appearance and size in wheat. Aust. J. Agric Res. 59: 863-873.

Rivelli, A. R., R. A. James, R. Munns and A. G. Condon. 2002. Effect of salinity on water relations and growth of wheat genotypes whit contrasting sodium uptake. Func. Plant Biol. 29: 1065-1074.

Rogers, M. E., A. D. Craig, R. E. Munns, T. D. Colmer and P. G. H. Nichols. 2005. The potential for developing fodder plants for the salt-affected areas of southern and eastern Australia: an overview. Aust. J. Exp. Agric. 45: 301-329.

Rubinigg, M., F. Posthumus, M. Ferschke, J. T. M. Elzenga and I. Stulen. 2004. Effects of NaCl salinity on ^{15}N-nitrate fluxes and specific root length in the halophyte PLANTAGO MARITIMA L. Plant Soil. 250: 201-213.

Saqib, M., J. Akhtar and R. H. Qureshi. 2004. Pot study on wheat growth in saline and waterlogged compacted soil II. Root growth and leaf ionic relations. Soil Till. Res. 77: 65-71.

Shelden, M. C., U. Roessner, R. E. Sharp, M. Tester and A. Bacic. 2013. Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. Func. Plant Biol. 40(5): 516–530.

Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann. Bot. 91: 503-527.

Watt, M., L. J. Magee and M. E. McCully. 2008. Types, structure and potential for axial water flow in the deepest roots of field-grown cereals. New Phytol. 178: 135-146.

Wei, W., P. E. Bilsborrow, P. Hooley, D. A. Fincham, E. Lombi and B. P. Forster. 2003. Salinity induced differences in growth, ion distribution and partitioning in barley between the cultivar Maythorpe and its derived mutant Golden Promise. Plant Soil. 250: 183–191.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]

Effect of of salinity stress on growth and distributions of tissue-specific ion in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars

Fakhri Sh.[1], A. Rahnama[2] and M. Meskarbashi [3]

ABSTRACT

Fakhri Sh., A. Rahnama and M. Meskarbashi 2017. Effect of of salinity stress on growth and distributions of tissue-specific ion in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences. 18(4): 302-318. (In Persian).**

Salinity is one of the major abiotic stresses that affects physiological functions of plants and significantly reduces crop growth and yield. In this greenhouse experiment, effect of salt stress (Control and 150 mM NaCl) on some physiological traits and ions distribution in roots and leaf 3 blade of four wheat cultivars; Roshan, Bam, Qods and Atrak, and its association with salt tolerance in seedling stage, was studied in a factorial experiment using completely randomized design with three replications during 2014-2015 in College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. Results showed that sodium concentration in the roots remains higher than that of the leaf 3 blade. Salt stress significantly decreased stomatal conductance (42%), relative water content (10%), relative growth rate (24%), leaf area (33%), and root length (37%) when compared with the control. Salt-tolerant cultivars, Roshan, Bam and Atrak showed higher stomatal conductance, relative water content, relative growth rate, leaf area and root length in salt treatments when compared to *cv.* Qods which is salt sensitive. A significant correlation was found between physiological traits and ion distribution in root and leaf blade. Salt-tolerant cultivars sequestered higher sodium concentration in root and higher potassium in leaves. It implies that this ion distribution in root and leaves contributed to the salt tolerance in tolerant cultivars. This preferential sodium accumulation and maintenance in roots relative to shoots can be interpreted as a mechanism of salt tolerance which facilitates osmotic water uptake into the roots and restricts the transportation of sodium to shoots.

Key words: Ion accumulation, Relative water content, Salt tolerance, Stomatal conductance and Wheat

Received: Novemebr, 2016 **Accepted: February, 2017**

1. Former M.Sc. Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Assocrate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author) (Email: a.rahnama@scu.ac.ir)
3. Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.4.3.8]