اثر تنش شوری بر سرعت رشد گیاهچه و تجمع یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.)

علی‌اکبر مقصودی مود[۱] و محبوبه هروی[۲*]

(دریافت مقاله:۱۳۹۱/۹/۶ ؛پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۴/۸)

چکیده

تأثیر تنش شوری بر سرعت رشد گیاهچه و تجمع یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم طی دو هفته در هفده رقم گندم نان در آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۸۶ در دو سطح شوری صفر و ۸ دسی‌زیمنس بر متر با ۴ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تحت شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های برگ از بوته‌های رشد یافته تحت شرایط مشابه اخذ و محتوی آب نسبی، مقادیر کلسیم، پتاسیم و سدیم در آنها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد ارقام شیراز و گاسکوژن به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت رشد ریشه را در شرایط نرمال و ارقام آذر و کویر به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را در شرایط تنش نشان دادند. ارقام شیراز و آذر بیشترین و ارقام کویر و هیرمند کمترین سرعت رشد برگ را در شرایط نرمال داشتند درحالی‌که در شرایط تنش مهدوی بیشترین و سایسون کمترین سرعت رشد را داشتند. هم‌چنین نتایج نشان داد که شوری موجب ۳۴٪ افزایش در سدیم، ۲۵٪ کلسیم و ۴۸٪ نسبت سدیم به پتاسیم و هم‌چنین کاهش ۲۹/۳٪ در محتوای آب نسبی گردید. همبستگی معنی‌داری بین سرعت رشد ریشه و تجمع یون‌ها دیده نشد اما ارقامی که در شرایط نرمال سرعت رشد بالاتری داشتند تحت تنش نیز سرعت بیشتری داشتند و درصورتی‌که بتوانند سرعت بالای رشد خود در شرایط تنش را در شرایط مزرعه نیز حفظ کنند، می‌توان انتظار داشت که بتوانند از اثرات زیان‌آور شوری در لایه فوقانی خاک اجتناب نموده و با تولید گیاهچه‌های قوی‌تر عملکرد بیشتری داشته باشند. این موضوع نیازمند بررسی بیشتر در آینده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خاک‌های شور، تنش شوری، غلات

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mahboobeh_heravi@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

مقدمه

کمتر از ۳ درصد منابع آبی موجود در دنیا برای تولید محصولات کشاورزی مناسب هستند (۹). از طرف دیگر بخش زیادی از آب‌هایی که درمناطق خشک و نیمه خشک در کشاورزی استفاده می‌شوند شور و خاک‌های این مناطق نیز توسط این آب‌ها شور شده‌اند. هنگامی‌که مقدار نمک محلول در آب خاک به‌قدری افزایش یابد که در جذب آب توسط گیاه و رشد آن اختلال ایجاد کند، آن خاک از لحاظ زراعی شور به‌حساب می‌آید. گسترش شوری در خاک‌ها به‌لحاظ تاریخی منشأ اضمحلال برخی از تمدن‌های بشری بوده است(۳۳).

به‌طورکلی شوری باعث کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک و در نتیجه کاهش جذب آب، بروز مسمومیت در گیاه در اثر جذب بیش از حد یون‌های سدیم و کلر (۱۳، ۱۵، ۲۲،) و اختلال در جذب عناصر غذایی (۴) مورد نیاز گیاه مثل K^+ و Ca^{+2} می‌گردد. علاوه بر این‌ها در محیط شور گیاهان دچار تنش اکسیداتیو نیز می‌گردند (۶). مکانیزم‌های شناخته شده تحمل به شوری در گیاهان شامل ممانعت از انتقال یون‌های جذب شده توسط ریشه‌ها به اندام‌های هوایی، دفع یون‌های جذب شده و یا متجمع نمودن آنها در اندامک‌های داخل سلولی نظیر واکوئل‌ها و تنظیم اسمزی می‌باشد (۲۰). استخراج نمک توسط غده‌های ترشحی و کرک‌ها نیز در بعضی از گیاهان انجام می‌شود. مقدار یون‌های Na^+ و K^+ و نسبت بین آنها می‌تواند به‌عنوان شاخص تحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد. به‌طوری‌که ارقام متحمل به شوری میزان K^+ بالاتری در مقایسه با Na^+ در سلول‌های خود دارند(۴). گزارش شده است که رشد ریشه‌ها تحت شرایط شور بستگی به حفظ نسبت بین K^+/ Na^+ و جذب انتخابی یون‌ها در ناحیه توسعه ریشه‌ها قرار گرفته و به‌نظر می‌رسد که تجمع Na^+ در ناحیه رشد برگ‌ها نمی‌تواند باعث ایجاد مسمومیت یونی و ممانعت از رشد برگ شود (۳). هم‌چنین تنظیم اسمزی که نتیجه تجمع انواع مواد محلول در سیتوپلاسم نظیر بتائین، پرولین (۲۰) و انواع قندها است که بدون این‌که تأثیری بر فرآیندهای متابولیکی در غلظت‌های بالا داشته باشند، پتانسیل اسمزی و تمایل به جذب آب در سلول را بالا نگه می‌دارند (۱۵)، به‌عنوان یک مکانیزم مقاومت در برابر شرایط شور مطرح شده‌است.

مدیریت آبیاری مزارع با لحاظ کردن مقدار آب لازم برای شستشوی نمک و جلوگیری از تجمع آن در خاک کشت گیاهان مقاوم به شوری یا حتی گیاهانی که می‌توانند در کاهش میزان نمک موجود در خاک مؤثر باشند و گیاهانی که برای رشد خود به مقادیر بالاتری از نمک نیاز دارند به‌عنوان راهکارهایی برای مبارزه با شوری مطرح شده‌اند (۷). با این وجود اکثر گیاهان زراعی نسبت به شوری فاقد مقاومت کافی بوده و در اثر شوری دچار کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد خود می‌شوند.

در مناطق خشک و نیمه خشک اثرات شوری مخصوصاً در چند سانتی‌متری فوقانی سطح خاک به‌دلیل زیاد بودن پتانسیل تبخیر آب در طول فصل گرم و به‌جای ماندن نمک بیشتر است. در چنین شرایطی بذور کشت شده غلات در فصل پاییز در محلی واقع می‌شوند که دارای غلظت بیشتری از املاح در پروفیل خاک است و بسیاری از گزارشات نشان داده‌اند که این موضوع جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار بوته‌ها را به خطر می‌اندازد (۲۳ و ۲۴). بنابراین انتظار می‌رود که ارقامی که توانایی تولید ریشه‌های طویل‌تر و سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر داشته باشند، در مقایسه با ارقام فاقد این قابلیت توانایی تولید بیشتری داشته باشند. در چنین شرایطی سرعت رشد گیاهچه‌ها اعم از سرعت رشد زیاد ریشه‌ها و اندام هوایی گیاهچه می‌توانند باعث خروج سریع‌تر آنها از ناحیه شورتر و کاهش میزان صدمه ناشی از تنش گردد. هدف از این مطالعه مقایسه هفده رقم گندم از لحاظ سرعت رشد ریشه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اسفندماه سال ۱۳۸۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در دو سطح شوری با هدایت الکتریکی ۰ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر که در کرت‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

اصلی و ۱۷ رقم گندم زراعی شامل ارقام چمران، مهدوی، خزر، زرین، الموت، سایسون، هیرمند، اترک، قدس، فلات، آذر، طوس، شیراز، گاسکوژن، کویر، رسول و مرودشت در کرت‌های فرعی انجام شد. به‌منظور آماده‌سازی محیط آب‌کشت از لوله‌های PVC به قطر ۱۶۰ میلی‌متر استفاده شد. قطعاتی از این لوله‌ها به طول ۲ متر را به‌صورت طولی از وسط برش داده، ابتدا و انتهای نیم لوله‌های حاصل را با صفحات پلی‌اتیلن مسدود نموده و در وسط هر یک از آنها نیز یک قطعه نیم دایره‌ای شکل از صفحه پلی‌اتیلن نصب و لوله‌ها به دو محفظه یک متری تقسیم شدند. سطوح خارجی لوله‌ها با ورقه‌های آلومینیومی پوشانده شد تا از جذب نور خورشید و افزایش دمای لوله و تبخیر آب جلوگیری شود. به‌منظور ایجاد تهویه مناسب در محیط آب‌کشت از پمپ‌های مخصوص تزریق هوا استفاده شد. به‌هر نیم لوله(به‌عنوان یک تکرار در آزمایش) یک پمپ هوا متصل و توسط شلنگ‌ها مربوط در سرتاسر لوله‌ها عمل هوادهی انجام شد. به هر یک از نیم‌لوله‌ها در هر کرت اصلی شش لیتر محلول و در تیمار نرمال ۶ لیتر آب مقطر اضافه شد. 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 ۸ دسی‌زیمنس بر متر رسید. مقدار هدایت الکتریکی محلول‌ها روزانه کنترل و با اضافه کردن آب مقطر در حد تعیین شده، ثابت نگه داشته شد.

در هر دو تیمار نرمال و شوری مقدار کافی از عناصر غذایی لازم برای رشد طبق روش هوگلند محاسبه و اضافه شد(۱۷). هدف از کشت هیدروپونیک این بود که اندازه‌گیری میزان رشد ریشه‌ها در طول دوره رشد بدون تخریب آنها امکان‌پذیر گردد. قبل از کشت هر یک از بذور جداگانه و با دقت $10^{5} \times 1$ گرم توزین و سپس با استفاده از قارچ‌کش ویتاواکس ضدعفونی شدند. بذور در محیط حاوی آب مقطر جوانه زده و به محیط اصلی آزمایش منتقل شدند. برای نگهداری بوته‌ها روی سطح محلول از صفحات استایروفوم استفاه شد. ریشه‌های بذری در هر بذر جوانه زده از یک سوراخ کوچک مخروطی روی صفحه استایروفوم به سمت پایین عبور داده شد به‌طوری‌که با قرار گرفتن بذر در سوراخ، گیاهچه روی صفحه مستقر گردید. بعد از اعمال تنش در روزهای پنجم، هشتم، یازدهم و چهاردهم بوته‌ها به دقت از محلول خارج و به سرعت طول ریشه‌ها و برگ حقیقی با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوی آب نسبی ۵ قطعه از برگ در هر تیمار جدا و توزین و تحت عنوان وزن مرطوب (FW) 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 (DW) ثبت گردید. با استفاده از فرمول زیر مقدار RWC برای هر تیمار محاسبه شد(۳۰).

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

به‌منظور محاسبه سرعت رشد ریشه و برگ اول رابطه خطی از مبدأ بین طول صفت موردنظر و زمان با استفاده از روش رگرسیون دوره‌ای محاسبه و ترسیم شد. در روابط به‌دست آمده ضریب X به‌عنوان شیب خط یا سرعت رشد صفت مربوط در هر واریته در شرایط نرمال و شوری محاسبه گردید. مقادیر به‌دست آمده برای وایته‌ها سپس با استفاده از آزمون t- استیودنت (۳۱) به‌صورت جفت شده مورد مقایسه قرار گرفتند. مقادیر همبستگی‌های ساده خطی بین سرعت رشد ریشه‌ها و برگ‌ها نیز محاسبه و معنی‌دار بودن آنها مورد آزمون قرار گرفت.

در بخش دوم آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی باسطوح شوری در کرت‌های اصلی و فقط ۱۰ رقم از ارقام قبلی در کرت‌های فرعی و با ۴ تکرار انجام شد. بذور با قارچ کش ویتاواکس ضدعفونی و هر رقم در یک ظرف جداگانه بر روی کاغذ صافی قرار داده شد. به هر ظرف مقدار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

جدول ۱. مقادیر میانگین مربعات در تجزیه واریانس داده‌های مربوط به طول ریشه و برگ ارقام مختلف گندم در روزهای پنجم تا پانزدهم بعد از اعمال تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی		روز پنجم	روز هشتم	روز یازدهم	روز پانزدهم
شوری	۱	ریشه	۰/۵۸^{ns}	۱۱۲/۱۵^{ns}	۷۲۹/۹۷**	۱۳۰۶/۰۳**
		برگ	---	۱۰/۵۵^{ns}	۹۸**	۱۹۸/۲۵**
خطا	۳	ریشه	۱/۳۸	۵/۹۴	۲/۸۳	۱۴/۱۲
		برگ	---	۱/۳۶	۲/۱۹	۴/۲۹
رقم	۱۶	ریشه	۷/۶۸**	۱۷/۲^{ns}	۲۴/۸۸**	۲۷/۲**
		برگ	---	۴/۹۷^{ns}	۱۳/۴۷**	۱۳/۴۲**
رقم × شوری	۱۶	ریشه	۰/۹۷^{ns}	۲/۴۷^{ns}	۴/۴۵^{ns}	۶/۶۶^{ns}
		برگ	---	۱/۴۵^{ns}	۱/۵۱^{ns}	۲/۵۸^{ns}
خطا	۹۶	ریشه	۱/۱۷	۲/۴۱	۴/۱۹	۴/۴۶
		برگ	---	۱/۰۷	۲/۹۵	۳/۵۶

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن هستند.

جدول ۲. مقادیر میانگین مربعات در تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات فیزیولوژیکی ارقام مختلف گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای آب نسبی	سدیم	پتاسیم	کلسیم	Na/K	Na/Ca
شوری	۱	۹۵۵۷/۷**	۱/۳۳**	۴/۸۴**	۰/۳۵۴**	۰/۴۲۵*	۰/۳۴۵^{ns}
خطا	۲	۹/۶۶	۰/۰۰۵	۰/۴۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۷۶
رقم	۹	۲۴۹/۳۹**	۰/۰۲۸*	۱/۰۱**	۰/۰۳۷**	۰/۰۱۴**	۰/۳۱۶**
رقم × شوری	۹	۱۸۰/۶۴**	۰/۰۲۴*	۰/۰۶۴^{ns}	۰/۰۵**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۴۱۴**
خطا	۳۶	۳۱/۵۸	۰/۰۱	۰/۰۹۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۴

* و **: به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن هستند.

۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. پس از جوانه‌زنی گیاهچه‌های حاصل به محیط اصلی منتقل شدند. ۸۰ گلدان به ارتفاع ۳۰ و قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر برای انجام این آزمایش انتخاب و به همه ۲ کیلوگرم ماسه شسته با هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۲ دسی‌زیمنس بر متر اضافه شد. از هر رقم ۴ گلدان به‌عنوان تکرار برای تیمار نرمال و ۴ گلدان به‌عنوان تکرار برای تیمار شوری منظور و در هر گلدان ۴ بذرکشت شد. به هر گلدان ۴۴۰ میلی‌لیتر محلول در طول ۴ روز اضافه و بعد از اعمال تنش هر دو روز یک‌بار گلدان‌ها با ترازوی با دقت ۰/۵ گرم توزین و با اضافه نمودن آب مقطر طوری آبیاری شدند که رطوبت خاک آنها در حد ظرفیت مزرعه حفظ شود. برای اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم و کلسیم به روش سوزاندن خشک وترکیب با HCl نمونه‌های برگی از بوته‌های رشد یافته اخذ شده و ابتدا با آب مقطر شسته و سپس به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نیم گرم از نمونه پودر شده در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴ ساعت سوخته و به خاکستر نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک اضافه شد تا نمونه‌ها هضم شوند. محلول حاصل سپس در بن‌ماری قرار داده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

جدول ۳. مقایسه مقادیر میانگین طول ریشه و برگ گیاهچه‌های ارقام مختلف گندم در روزهای پنجم تا پانزدهم بعد از اعمال تنش

رقم	طول ریشه (سانتی‌متر) در روزهای			طول برگ (سانتی‌متر) در روزهای		
	پنجم	هشتم	یازدهم	پانزدهم	هشتم	یازدهم	پانزدهم
چمران	۴/۱۱^{b}	۸^{ab}	۱۱/۰۶^{abc}	۱۳/۲۲^{abcd}	۳/۸۵^{abc}	۹/۲۴^{ab}	۱۱/۷۱^{a}
مهدوی	۶/۰۲^{a}	۹/۰۳^{a}	۱۱/۹^{ab}	۱۴/۲۷^{abc}	۳/۸۴^{abc}	۹/۱۱^{ab}	۱۲/۰۴^{a}
خزر۱	۵/۸۲^{a}	۹/۲۱^{a}	۱۲/۸^{a}	۱۵/۳۲^{a}	۴/۵۶^{a}	۱۰/۳۶^{a}	۱۱/۶۹^{a}
زرین	۴/۲۳^{b}	۶/۵^{bcd}	۹/۳C^{def}	۱۲/۱^{cdef}	۲/۸۵^{cdef}	۷/۹۳^{bc}	۱۰/۸۶^{abc}
الموت	۴/۳۸^{b}	۶/۲۶^{bcde}	۸/۷۴^{cdefg}	۱۱/۰۱^{defghi}	۳/۴۴^{abcd}	۸/۲۴^{bc}	۱۰/۰۸^{abc}
سایسون	۳/۶۶^{bc}	۵/۲۶^{def}	۷/۴۹^{fg}	۱۰/۴۵^{efghi}	۴/۲۶^{ab}	۷/۶^{bcde}	۹/۹۵^{abcd}
هیرمند	۳/۶۱^{bc}	۶/۱۱^{cde}	۹/۱۹^{cdef}	۱۱/۸۴^{defg}	۳/۳۹^{abcde}	۷/۷۱^{bcd}	۸/۷^{cde}
اترک	۲/۸۳^{c}	۴/۶۴^{ef}	۷/۵۱^{fg}	۱۰/۹۵^{defghi}	۲/۲۴^{ef}	۵/۷۶^{ef}	۷/۹^{de}
قدس	۴/۳۲^{b}	۷/۲۵^{bc}	۱۰/۶۱^{abcd}	۱۲/۷۲^{bcde}	۴^{abc}	۸/۵۱^{abc}	۱۰/۶۹^{abc}
فلات	۳/۶^{bc}	۶/۸^{bcd}	۹/۹۱^{bcde}	۱۲/۱۹^{cdef}	۳/۵۷^{abc}	۸/۲^{bc}	۱۰/۱۲^{abc}
آذر۲	۳/۶^{bc}	۶/۲۷^{bcde}	۹/۰۱^{cdef}	۱۱/۸۵^{defg}	۲/۹۵^{cdef}	۸/۵^{abc}	۱۱/۳۱^{a}
طوس	۳/۳۵^{bc}	۵/۳۸^{def}	۷/۹۶^{efg}	۹/۶۲^{ghij}	۳/۱۸^{bcdef}	۷/۸^{bc}	۱۰/۳۴^{abc}
شیراز	۴/۱۸^{b}	۶/۲^{cde}	۱۰/۰۵^{bcde}	۱۴/۶۳^{ab}	۳/۸۳^{abc}	۸/۲۱^{bc}	۱۰/۳۲^{abc}
گاسکوژن	۲/۶۳^{c}	۴/۴۶^{ef}	۶/۶۱^{g}	۹/۱۱^{j}	۳/۳۶^{def}	۵/۸۸^{def}	۷/۷۶^{e}
کویر	۲/۸۲^{c}	۴/۰۷۵^{f}	۶/۶۳^{g}	۹/۲۳^{hij}	۲/۱^{f}	۵/۶۴^{f}	۹/۰۴^{bcde}
رسول	۳/۶۲^{bc}	۵/۷۶^{cdef}	۸/۱۲^{efg}	۱۰/۰۸^{fghi}	۴/۲۵^{ab}	۸/۸۶^{ab}	۱۱^{ab}
مرودشت	۲/۵۶^{c}	۵/۲۸^{def}	۸/۳۲^{defg}	۱۱/۵۶^{defgh}	۲/۱۶^{f}	۶/۵۸^{cdef}	۸/۹۷^{bcde}

در هر ستون تفاوت میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نیست.

شده و به نسبت یک به ۲۵ با آب مقطر رقیق شد. محلول حاصل به‌میزان مناسب رقیق‌تر و با روش اسپکتروفوتومتری جذب اتمی میزان سدیم و پتاسیم و کلسیم در آنها اندازه‌گیری شد (۱۹).

کلیه داده‌ها با استفاده از مدل آماری خطی افزایشی مربوط به آزمایشات اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. میانگین تیمارها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند. تجزیه‌های آماری با استفاده ازنرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر شوری بر رشد ریشه گیاهچه‌های گندم معنی‌دار بوده و به‌طورکلی باعث کاهش رشد ریشه گردید. در عین حال اثر رقم نیز معنی‌دار و به‌تدریج بین ارقام اختلافات معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). در روز پنجم بین ارقام تفاوت بسیار معنی‌داری از لحاظ رشد ریشه مشاهده شد به‌طوری‌که بیشترین مقدار طول ریشه در مهدوی با۶/۲ و کمترین مقدار در مرودشت با ۲/۵۶ سانتی‌متر دیده شد. (جدول ۳). در روز یازدهم تفاوت بین ارقام بیشتر شده و درحالی‌که خزر با ۱۲/۸ سانتی‌متر بیشترین طول ریشه را داشت گاسکوژن کمترین مقدار رشد ریشه را نشان داد. ۱۵ روز بعد از اعمال تنش خزر با ۱۵/۳۳ و گاسکوژن با ۹/۱۱ بیشترین و کمترین طول ریشه را داشتند (جدول ۳). به‌طورکلی تنش شوری موجب کاهش ۴۱/۶۵ درصدی رشد ریشه نسبت به نرمال گردید.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به طول برگ ۵ روز بعد از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

جدول ۴. مقادیر سرعت رشد ریشه و برگ ارقام مختلف گندم رشد یافته تحت شرایط نرمال و تنش شوری. مقادیر سرعت رشد شیب رابطه خطی بین زمان پس از کاشت و طول ریشه یا برگ در همان زمان می‌باشند.

	سرعت رشد برگ (mm/day)		سرعت رشد ریشه (mm/day)	
رقم	نرمال	تیمار	نرمال	تیمار
چمران	۱۴/۶۷	۱۱/۵۴	۱۵/۸۵	۴/۴۸
مهدوی	۱۴/۳۳	۱۳	۱۲/۷	۵/۷۳
خزر۱	۱۲/۲۵	۱۱/۵	۱۴/۲۹	۶/۹۳
زرین	۱۵/۰۸	۱۱/۳	۱۱/۶۶	۵/۹۲
الموت	۱۳/۲۷	۸/۸۸	۱۰/۱۷	۴/۷۵
سایسون	۱۱/۴۲	۷/۵۴	۹/۹۷	۵/۱
هیرمند	۹/۶۷	۸/۰۴	۱۲/۶۷	۵/۸۶
اترک	۱۱	۷/۸۸	۱۳/۱۳	۵/۰۴
قدس	۱۱/۹۶	۱۰/۳۳	۱۳/۶۲	۵/۴۳
فلات	۱۰/۷۴	۱۱/۰۸	۱۱/۹۵	۶/۰۰
آذر۲	۱۶/۳۸	۱۱/۵	۱۱/۵۷	۶/۷
طوس	۱۵/۶۷	۸/۱۹	۱۰/۲۱	۴/۱۵
شیراز	۱۱/۷۱	۹/۹۶	۱۷/۳۳	۶/۱۳
گاسکوژن	۹/۷۵	۸/۲۵	۹/۳۶	۵/۰۳
کویر	۱۵/۴۲	۷/۷۳	۱۱/۰۷	۳/۷
رسول	۱۴	۸/۵	۱۰/۵	۴
مرودشت	۱۱/۷۹	۱۰/۹۲	۱۴/۰۳	۵/۹۹

اعمال تنش نشان داد که شوری هنوز بر رشد برگ اثری نداشته اما در روزهای ۱۱ و ۱۵ این اثر آشکار شده است (جدول ۱). به‌طورکلی تنش شوری نسبت به نرمال موجب ۲۱ درصد کاهش در طول برگ شده است. از طرف دیگر بین ارقام از نظر رشد برگ اختلافات بسیار معنی‌داری مشاهده شد به‌طوری‌که در روز ۱۱ بیشترین طول برگ در رقم خزر و کمترین در رقم کویر دیده شد و در روز ۱۴ رقم مهدوی با اندکی رشد بیشتر در مقایسه با خزر بیشترین طول برگ و کویر کمترین طول برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

همان‌طورکه در جدول ۴ نشان داده شده‌است اختلافات کاملاً مشهود بین سرعت رشد ریشه ارقام وجود دارد. در شرایط نرمال رقم شیراز با ۱۷/۳۳ و رقم گاسکوژن با ۹/۳۶ میلی‌متر بر روز حداکثر و حداقل و در شرایط تنش شوری ارقام آذر با ۷ میلی‌متر و کویر با ۳/۷ میلی‌متر بر روز به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت رشد ریشه را دارا بوده‌اند. مقایسه سرعت رشد ارقام نشان می‌دهد که اختلافات بین سرعت رشد ریشه ارقام مختلف گندم در شرایط تنش شوری کمتر بوده است (جداول ۹ و ۱۰).

به‌طورکلی در شرایط نرمال آذر با ۱۶/۳۸ میلی‌متر و هیرمند با ۹/۶۷ میلی‌متر بر روز به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت رشد برگ را داشتند. در شرایط شوری ارقام مهدوی با ۱۳ میلی‌متر و سایسون با ۷/۵ میلی‌متر بر روز به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت رشد برگ را داشتند (جدول ۴). در مورد سرعت رشد برگ نیز اختلافات معنی‌داری بین ارقام دیده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

جدول ۵. مقایسه میانگین میزان پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم بعد از اعمال تنش با نمک کلرید سدیم در مختلف گندم

رقم	پتاسیم٪	سدیم٪	Na/K (درصد در یک گرم ماده خشک)
شیراز	۲/۲۴^{a}	۰/۶۰۶^{c}	۰/۲۹^{ab}
رسول	۲/۵۴^{def}	۰/۶۰۹^{bc}	۰/۲۵^{bc}
هامون	۲/۵۴^{def}	۰/۷۳۰^{abc}	۰/۲۹^{ab}
گاسکوژن	۳/۳۴^{ab}	۰/۷۴۱^{ab}	۰/۲۳^{bcd}
الموت	۲/۷۸^{cde}	۰/۶۷۷^{abc}	۰/۲۵^{bc}
طوس	۳/۳۸^{a}	۰/۶۱۲^{bc}	۰/۱۸^{d}
مهدوی	۲/۴۳^{ef}	۰/۷۹۶^{a}	۰/۳۳^{bcd}
هیرمند	۲/۹۸^{bc}	۰/۶۹۶^{abc}	۰/۲۳^{cd}
کویر	۲/۲۴^{f}	۰/۷۳۱^{abc}	۰/۲۳^{a}
اترک	۲/۸۳^{cd}	۰/۶۱۹^{bc}	۰/۲۳^{a}

در هر ستون تفاوت میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نیست.

می‌شوند (جداول ۱۱ و ۱۲). علاوه بر این تنش شوری نیز به شدت سرعت رشد برگ‌ها را کاهش داده است. در مجموع به‌طورکلی ارقام چمران و گاسکوژن به‌ترتیب با ۱۱/۴۹ و۷/۲۴ میلی‌متر بر روز بیشترین و کمترین سرعت رشد گیاهچه را در شرایط نرمال و ارقام مهدوی و کویر به‌ترتیب با ۷/۵ و ۴/۵ بیشترین و کمترین سرعت رشد گیاهچه را در شرایط تنش شوری نشان دادند (جدول ۴).

در تمامی ارقام تحت تأثیر تنش شوری محتوی آب نسبی کاهش پیدا کرده است. با این وجود روند کاهش در همه ارقام یکسان نبوده است. به‌عبارت دیگر اثرات متقابل شوری و رقم بر محتوای آب نسبی معنی‌دار بوده (جدول ۲) و مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که گاسکوژن با ۸۹/۵ ٪ در حالت نرمال بیشترین مقدار محتوی آب نسبی را داشته که در شرایط تنش به ۷۵/۶٪ کاهش یافته درحالی‌که محتوی آب نسبی شیراز در شرایط نرمال ۸۲/۲ ٪ بوده که در شرایط تنش به ۷۰/۳٪ رسیده است (جدول ۶).

اعمال تنش شوری باعث افزایش مقدار سدیم و کلسیم جذب شده در همه ارقام گردید اگرچه افزایش در مقدار جذب شده در همه ارقام روند یکنواختی نداشته است. به‌طورکلی اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر غلظت Na^{+} در اندام هوایی گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). تجمع یون سدیم در رقم کویر در تنش شوری بیشترین (۰/۹۶٪) و رقم مهدوی با ۰/۴۳٪ سدیم در حالت نرمال کمترین مقدار بود (جدول ۶). از لحاظ میزان پتاسیم برگ نیز بین ارقام مختلف اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۲). اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر میزان کلسیم برگ نیز معنی‌دار بود. ارقام مهدوی و طوس با ۰/۷ درصد بیشترین و رقم شیراز با ۰/۳ درصد کمترین میزان کلسیم برگ را دارا بودند (جدول ۶). تنش شوری موجب افزایش ۳۴ درصدی سدیم و کاهش ۱۸ درصدی پتاسیم و افزایش ۴۸ درصدی کلسیم برگ شده است.

تنش شوری و رقم بر نسبت سدیم به پتاسیم اثر معنی‌داری داشته و از این لحاظ در برگ ارقام مختلف گندم اختلافات معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲ و ۵). به‌طورکلی تنش شوری موجب افزایش ۴۸٪ نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌ها گردید. رقم شیراز با میانگین ۰/۱۹ درصد کمترین و رقم کویر با میانگین ۰/۳۴ درصدی بیشترین مقدار نسبت سدیم به پتاسیم برگ را دارا بودند (جدول ۶). اختلافات بین ارقام مختلف از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

جدول۶. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری رقم و شوری بر محتوای آب نسبی (درصد) و میزان سدیم ، کلسیم و نسبت سدیم به کلسیم برگ ارقام مختلف گندم تحت تنش شوری

رقم	شوری	محتوای آب نسبی	درصد سدیم برگ	درصد کلسیم برگ	نسبت Na/Ca
شیراز	۰	۸۲/۴۱$^{b-e}$	۰/۵۱^{gh}	۰/۲۹^{f}	۱/۷۷^{ab}
	۸	۷۰/۳۷$^{f-h}$	۰/۷۰$^{c-f}$	۰/۷۲^{a}	۰/۹۶$^{f-h}$
رسول	۰	۷۷/۱۲$^{c-f}$	۰/۴۶	۰/۵۱^{b}	۰/۹۰^{gh}
	۸	۷۲/۲۴^{J}	۰/۷۵$^{b-d}$	۰/۴۶^{bc}	۱/۶۲$^{a-d}$
هامون	۰	۸۴/۰۵$^{b-d}$	۰/۵۹	۰/۳۹$^{c-e}$	۱/۵۲$^{b-d}$
	۸	۷۳/۴۹$^{e-h}$	۰/۸۶$^{a-c}$	۰/۶۳^{a}	۱/۳۴$^{c-e}$
گاسکوژن	۰	۸۹/۵۵^{ab}	۰/۵۵$^{e-h}$	۰/۴۴$^{b-d}$	۱/۲۵$^{d-f}$
	۸	۷۵/۶۶^{i}	۰/۹۲^{ab}	۰/۴۸^{bc}	۱/۹۲^{a}
الموت	۰	۸۶/۴۱^{bc}	۰/۶۳^{dog}	۰/۳۵$^{d-f}$	۱/۸۰^{ab}
	۸	۷۹/۸۳^{j}	۰/۷۱$^{c-e}$	۰/۴۳$^{b-d}$	۱/۶۵^{ac}
طوس	۰	۸۶/۴۱^{bc}	۰/۵۰^{gh}	۰/۶۳^{a}	۰/۸۰
	۸	۷۹/۸۹^{i}	۰/۷۱$^{c-e}$	۰/۷۳^{a}	۰/۹۷$^{f-h}$
مهدوی	۰	۸۷/۱۸^{bc}	۰/۴۲	۰/۳۲^{ef}	۱/۳۳$^{c-f}$
	۸	۷۴/۷۷^{j}	۰/۹۶۲^{a}	۰/۷۲^{a}	۱/۳۳$^{c-f}$
هیرمند	۰	۹۷/۹۸^{a}	۰/۴۷	۰/۳۵$^{d-f}$	۱/۳۳$^{c-f}$
	۸	۷۶/۴۴$^{g-i}$	۰/۷۶$^{b-d}$	۰/۵۱^{b}	۱/۴۹$^{b-d}$
کویر	۰	۸۶/۴۵^{bc}	۰/۶۲$^{d-g}$	۰/۳۸$^{c-f}$	۱/۶۲$^{a-d}$
	۸	۷۴/۱۹$^{d-g}$	۰/۹۶^{a}	۰/۶۳^{a}	۱/۵۶$^{a-d}$
اترک	۰	۸۴/۳۹$^{b-d}$	۰/۵۲$^{e-h}$	۰/۶۲^{a}	۰/۸۴۷
	۸	۷۳/۵۶^{hi}	۰/۹۳^{ab}	۰/۵۰^{b}	۱/۸۴^{ab}

در هر ستون تفاوت میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نیست.

نظر نسبت سدیم به کلسیم معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش شوری موجب افزایش ۱۱/۴درصدی نسبت سدیم به کلسیم گردید. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل شوری و رقم نیز بر نسبت سدیم به کلسیم برگ معنی‌دار بوده است (جدول ۲).

بحث

در این آزمایش کاهش رشد ریشه و برگ گیاه تحت‌تأثیر شوری مشاهده گردید. مشخص شده است که تنش شوری باعث کاهش قدرت رشد و استقرار ضعیف گیاهچه می‌گردد (۲۳ و ۲۴). کاهش قابل ملاحظه مشاهده شده در میزان محتوی آب نسبی برگ ارقام تحت شرایط شور در مقایسه با نرمال نشان می‌دهد که بوته‌ها در این شرایط آب کمتری جذب کرده‌اند. کاهش محتوای آب نسبی در گندم تحت شرایط تنش شوری در آزمایش‌های دیگر نیز گزارش شده است (۲۹ و ۳۷). کاهش میزان جذب آب می‌تواند ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی محلول مجاور ریشه‌ها در اثر شوری باشد که باعث کاهش آماس و در نتیجه کاهش رشد سلول‌ها گردد. این موضوع به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

نوبه خود می‌تواند باعث کاهش سرعت توسعه ریشه‌ها و برگ‌ها گردد. در اثر کاهش آماس سلول‌ها در محیط شور هدایت روزنه‌ای را نیز کاهش می یابد که به نوبه خود باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌گردد. از طرف دیگر نشان داده شده است که کاهش رشد ریشه در شرایط شور به‌دلیل کاهش تقسیم سلولی در مریستم انتهایی ریشه می‌باشد (۲). محدود شدن رشد برگ‌ها از یک طرف و بسته شدن روزنه‌ها از طرف دیگر باعث کاهش فتوسنتز (۲۷) در شرایط تنش شوری شده و میزان تولید ماده خشک گیاه در واحد سطح کاهش می‌یابد (۸، ۱۰ و ۱۳). نشان داده شده‌است که شوری زیاد رشد گیاهچه را به‌دلیل افزایش پتانسیل اسمزی و سمیت بعضی از یون‌ها کاهش می‌دهد (۱۴). هم‌چنین گزارش شده است که در شرایط تنش شوری به‌دلیل کاهش رشد ریشه‌ها جذب عناصر غذایی و آب کمتر و در نتیجه رشد رویشی و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. کاهش رشد برگ در اثر شوری در جو نیز مشاهده شده است (۵). هم‌چنین نشان داده شده است که تنش اسمزی ناشی از شوری باعث تسریع در روند پیر شدن برگ‌های مسن نیز می‌گردد. در ساعات اولیه بروز تنش کاهش رشد ناشی از کاهش میزان جذب آب در اثر اسمز می‌باشد و معلوم شده است که در اثر ارسال پیام‌های هورمونی از جانب ریشه‌ها می‌باشد(۲۶) تمدید اعمال تنش بعد از این باعث تجمع نمک در سلول‌ها و در صورت عدم توانایی آنها در انتقال آنها به واکوئول‌ها باعث کاهش رشد می‌گردد. کاهش رشد ریشه‌ها در اثر شوری باعث کاهش ظرفیت جذب آب و مواد غذایی از خاک نیز می‌گردد (۲۶). بروز این تأثیرات در مجموع می‌توانند بیانگر کاهش رشد و در نهایت کاهش تولید گیاه باشند (۲۳).

در این آزمایش اختلاف بین ارقام نیز از لحاظ میزان رشد قابل ملاحظه بوده اما با توجه به این‌که اثر متقابل معنی‌دار نیست می‌توان نتیجه گرفت که اختلافات ارقام ارقام در سطوح مختلف شوری یکسان باقی مانده است. نشان داده شده است که در طول ۱۰ روز اول رشد هیچ‌گونه اختلافات معنی‌داری از لحاظ سرعت طویل شدن بین دو گونه گندم دوروم که حساس‌ترین و جو که متحمل‌ترین رقم به شوری بوده‌اند وجود ندارد (۲۵) که بیانگر این است که در مقیاس زمانی تنش شوری در دراز مدت تأثیرات کلی خود را نشان می‌دهد. هم‌چنین معلوم شده است که تنوع ژنتیکی در پاسخ به اثرات اسمزی ناشی از تنش شوری در بین گونه‌های نزدیک و حتی درون گونه‌ها احتمالاً بسیار کم است. مثلاً بین گونه‌های ارقام مختلف غلات مثل گندم نان، گندم دوروم، جو و تریتیکاله در اثر تنش شوری اختلافات کمی از لحاظ رشد برگ دیده شده و در همه در اثر شوری کاهش یکسانی در مقدار رشد برگ مشاهده شده است. این موضوع به تشابه بین گونه‌ها در عکس‌العمل اسمزی به شوری نسبت داده شده‌است (۲۳).

با وجود این‌که ریشه‌ها بیشتر در تماس با نمک بوده‌اند کاهش میزان رشد برگ‌ها در این آزمایش بیشتر از ریشه‌ها بوده است. اگر چه کاهش در سرعت رشد ریشه‌ها بعد از افزایش ناگهانی نمک به کاهش ناگهانی پتانسیل آب سلول‌ها نسبت داده شده است (۲۸) اما به‌نظر می‌رسد که در این آزمایش این کاهش رشد برگ‌ها به‌این دلیل است که مقدار سدیم ریشه‌ها در مقایسه با برگ‌ها کمتر است. نشان داده شده است که رشد و طویل شدن برگ‌ها در مقایسه با ریشه‌ها به‌میزان بیشتری کاهش می‌یابد (۲۴). مکانیزم تحمل به شوری در گندم عمدتاً مربوط به انتقال مقدار بسیار کم سدیم به اندام‌های هوایی می‌باشد. در عین حال انتقال یون پتاسیم بیشتر انجام می‌شود (۱۱ و ۱۲). در گندم‌های نان که در مقایسه با گندم‌های دوروم به شوری متحمل‌تر هستند یک مکان ژنی مسئول انتقال بیشتر یون پتاسیم نسبت به سدیم به بخش هوایی گیاه است درحالی‌که در گندم‌های دوروم انتقال سدیم به اندام‌های هوایی بیشتر صورت می‌گیرد (۲۵). نشان داده شده است که بین عملکرد دانه و جلوگیری از انتقال سدیم به برگ‌ها که باعث افزایش نسبت Na/K در اندام‌های هوایی می‌شود، همبستگی وجود دارد (۱). با این حال وجود این همبستگی در تمامی موارد تأیید نشده و نشان می‌دهد که ممانعت از انتقال سدیم به بخش‌های هوایی ممکن است تنها مکانیزم دخیل در تحمل به شوری در گندم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

جدول۷. مقادیر همبستگی بین سرعت رشد ریشه و برگ گیاهچه‌های ارقام گندم

	ریشه تنش	ریشه نرمال	برگ تنش
ریشه نرمال	۰/۴۳		
برگ تنش	۰/۶۲	۰/۴۷	
برگ نرمال	-۰/۲۴	-۰/۱۱	۰/۲۹

نباشد (۶). رشد و توسعه برگ‌ها در شرایط شور می‌تواند به‌عنوان شاخص دقیق‌تری برای سنجش تأثیر تنش اسمزی بر گیاه مورد استفاده قرار گیرد. بازگشت رشد ریشه‌ها به حالت عادی پس از رفع تنش شوری بهتر و سریعتر از برگ‌ها صورت می‌گیرد (۱۸).

کاهش ماده خشک و افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی که در این آزمایش نیز مشاهده گردید نشان دهنده این است که بخش هوایی بیشتر تحت تأثیر تنش شوری بوده است (نتایج نشان داده نشده‌اند). گزارش شده است که شوری باعث کاهش تولید ماده خشک در جو می شود (۱۶ و ۳۲). گزارشات زیاد دیگری نیز وجود دارند که همگی نشان می‌دهند که با افزایش غلظت نمک در محیط رشد گندم وزن ماده خشک تولیدی در ریشه و بخش هوایی کاهش می‌یابد.

مشاهده شده است که تنش شوری موجب افزایش غلظت سدیم اندام هوایی می شود. گزارش شده است که ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس به شوری میزان سدیم کمتری را جذب و منتقل نموده‌اند، دارای غلظت پتاسیم بالاتری هستند (۲۴). کاهش غلظت یون پتاسیم به‌علت بالا رفتن غلظت کلرید سدیم نیز گزارش شده است (۵). کلسیم از کاتیون‌های مورد نیاز گیاه است و معلوم شده است که در حفظ دیواره سلولی گیاه و نفوذپذیری آن نقش دارد. بعضی محققین معتقدند که افزایش غلظت سدیم در محیط ریشه موجب کاهش فعالیت و قابلیت دسترسی کلسیم در غشا سلولی ریشه شده و در نتیجه افزایش انتقال سدیم به اندام هوایی را به‌دنبال خواهد داشت (۳۷) که البته نتایج این تحقیق با نظر این بررسی مغایرت داشت.

نشان داده شده‌است که مقدار جذب شده پتاسیم در محیط حاوی مقدار زیاد آن نمی‌تواند بر کاهش جذب و مقدار سدیم جذب شده تأثیر بگذارد و جایگزین آن گردد. درحالی‌که افزایش مقدار سدیم به‌صورت کلرور در محیط کشت باعث کاهش جذب مقدار پتاسیم می‌گردد. همبستگی معنی‌داری بین رشد و مقدار نسبت دو یون دیده شده‌است و بیانگر نحوه اثر شوری بر کاهش رشد گیاه می‌باشد (۲۱).

همبستگی مثبتی بین سرعت رشد ریشه و برگ در هر دو شرایط نرمال و تنش مشاهده گردید که در شرایط تنش اندکی قوی‌تر بود (جدول ۷). در عین حال ارقامی که در شرایط نرمال سرعت رشد ریشه و برگ بالاتری داشتند در شرایط تنش نیز سرعت بیشتر خود را حفظ نمودند. اگرچه مقادیر همبستگی به‌دست آمده در این آزمایش معنی‌دار نبودند (جدول ۷) ولی این موضوع ممکن است با کاربرد تعداد بیشتری از ارقام در آینده بهتر نشان داده شود. درصورتی‌که ارقام با سرعت رشد زیاد ریشه نظیر خزر و شیراز در شرایط طبیعی اعمال تنش در محیط خاکی نیز بتوانند سرعت بالای رشد خود را حفظ کنند، می‌توان انتظار داشت که بتوانند از آن‌چه که به‌عنوان شوری زیادتر سطح‌الارض گفته شد زودتر رها شده و گیاهچه‌ای قوی‌تر و در نتیجه تولید بیشتری داشته باشند. این موضوع نیازمند تحقیق و بررسی بیشتر در آینده می‌باشد.

مقادیر همبستگی بین سرعت رشد و مقدار یون‌های سدیم کلسیم و پتاسیم ضعیف و معنی‌دار نیستند (جدول ۸). اگرچه در همه موارد در شرایط نرمال نسبت به تنش منفی و اندکی قوی‌تر هستند. این موضوع مخصوصاً در مورد پتاسیم زیاد و از نظر ما قابل تفسیر نیست.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

جدول ۸. مقادیر همبستگی بین سرعت رشد گیاهچه و غلظت یون‌های سدیم ، پتاسیم ، کلسیم و تراوش یونی غشاء در شرایط تنش شوری و نرمال

عناصر و نسبت بین آنها		سرعت رشد گیاهچه	سدیم	پتاسیم	کلسیم	Na/K	Na/Ca
سدیم	تنش	۰/۱					
	نرمال	-۰/۲۵					
پتاسیم	تنش	۰/۰۵	۰/۱۱				
	نرمال	-۰/۴۶	-۰/۰۹				
کلسیم	تنش	۰/۴	۰/۰۲	۰/۱			
	نرمال	-۰/۱۹	-۰/۰۷	۰/۰۱			
Na/K	تنش	-۰/۰۴	۰/۵۹	-۰/۷۳**	-۰/۰۲		
	نرمال	۰/۱۸	۰/۶۹*	-۰/۷۸*	۰/۰۰		
Na/Ca	تنش	-۰/۳۱	۰/۵۳	-۰/۰۲	-۰/۸۴**	۰/۳۴	
	نرمال	۰/۲	۰/۴۹	-۰/۱۱	-۰/۸۸**	۰/۳۴	

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن ضریب هم بستگی در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ هستند.

در این آزمایش بوته‌ها تحت شرایط هیدروپونیک کشت شدند. اگرچه این روش منجر به ثبات مقدار تنش وارد شده در طول دوره رشد بوته‌ها گردید و نتایج از لحاظ تأثیر مقدار تنش وارده بر گیاه می‌تواند قابل اطمینان باشد اما با توجه به این‌که رشد بوته‌ها در شرایط طبیعی خود تحت‌تأثیر عوامل متعدد دیگر نظیر فشردگی خاک محدودیت بیشتری پیدا می‌کند ممکن است عکس‌العمل ارقام از لحاظ سرعت رشد با آنچه در اینجا گزارش شده است متفاوت باشد. آزمایشاتی که در محیط خاک انجام خواهند شد می‌توانند اعتبار این نتایج را مورد ارزیابی قرار دهند. در چنین شرایطی تأثیر سرعت رشد اولیه بوته‌ها در شرایط شور بر عملکرد نهایی گیاه نیز حائز اهمیت می‌باشد. درصورتی‌که همبستگی مثبت و قوی بین این دو وجود داشته باشد می‌توان از این شاخص برای تولید ارقام مناسب برای کشت در شرایط شور استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود آزمایش در شرایط خاکی نیز انجام و سرعت رشد گیاهچه‌ها مورد مقایسه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کمک‌های مالی قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات جهت فراهم نمودن هزینه‌های بخشی از آزمایشات صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. Ashraf. M., J. W. O'Leary. 1996. Responses of some newly developed salt-tolerant genotypes of spring wheat to salt stress. 1. Yield components and ion distribution. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176: 91–101.
2. Avabaev. A. M., M. V. Bezrukova, A. R. Kildibekova, R. A. Fathutdinova, F. M. Shakinova. 2003. Wheat Germagglutinin restores cell division and growth of wheat seedling. *Bulgarian Journal of Plant Physiol.*, Special Issue, 257-263.
3. Bernstein, N., W. K. Silk., A. Läuchli. 1995. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress: possible role of some mineral elements in growth inhibition. *Planta* 196: 699-705.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

4. Boursier, P., A. Läuchli,. 1990. Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. *Crop Science* 30: 1226-1233.
5. Cramer G. R. and D. C. Bowman. 1991. Kinetics of maize leaf elongation 1. Increased yield threshold limits short-term, steady state elongation rates after exposure to salinity. *Journal of Experimental Botany* 42: 1417–1426.
6. El-Hendawy. S. E., Y. Hu., U. Schmidhalter. 2005. Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 123–134.
7. Epstein, E. 1985. Salt-tolerant crops: origins, development, and prospects of the concept. *Plant and Soil* 89: 187-198.
8. Flowers, T. J. and A. R. Yeo. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants, where next? *Australian Journal Plant Physiol*ogy 22: 875-884.
9. Ghassemi, F., A. J. Jakeman and H. A. Nix. 1995. Salinisation of Land and Water Resources. University of New South Wales Press Ltd, Canberra, Australia.
10. Godfrey, J., C. Onjango and E. Beek. 2004. Sorghum and salinity. *Crop Science* 44: 806-811.
11. Gorham, J., C. Hardy, R. G. Wyn Jones, L. R. Joppa, C. N. Law. 1987. Chromosomal location of a K/Na discrimination character in the D genome of wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 74: 584–588.
12. Gorham J, R. G. Wynn. Jones, A. Bristol. 1990. Partial characterization of the trait for enhanced K+-Na+ discrimination in the D genome of wheat. *Planta* 180: 590–597.
13. Greenway, H. and R. Munss. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of plant physiology* 31:141-190.
14. Grieve, C. M. and D. L. Suarez. 1997. Pursuance (portulaca oleracea L.): A halophytic crop for drainage water reuses systems. *Plant Soil* 192:277-283.
15. Hasegawa, P. M., R. A. Bressan, J. K. Zhu and H. J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiol*ogy *and Plant Molecular Biology* 51:463-499.
16. Haung, J. and R. E. Redman. 1995. Responses of growth, morphology and anatomy to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. *Canadian Journal of Botany* 73: 1859-1866.
17. Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants Without Soil. Circ. 347. University of California Agriculture Experimental Station, Berkley.
18. Hsiao T. C., L. K. Xu. 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.
19. Isaac, R. A. and J. D. Kerber. 1971. Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant, and water analysis. PP. 18-37. *In:* L. M. Walsh (Ed.) Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue. *Soil Science Society American*, Madison, Wisconsin.
20. Kingsbury, R. W., E. Epestin and R. W. Pearcy. 1983. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiology* 74:417-423
21. Kronzucker, H. J., M. W. Scczerba., L. M .Schulze and D. T. Britto. 2008. Non reciprocal interactions between K and Na ions in barley (*Hordeum vulgare* L.), *Journal of Experimental Botany* 59 (10) doi:10.1093/jxb/ern139.
22. 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.
23. Munns R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils. Some dogmas and hypotheses. *Plant Cell and Environment* 16: 15–24.
24. Munns, R., R. A. Hare, R. A James, G. J. Rebetzke. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 69–74.
25. Munns. R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
26. Neuman, P. M.1995. Inhibition of root growth by salinity stress. Toxicity or an adaptive biophysical response. PP. 299-304. *In:* F. Baluska, M. Ciamporora, O. Gasparikova, P. W. Barlow (Eds.), Structure and Function of Roots. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
27. Rawson, H. M., R. A. Richards and R. Munns 1988. An examination of selection criteria for salt tolerance in wheat barely and triticale genotypes. *Australian Journal of Agriculture Research* 39:759-772.
28. Rodríguez, H. G., J. K. M. Roberts, W. R. Jordan, M. C. Drew. 1997. Growth, water relations, and accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. *Plant Physiology* 113: 881–893.
29. Sairam, R. K. and A. Tyagi. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science* 86: 407-421.
30. Smart, R. E., G. E. Bingham. 1974. Rapid Estimates of Relative Water Content. *Plant Physiology* 53(2): 258–260.
31. Steel, R. G. D. and J. H. Torrie, 1980. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. 2nd ed. Mcgraw-Hill Publishin and CO. New York.
32. Suhayda, C. G., R. E. Redmann, B. L. Harvey and A. L. Cipywnyk, 1992. Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. *Crop Science* 32: 154–163.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]

33. Szabolcs, I. 1992. Salinization of soils and water and its relation to desertification. *Desertification Control Bulletin* 21: 32-37.
34. Tanji, K.K., Editor 1990.Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manual No. 71, *American Society of Civil Engineers*, New York.
35. Trivedi, S., G. Galiba, N. Sankhla and L. Erdci,. 1991. Responses to osmotic and sodium chloride stress of wheat varieties differing in drought and salt tolerance in callus culture. *Plant Science* 73 (2): 227-232.
36. Volkmar, K. M., Y. Hu., H. Steppuhn,. 1998. Physiological responses of plant to salinity: A review. *Canadian Journal of Plant Science*. 78: 19-27.
37. Zheng Y. Z., X. wang, A. Sun, Z. Li .Jiang. 2007. Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relived senescence at reproductive stage. *Environmental and Experimental Botany* 62:129-138.
38. Zhong, H. and A. Lauchli. 1994. Spatial distributions of solutes, K, Na, Ca and their deposition rates in the growth zone of primary cotton roots: effects of NaCl. *Planta* 194: 34-41.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.15.11.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.15.115]