

بررسی تغییرات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری

الهه اکبری قوژدی^{۱*}، علی ایزدی دربندی^۲، اعظم برزوئی^۳ و عباس مجدآبادی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۷/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی اثرهای تنش شوری بر صفات مورفولوژیک ارقام مقاوم و حساس گندم، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل ارقام گندم سیستانی و نیشابور (ارقام متحمل) و بهار و تجن (ارقام حساس) و فاکتور دوم شامل چهار سطح شوری (۱/۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود. سطوح شوری با استفاده از نمک‌های NaCl و CaCl₂ و با نسبت مولی ۱:۱۰ تهیه گردیدند. صفات وزن خشک ریشه و ساقه، تعداد پنجه و برگ، حجم و سطح ریشه، سطح برگ، وزن ویژه برگ و زیست‌توده ۱۰ روز پس از گرده افشانی ثبت شدند. نتایج نشان داد که تمامی صفات بجز وزن ویژه برگ با افزایش شوری، بدون توجه به نوع رقم، اثرهای معنی‌دار کاهشی داشتند و تیمار شوری ۱۵ dS/m بیشترین تأثیر منفی را بر گیاه داشت. میانگین صفات اندازه‌گیری شده برتری ارقام سیستانی و نیشابور را در مقایسه با دو رقم دیگر در سطوح مختلف شوری نشان داد. عدم تغییر وزن خشک ریشه در رقم بهار در تیمارهای مختلف شوری می‌تواند بیانگر عدم افزایش میزان کربن تسهیم شده به ریشه در شرایط تنش در این رقم باشد و شاید همین امر از دلایل حساس بودن رقم مذکور به تنش شوری به حساب آید. این موضوع می‌تواند عدم برتری این رقم در مقایسه با رقم تجن در صفاتی چون زیست‌توده، تعداد و سطح برگ، وزن خشک ساقه و سطح و حجم ریشه در سطوح شوری ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر را توجیه کند. در ارقام تجن و بهار، افزایش وزن ویژه برگ می‌تواند یکی از سازوکارهای اجتناب از تنش شوری باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، ارقام گندم، صفات مورفولوژیک

مقدمه

به عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (۲۴). در این میان، ایران با دارا بودن اقلیم گرم و خشک از این امر مستثنی نیست. به نحوی که بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت آن (در حدود ۲۷ میلیون هکتار) از خاک‌های شور و سدیمی تشکیل شده است (۲۸). لذا به منظور استفاده بهینه از این اراضی و منابع آب شور، افزایش تحمل به شوری گیاهان همراه با توان تولید بالاتر یک رویکرد مهم اصلاحی است (۲۷).

رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده متعدد محدود می‌گردد و در بین تنش‌های غیر زنده، تنش شوری در سطح جهان خسارات گسترده‌ای به گیاهان وارد نموده است (۳). شوری زیاد خاک از جمله عوامل محدود کننده عملکرد محصولات در سرتاسر جهان به شمار می‌رود که این مسئله به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران.

۳. دانشجوی دوره دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴. استادیار پژوهشگاه تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: e_akbari4345@yahoo.com

اثرات سوء تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه نبوده بلکه می‌تواند با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی، نوع بافت و اندام گیاهی (سیر تکاملی) متفاوت باشد (۱۷). بقا و موفقیت گیاهان تحت شرایط شوری، مستلزم انتقال بهتر آب از طریق ریشه و سیستم آوندی مناسب با دارا بودن سازوکارهای ترشح و انتقال عناصر غذایی به قسمت‌های هوایی گیاه و همچنین تحمل به پسابدگی (خروج آب از سلول و کاهش آماس (Desiccation) می‌باشد (۳). احتمالاً مهم‌ترین سازوکاری که در این امر دخالت دارد، ایجاد یک سامانه ریشه‌ای عمیق و گسترده است. نوساناتی از نظر تعداد ریشه، طول ریشه و سرعت رشد آن در واریته‌ها و گیاهان مختلف مشاهده شده است که این صفات باعث ایجاد تفاوت‌هایی در ویژگی‌های گیاه از جمله مقاومت به تنش‌های خشکی، غرقاب، شوری و زود رسی گیاه شده‌اند. در این ارتباط همبستگی مثبتی بین سامانه گسترده ریشه با مقاومت به خشکی و شوری گیاه گزارش شده است (۲).

اثر تنش شوری و پاسخ گیاهان به آن بسیار پیچیده است. این پاسخ از غلظت نمک، نوع یون‌ها، عوامل مختلف محیطی و مرحله رشد و نمو گیاه تأثیر می‌پذیرد. تنش شوری جذب عناصر غذایی و فعالیت‌های سوخت و سازی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۰). کاهش آب قابل دسترس در شرایط شوری به همراه ایجاد اثر سمیت یونی برخی عناصر (از جمله سدیم و کلر) و عدم تعادل غذایی، موجب کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۲۴). شوری خاک باعث کاهش رشد ساقه گیاه و در غلظت‌های زیاد نمک منجر به توقف آشکار رشد می‌شود. علت این امر کاهش پتانسیل آب موجود در خاک یا اثر اسمزی ناشی از حضور نمک در خاک است که جذب آب توسط ریشه را محدود می‌سازد (۲۰). با کاهش طول ساقه در شرایط شور، وزن ساقه و در نهایت ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد (۳). تنش شوری هم‌چنین وزن تر و خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. کاهش تعداد برگ و پنجه گیاه و طول و سطح ریشه از دیگر آثار سوء شوری بیان شده است (۵).

در زمینه تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه، عبید و همکاران (۴) بیان کردند که شوری ناشی از کلرور سدیم در گیاه ذرت باعث کاهش میزان رشد نسبی و در نتیجه کاهش ماده خشک کل گیاه می‌گردد. در بررسی دیگری، با ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف گندم، کاهش تعداد برگ، تعداد پنجه و وزن خشک گیاه همراه با افزایش سطح شوری گزارش شده است (۱۲). فلاورز و همکاران (۱۴) نیز اظهار داشتند که افزایش سطوح شوری موجب کاهش سطح برگ و به دنبال آن افزایش وزن ویژه برگ (Specific leaf weight, SLW) می‌شود.

گندم (*Triticum aestivum* L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در ایران و گیاهی نسبتاً متحمل به شوری، با آستانه تحمل به شوری ۶ dS/m، مطرح می‌باشد (۱۱). با وجود این، متأسفانه رشد و تولید این گیاه در شرایط تنش شوری بسیار محدود می‌گردد. بر این اساس، تلاش‌های زیادی در جهت بهبود ژنوتیپ‌های متحمل به تنش در این گیاه انجام شده است (۱۳). لذا بررسی و مطالعه صفات آن و تعیین تأثیرپذیری آنها در مسیر رشد گیاه می‌تواند به شناسایی سازوکارهای مؤثر در مقابله با شوری کمک نماید. با توجه به اهمیت صفات مورفولوژیک در محصول نهایی گیاه، تغییرات آنها در یکسری از ارقام استاندارد گندم از نظر پاسخ به تنش شوری بررسی گردید تا چگونگی رفتار و روند تغییرات آنها در گزینش ارقام متحمل و حساس به شوری گندم تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک ارقام گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در آبان ماه سال ۱۳۸۸ و در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی (دمای 28 ± 2 درجه سلسیوس، دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد) به اجرا در آمد. تیمارهای مورد بررسی شامل ۴ رقم گندم و ۴ تیمار شوری آب آبیاری بودند. ارقام متحمل به شوری (سیستانی و

جدول ۱. مشخصات خاک گلدان‌ها قبل از انجام آزمایش

بافت خاک	EC (dS m^{-1})	pH	سیلت (%)	رس (%)	شن (%)	فسفر قابل دسترس (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (ppm)	نیترژن (%)
لوم	۱/۰۱۴	۸/۴۸	۲۸/۳	۲۲/۳	۴۹/۴	۴۰	۲۶۶۴	۰/۰۴۱

در هر گلدان در سه قسط (زمان کاشت، پنجه زنی و ساقه رفتن) انجام گردید. مدار آبیاری به صورت دو روز در میان، در هفته بود.

به منظور اندازه‌گیری صفات مربوط به ریشه، ۱۰ روز پس از گرده افشانی (۷۵ روز پس از کاشت)، اندام هوایی و ریشه‌ها تفکیک شدند. مقادیر وزن خشک ریشه و ساقه، سطح برگ، زیست‌توده (وزن اندام هوایی)، تعداد برگ و پنجه، سطح برگ، حجم و سطح ریشه و وزن ویژه برگ با نمونه‌برداری از ۳ گیاه موجود در هر گلدان ثبت شدند. سطح برگ و سطح ریشه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (۲) مدل ADC-AM100 برآورد شدند. وزن ویژه برگ (SLW) به روش زیر محاسبه شد:

$$\text{SLW (g/cm}^2\text{)} = \text{LDW/LA} \quad [1]$$

که در آن LA سطح برگ (cm^2) و LDW وزن خشک برگ می‌باشد (۱۶).

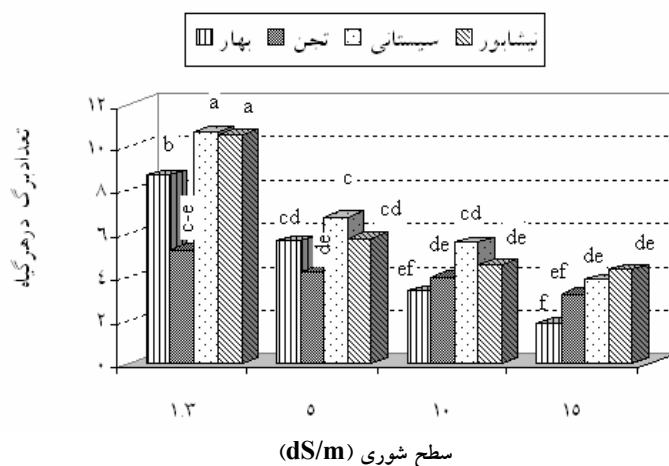
حجم ریشه نیز از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرارگیری ریشه در حجم مشخص آب محاسبه شد. وزن خشک نمونه‌ها نیز پس از قرارگیری آنها در خشک‌کن و در دمای ۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد (۳۱).

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷/۰ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

چگونگی تأثیر شوری بر هر یک از صفات مورد مطالعه و رفتار ژنوتیپ‌های مختلف به صورت تفکیک شده زیر می‌باشد.

نیشابور) و ارقام حساس به شوری (تجن و بهار) از بین ارقام معرفی شده مؤسسه اصلاح و نهال و بذر کشور در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شدند. تیمارهای شوری آب آبیاری شامل شوری‌های ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر (به عنوان شاهد) و سطوح شوری ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر (با در نظر گرفتن نسبت مولی ۱۰ به ۱) از دو نوع نمک NaCl و CaCl_2 بودند (۳۴). جدول ۱ مشخصات خاک استفاده شده در این آزمایش را نشان می‌دهد. واحدهای آزمایش شامل گلدان‌هایی به قطر ۲۳ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با گنجایش ۴ کیلوگرم خاک بودند. برای ایجاد زهکشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک، سه سوراخ در ته هر کدام از گلدان‌ها تعبیه و در بستر هر گلدان به ارتفاع ۳ سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. پنج بذر از هر رقم پس از ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد و شستشو با آب مقطر در گلدان‌ها کاشته شدند و در مرحله ۳-۴ برگی تنها ۳ بوته در گلدان نگهداری شدند. گلدان‌ها تا مرحله ۶-۴ برگی و تا رسیدن به ظرفیت زراعی با آب معمولی (تیمار شاهد) آبیاری شدند و سپس تیمارهای شوری اعمال گردید. در دور اول آبیاری، کلیه گلدان‌ها بجز شاهد، با محلول ۵ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و در نوبت‌های بعدی برای سطوح بالاتر این مقادیر به تدریج افزایش یافت و در نهایت سطح شوری مورد نظر بعد از گذشت یک هفته به دست آمد. کنترل وضعیت شوری با نمونه برداری از خاک گلدان‌های پشتیبان طرح انجام گردید. اعمال تیمارهای شوری تا پایان فصل رشد ادامه یافت و در پایان هر هفته به منظور جلوگیری از تجمع بیش از حد نمک، گلدان‌ها با تیمار شاهد آبیاری شدند. کوددهی نیترژن بر مبنای نتایج آزمون خاک و با توجه به میزان خاک موجود



شکل ۱. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت تعداد برگ در سطوح مختلف شوری. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

تعداد برگ

باتوجه به شکل ۱، مشاهده می‌شود که شوری باعث کاهش تعداد برگ در تیمارهای مورد بررسی شده است. کاهش برخی از ویژگی‌های رشد و از جمله تعداد برگ، با افزایش شوری خاک توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (۱۲ و ۲۳). گروه بندی دانکن (شکل ۱)، اختلاف معنی‌داری بین ارقام حساس و متحمل نشان داد. به‌طوری‌که بیشترین میزان تعداد برگ به ارقام سیستانی و نیشابور اختصاص داشت. باتوجه به نقش ویژه برگ به عنوان واحد فتوسنتزی در گیاه، تعداد برگ کمتر در ارقام حساس می‌تواند مؤید توان فتوسنتزی کمتر این ارقام در شرایط تنش باشد. پالد و همکاران (۲۵) نیز بر این موضوع تأکید کرده‌اند.

اختلاف بین ارقام حساس و متحمل در تیمار شاهد معنی‌دار بود، ولی در سایر سطوح شوری اختلافات چشمگیر نبود. این حالت در بین ارقام مختلف در هر سطح شوری نیز مشاهده گردید. لذا، علیرغم معنی‌دار شدن اختلاف بین ارقام، سطوح شوری و اثر متقابل آنها، به نظر می‌رسد که تیمارهای شوری به میزان کمتری این ویژگی را تحت تأثیر قرار داده‌اند که این موضوع با نتایج چرکی و همکاران (۹) مطابقت دارد. ایشان طی بررسی تأثیر شوری بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک

پنج رقم نیشکر، کاهش کمتر این صفت را در سطوح بالای شوری (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم) در مقایسه با سایر ویژگی‌های رشدی بررسی شده در این ارقام مشاهده نمود.

تعداد پنجه در بوته

نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری ($P < 0.01$) بین ارقام و سطوح شوری در خصوص تعداد پنجه در بوته نشان داد (جدول ۲). میزان کاهش این صفت در سطوح پایین شوری (۵ ds/m) در مقایسه با سطوح بالاتر آن کمتر بود. به عنوان مثال، تعداد پنجه نسبت به شاهد در شوری ۱۰ و ۱۵ ds/m به ترتیب ۴۹/۸۱٪ و ۶۳/۰۷٪ کاهش نشان داد. شکل ۲ نشان می‌دهد که در سطوح بالای شوری (۱۰ و ۱۵ ds/m) تعداد پنجه کمترین مقدار است. در این صفت نیز ارقام سیستانی و نیشابور در هر سطح شوری، بیشترین تعداد پنجه را دارا بودند. اختلاف بین ارقام در سطح شوری ۱۵ ds/m به خوبی نمایان شد. علیرغم معنی‌دار نشدن اثر متقابل رقم در شوری، آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری را بین ارقام متحمل و حساس در هر سطح شوری نشان داد. تأثیر کمتر شوری بر تعداد پنجه ارقام سیستانی و نیشابور مبین تحمل بیشتر این ارقام به شرایط تنش

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده ارقام مختلف گندم تحت تیمارهای مختلف شوری

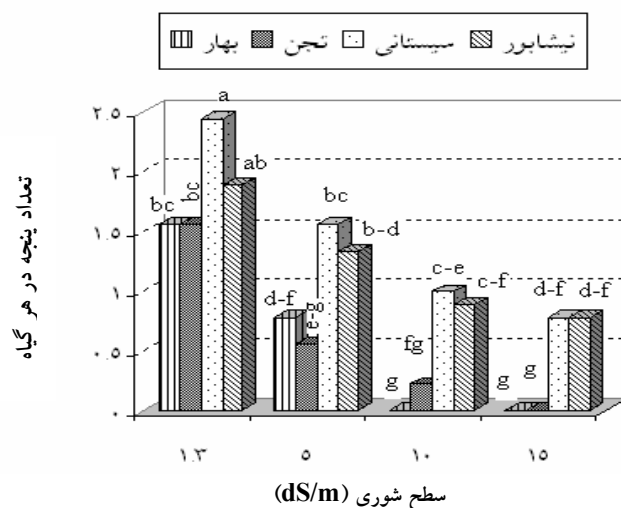
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد برگ	حجم ریشه	سطح ریشه	وزن ویژه برگ	سطح برگ
ژنوتیپ	۳	۱۷/۱۶۹**	۲۸/۵۹۲**	۴۲/۵۸۲/۴۴۶**	۶۹/۰۲۲**	۲۷۷۹/۴۹۸**
شوری	۳	۶۶/۹۸۴**	۱۳/۱۲۵**	۱۴۹۵۳/۶۹۱**	۱۰/۵۷۱*	۲۹۵۷/۵۵۵**
ژنوتیپ × شوری	۹	۳/۸۶۴**	۱/۵۱۱**	۲۲۰۰/۱۸۲**	۵/۷۴۷ns	۴۴۰/۹۸۱**
خطا	۳۲	۱/۱۴۸	۰/۱۷۰	۲۷۱/۸۵۰	۳/۶۹۱	۳۷/۵۲۵

ns، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار.

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده ارقام مختلف گندم تحت تیمارهای مختلف شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	تعداد پنجه
ژنوتیپ	۳	۴/۰۶۳**	۱/۰۴۷**	۲/۳۴۹**
شوری	۳	۲/۷۶۶**	۰/۶۷۲**	۵/۳۳۶**
ژنوتیپ × شوری	۹	۰/۱۲۳ ns	۰/۰۵۱*	۰/۰۵۵ ns
خطا	۳۲	۰/۰۷۶	۰/۰۲۲	۰/۱۴۴

ns، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار.

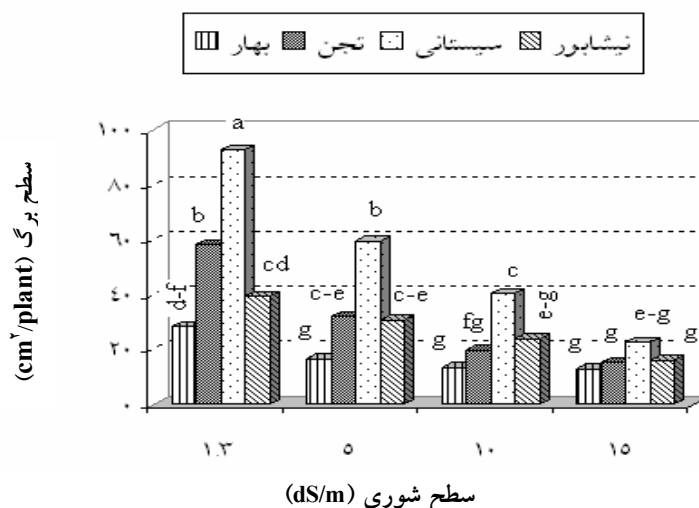


شکل ۲. نتایج مقایسه میانگین‌های تعداد پنجه در سطوح مختلف شوری

شرایط تنش شوری، کاهش این صفت را با افزایش شوری گزارش نمودند و علت آن را اثرات سمی نمک بر رشد گیاه عنوان نمودند.

پاراد کیس (۲۶) با بیان عملکرد بیشتر ارقامی از گندم با

است. بر این اساس، در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم جهت تنش شوری می‌توان از این صفت استفاده کرد. لذا حفظ پنجه‌های بیشتر می‌تواند یک سازوکار تحمل به شوری در گندم باشد (۲۷). بهاتی و همکاران (۸) نیز در طی غربال ۵۰ لاین گندم در



شکل ۳. نتایج مقایسه میانگین‌های سطح برگ در سطوح مختلف شوری

برگ برای ارقام بهار و تاجن دیده شد (شکل ۳).

پیامد سریع تنش شوری، کاهش میزان توسعه سطح برگ به موازات افزایش غلظت نمک است (۳۳). کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به علت کم شدن آماس سلولی (۳۲) بیان نمود. علیرغم این‌که در بالاترین سطح شوری (۱۵ dS/m) تفاوت معنی‌داری بین ارقام متحمل و حساس در این صفت مشاهده نشد، ولی بیشتر بودن سطح برگ ارقام سیستانی و نیشابور در این تیمار شوری و نیز میانگین بیشتر این ارقام از لحاظ تعداد برگ می‌تواند ظرفیت فتوسنتزی آنها را تحت تأثیر قرار دهد. گزارش شده است که کاهش سطح برگ به همراه کاهش تعداد برگ به کاهش سرعت فتوسنتز بوته‌ها منجر می‌شود (۳۲). لذا با توجه به کمتر بودن ارزش صفات ذکر شده (تعداد و سطح برگ) در ارقام تاجن و بهار، می‌توان بر ظرفیت فتوسنتزی محدودتر این ارقام به عنوان نماینده ارقام حساس به شوری پی برد.

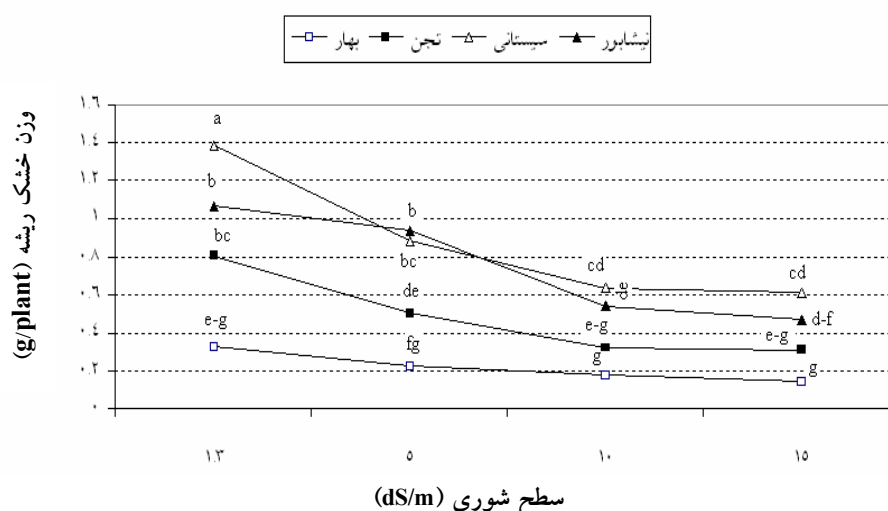
وزن خشک ریشه و ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده نشان داد که اثرات ساده برای وزن خشک ریشه و ساقه معنی‌دار ($P < 0.01$)

قابلیت پنجه‌زنی زیاد در شرایط تنش در مقایسه با ارقام کم پنجه، افزایش تحمل به شوری گندم را مستلزم افزایش ظرفیت پنجه‌زنی گیاه در شرایط تنش عنوان کرد. بر این اساس استنباط می‌شود که با توجه به ظرفیت بیشتر پنجه‌زنی ارقام سیستانی و نیشابور در شرایط تنش، این ارقام می‌توانند عملکرد بیشتری را داشته باشند. در تحقیق دیگری، ضمن بررسی تحمل به شوری ۱۳ ژنوتیپ گندم، با توجه به کاهش بیشتر تعداد پنجه در ژنوتیپ‌های حساس به شوری این شاخص به عنوان صفتی ساده و مناسب جهت ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گندم در برنامه‌های اصلاحی بیان شد (۱۲).

سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس برای این صفت نشان داد که اثرات رقم، شوری و اثر متقابل آنها معنی‌دار ($P < 0.01$) می‌باشد (جدول ۲). کاهش معنی‌دار سطح برگ، در اثر اعمال حاصل از تیمارهای مختلف شوری در شکل ۳ قابل مشاهده است. میزان کاهش این صفت در تمام ارقام، در سطح شوری ۵ dS/m در مقایسه با شاهد ۳۰/۰۶٪ بود که نسبت به میزان کاهش این صفت در سطح شوری ۱۰ (۵۳/۹۸٪) و ۱۵ (۶۴/۴۸٪) دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد کمتر بود. در سطوح دیگر تیمارهای شوری، کمترین میزان سطح



شکل ۴. نتایج مقایسه میانگین با آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای صفت وزن خشک ریشه در سطوح مختلف شوری

روند تغییرات و چگونگی اثرات متقابل رقم و شوری در شکل ۴ آمده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود در رقم بهار اختلافات وزن خشک ریشه در تیمارهای مختلف شوری با شاهد معنی‌دار نبوده است و افزایش شوری در محیط ریشه منجر به اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه در این رقم نگردیده است. در واقع می‌توان اینگونه بیان نمود که این رقم میزان کربن تسهیم شده به ریشه را در شرایط تنش افزایش نمی‌دهد و شاید همین امر از دلایل حساس بودن رقم مذکور به تنش شوری به حساب آید (۱). این موضوع می‌تواند عدم برتری این رقم را در مقایسه با رقم تاجن در صفاتی چون زیست توده (بیوماس)، تعداد و سطح برگ، وزن خشک ساقه، سطح و حجم ریشه را در سطوح شوری ۱۰ و ۱۵ dS/m توجیه کند. لذا رقم بهار به عنوان گزینه‌ای حساس‌تر به شوری خواهد بود.

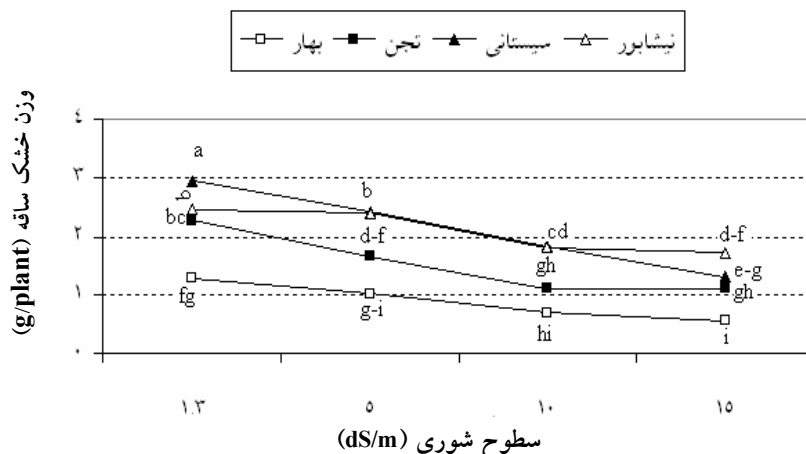
زیست توده

تجزیه واریانس برای این صفت تفاوت معنی‌داری را میان ارقام مختلف، سطوح مختلف شوری و اثر متقابل رقم و شوری نشان داد. کاهش این صفت در پی افزایش سطح شوری مشاهده شد. به طوری‌که کمترین میزان این ویژگی در سطوح شوری ۱۰ و ۱۵ dS/m قابل رؤیت بود (شکل ۶). رودریگز و همکاران

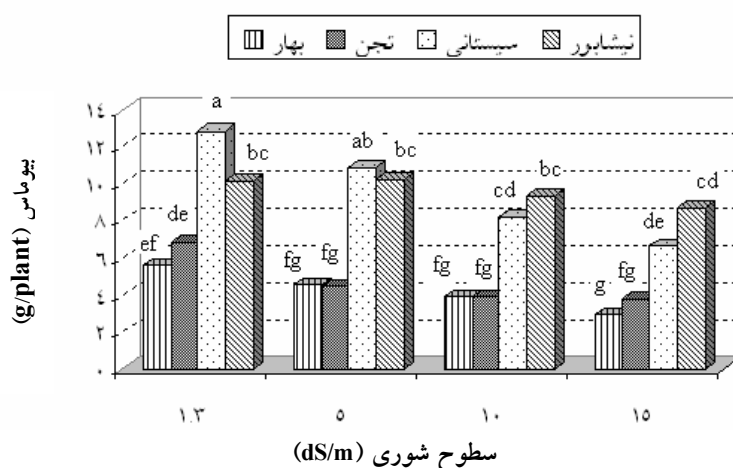
می‌باشد (جدول ۲). با افزایش شوری، وزن خشک ریشه و ساقه کاهش یافت، که می‌تواند ناشی از کاهش طول ریشه و ساقه باشد (۲۲).

در شوری ۱۵ dS/m نسبت به شاهد، میزان کاهش وزن خشک ریشه و ساقه به ترتیب ۵۶/۸۱٪ و ۴۶/۹۵٪ گردید. این امر نشان می‌دهد که رشد ریشه بیشتر از ساقه تحت تأثیر اثرات مضر شوری قرار گرفته است (۱۷).

وزن خشک اندام هوایی گیاه هم از طریق رشد رویشی و هم از طریق کاهش فتوسنتز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱). با توجه به کاهش سطح و تعداد برگ با افزایش شوری، چنین برداشت می‌شود که میزان دریافت نور و در نتیجه فتوسنتز خالص و تجمع ماده خشک کاهش یافته و وزن خشک قسمت هوایی که مجموع وزن خشک ساقه و برگ است کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این بررسی می‌توان بیان نمود که ارقام نیشابور و سیستانی با دارا بودن سطح برگ بیشتر در تیمارهای مختلف شوری و نیز با توجه به برتری آنها در ویژگی‌هایی مانند وزن خشک ریشه و ساقه و تعداد پنجه و زیست توده، از توان فتوسنتزی بالاتری برخوردار بوده و توانسته‌اند در تیمارهای مختلف شوری از میانگین وزن خشک بیشتری برخوردار باشند (شکل ۵).



شکل ۵. نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای صفت وزن خشک ساقه در سطوح مختلف شوری



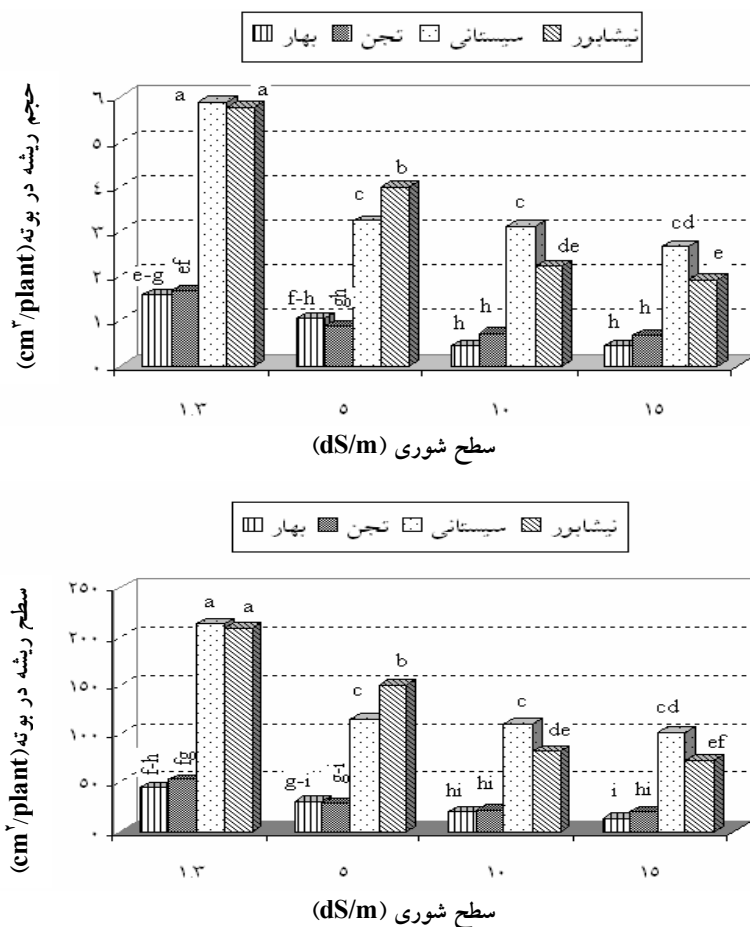
شکل ۶. نتایج مقایسه میانگین‌های بیوماس در سطوح مختلف شوری

مطالعه، بیشتر بودن بیوماس ارقام ذکر شده با توجه به برتری این ارقام در صفاتی چون تعداد پنجه، تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ریشه و سطح برگ منطقی به نظر می‌رسد (شکل‌های ۱، ۲، ۴ و ۵).

بیوماس کمتر در ژنوتیپ‌های حساس احتمالاً به دلیل تخصیص مصرف انرژی خارج سلولی گیاه جهت تنظیم اسمزی در شرایط تنش و در نتیجه مصرف ATP بیشتر در این راستا است (۳۵). بیوماس به عنوان یکی از بهترین شاخص‌های رشدی تعیین کننده عملکرد دانه است (۳۰). لذا، ارقام واجد مقادیر بالاتر از نظر این صفت می‌توانند به عنوان ارقامی با عملکرد بالاتر در شرایط تنش شوری قلمداد شوند.

(۲۰۰۵) کاهش بیوماس در گیاهان تنش دیده (تنش شوری) را در نتیجه کاهش وزن خشک ریشه و ساقه و برگ گیاه عنوان نمودند. محمودزاده و همکاران (۲۱) با بررسی تأثیر شوری بر ویژگی‌های ظاهری دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) کاهش بیوماس آنها را با افزایش سطح شوری گزارش نمودند. کاهش جذب آب توسط گیاه و نیز اثرات سمی یون‌های Na^+ و Cl^- ناشی از حضور غلظت‌های زیاد این یون‌ها در محلول خاک از جمله دلایل کاهش بیوماس گیاه در این شرایط عنوان شده است (۶).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، ارقام نیشابور و سیستانی دارای بیشترین مقادیر ویژگی‌های مورد بررسی بودند. در این

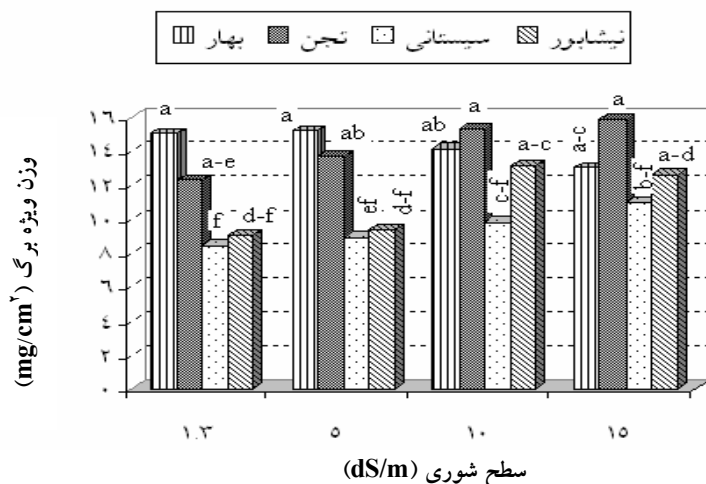


شکل ۷. نتایج مقایسه میانگین‌های سطح و حجم ریشه در سطوح مختلف شوری

سطح و حجم ریشه

اختلاف معنی‌دار سطوح شوری و تفاوت بین ارقام، بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در ارقام مورد مطالعه در این صفات در شرایط تنش شوری است. روند نزولی صفات مورد بررسی در ارقام مختلف مشهود است (شکل ۷). به طوری که این کاهش در سطوح شوری ۱۰ و ۱۵ dS/m نسبت به شاهد معنی‌دار بود. لال خاجانچی و همکاران (۱۸) نیز کاهش این صفات را با افزایش غلظت نمک در گندم و جو گزارش نموده‌اند. با توجه به این که یکی از اثرات تنش شوری در گیاه جلوگیری از جذب آب است، اهمیت ریشه به عنوان مهم‌ترین اندام در جذب آب مشخص‌تر می‌شود و بررسی ویژگی‌های آن نقشی کلیدی در بررسی واکنش گیاهان به تنش شوری دارد (۱۹). در این تحقیق، تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین میانگین سطح و حجم

ریشه در ارقام متحمل و حساس مشاهده شد. به نحوی که ارقام سیستانی و نیشابور، بیشترین میزان صفات مذکور را به خود اختصاص داده و اختلاف معنی‌داری با دو رقم دیگر نشان دادند. نوسانات موجود در بین وارپته‌های مختلف گیاهی به لحاظ صفات مختلف ریشه از جمله سطح و حجم آن، تفاوت آنها را در مقاومت به تنش‌ها از جمله تنش شوری آشکار می‌سازد. به طوری که می‌توان از این تفاوت‌ها جهت گزینش ارقام و ژنوتیپ‌ها استفاده نمود (۱۵). بالاتر بودن این ویژگی‌ها در ارقام متحمل می‌تواند بیانگر توانایی بیشتر این ارقام در جذب آب و مواد غذایی و حفظ آماس در شرایط تنش باشد که لازمه رشد بهتر گیاه است. بنگال و همکاران (۷) در گیاه گندم همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین صفات حجم و وزن ریشه و عملکرد دانه گزارش کردند. به این ترتیب در کنار برتری



شکل ۸. نتایج مقایسه میانگین‌های وزن ویژه برگ در سطوح مختلف شوری

را می‌توان به عنوان یکی از سازوکارهای اجتناب از تنش دانست (۱۴ و ۲۰). به عبارت دیگر، با توجه به نقش مؤثر ریشه در جذب آب و نیز کاهش شاخص‌های مرتبط با آن چون حجم و سطح ریشه در شرایط تنش، انتظار می‌رود با افزایش صفت وزن ویژه برگ توانایی گیاه در نگهداری وضعیت آب در شرایط تنش افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف شوری باعث ایجاد آثار منفی بر کلیه صفات مؤثر بر رشد گیاه گندم شد. بیشترین میزان کاهش صفات در شوری حد اکثر (۱۵) دسی‌زیمنس بر متر) دیده شد. بر مبنای مقایسه میانگین‌ها در بین ارقام، در غالب ویژگی‌های مطالعه شده، ارقام تاجن و بهار کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند و اختلاف معنی‌داری با ارقام مقاوم داشتند. در این میان، رقم بهار در رتبه‌ای پایین‌تر از رقم تاجن قرار گرفت. این موضوع می‌تواند بیانگر حساسیت بیشتر آن در شرایط تنش در مقایسه با تاجن باشد. در واقع بررسی صفاتی چون زیست‌توده (بیوماس)، سطح و حجم ریشه، وزن خشک ریشه و تعداد برگ و برتری قابل توجه ارقام سیستانی و نیشابور در تیمارهای مختلف شوری در این صفات، می‌تواند از یک سو نشان دهنده اولویت این ارقام در شرایط

ارقام سیستانی و نیشابور برای صفاتی مؤثر در عملکرد، از جمله تعداد پنجه و بیوماس، با توجه به اولویت ارقام مذکور در پارامترهای حجم و سطح ریشه می‌توان عملکرد بالاتر این ارقام را در شرایط تنش انتظار داشت.

وزن ویژه برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری ($P < 0.01$) بین ارقام و همچنین میان تیمارهای مختلف شوری ($P < 0.05$) برای این صفت نشان داد (جدول ۲). تقریباً در تمام ارقام، روند افزایشی وزن ویژه برگ با افزایش شوری مشهود است. با وجود این، در رقم بهار، کاهش این صفت با افزایش شوری مشاهده شد، ولی اختلافات آنها در سطوح مختلف شوری معنی‌دار نبود. علی‌رغم این کاهش، همان‌طور که در شکل ۸ نیز مشاهده می‌شود، ارقام تاجن و بهار در هر یک از تیمارهای بررسی شده بیشترین میزان صفت مذکور را دارند. لذا این شاخص رفتاری عکس با مقاومت و سطوح شوری دارد. فلاورز و همکاران (۱۴) دریافتند که در برخی از گونه‌های هالوفیت‌ها، شوری باعث کاهش سطح برگ می‌شود ولی وزن ویژه برگ را افزایش می‌دهد. یکی از اثرات تنش شوری در گیاه جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است. به همین دلیل پتانسیل آب کافی جهت آماس سلول و توسعه برگ وجود نخواهد داشت (۱۹). افزایش وزن ویژه برگ

شده در ارقام سیستمی و نیشابور می‌تواند زمینه ورود این ارقام را در برنامه‌های اصلاحی به عنوان یک ژرم پلاسما متحمل به شوری جهت جداسازی ژن‌های متحمل به شوری مهیا سازد. البته قابل ذکر است که در کنار صفات مورفولوژیک، بررسی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی که در ایجاد مقاومت به تنش شوری مؤثر هستند و تعیین همبستگی آنها با مقاومت به شوری نیز می‌تواند در شناخت کامل‌تر سایر سازوکارهای مرتبط با تحمل به شوری و شناسایی معیارهای مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم مفید باشد.

تنش بوده و از سوی دیگر بر کاربردی بودن صفات مورد بررسی در ارزیابی‌های مقاومت به شوری گندم تأکید کند. در مورد سایر صفات نیز برتری این ارقام مشهود بود، هر چند که در بعضی سطوح شوری اختلاف معنی‌داری با دو رقم حساس نداشتند، گرچه ارزش متوسط بالاتری داشتند. تحمل به شوری تابعی از فعالیت یک اندام یا یک صفت گیاهی نیست، بلکه برآیندی از بیشتر صفات مهم گیاهی است. لذا ژنوتیپی که در بیشتر صفات مرتبط با تحمل به شوری برتری نشان دهد می‌تواند در شرایط تنش مناسب باشد. بر این اساس، می‌توان بیان نمود که حضور مقادیر بیشتر صفات ذکر

منابع مورد استفاده

۱. کافی، م. ۱۳۷۷. اثرات شوری بر فتوسنتز ارقام گندم حساس و متحمل به شوری. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، صفحه ۳۳۲.
۲. گنجعلی، ع.، ح. پرسا و س. حجت. ۱۳۸۶. تنوع ژنوتیپی صفات ریشه و اندام هوایی گیاهچه‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در محیط هیدروپونیک و گلخانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۵(۱): ۱۴۳-۱۵۵.
۳. میرمحمدی میبدی، س. ع. م. و ب. قره‌یاضی. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
4. Abid, M., A. Qayyum, A. A. Dasti and R. Abdulwajid. 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of Maize (*zea mays* L.) and properties of the soil. J. Research (Science) 12(1): 26-33.
5. Asish Kumar, P. and A. Bandhu Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.
6. Aslam, M. and S. Muhammed. 1972. Efficiency of various nitrogen carriers at various salinity levels. Pakistan J. Sci. Res. 24: 244-251.
7. Bangal, D. B., B. M. Birari and K. G. Patil. 1988. Root characters the important criteria for drought resistance in wheat. J. Maharastra Agric. Univ. 13: 242-243.
8. Bhatti, M. A., A. Zulfiqar, A. Bakhsh, A. Razaq and A. R. Jamali. 2004. Screening of wheat lines for salinity tolerance. International J. of Agriculture and Biology 6: 627-628.
9. Cherki, G., A. Foursy and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ. and Exper. Botany 47: 39-50.
10. Cicek, N. and H. Cakirlar. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. J. Plant Physiol. 28(1-2): 66-74.
11. Colmer, T. D., T. J. Flowers and R. Munns. 2006. Use of wild relative to improve salt tolerance in wheat. J. of Exper. Botany 57: 1059-1078.
12. El-Hendawy, S.E., H. Yuncai, G. M. Yakoutb, A. M. Awad., S. E. Hafiz and U. Schmidhalter. 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. Europ. J. Agron. 22: 243-253.
13. Esfandiari, E., F. Shekari, F. Shekari and M. Esfandiari. 2007. The effect of salt stress on antioxidant enzymes' activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 35: 48-56.
14. Flowers, T. J., P. F. Torke and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 28: 89-121.
15. Gregory, P. J. 1988. Root growth of chickpea, faba bean, lentil and pea and effects of water and salt stresses. PP. 857-867. In: Summerfield, R. J. (Ed.), World Crops: Cool Season Food Legumes, Kluwer Academic Publishers.

16. Hunt, R. H., 1990. Plant growth analysis. Unwin-Hyman, London.
17. Hussain, M. K. and O. U. Rehman, 1997. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) germplasm for salt tolerance at the shoot stage. *Helia*. 20: 69-78.
18. Lal Khajanchi, S. G., M. Setih, P. C. Sharma, A. Swarup and S. K. Gupta. 2007. Effect of NaCl concentration on growth, root morphology and photosynthetic pigment in wheat and barley under solution culture. *J. Agrochimica* 51: 194-206.
19. Leid, E. O. and J. F. Salz. 1997. Is salinity tolerance related to Na accumulation in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedling. *Plant and Soil* 190: 67-75.
20. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd Volume, Water, Radiation, Salt and Other Stresses, Academic Press, New York.
21. Mahmoodzadeh, H. M. and M. B. Naeini. 2007. Effects of salinity stress on the morphology and yield of two cultivars of canola (*Brassica napus* L.). *Agron. J.* 6: 409-414.
22. Mauromicale, G. and P. Licandro. 2002. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. *Agron. J.* 22: 443- 450.
23. Mohammad, M., R. Shibli, M. Ajouni and L. Nimri. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.* 21: 1667-1680.
24. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25: 659-671.
25. Palled, Y. B., A. M. Chandra Shekharaiah and G. D. Radder. 1985. Response of Bengal gram to moisture stress. *Indian J. of Agron.* 30: 104-106.
26. Paradkis, T. S. 1940. The relation of the number of tillers per unit area to the yield of wheat and its bearing on fertilizing and breeding this plant: The space factor. *Soil Sci.* 50: 369-388.
27. Rashid, A. 1986. Mechanism of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). PhD Thesis, Department of Soil Science, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
28. Rezvani Moghaddam, P. and A. Koocheki. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects – Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.
29. Rodriguez, P., A. Torrecillas, M. A. Morales, M. F. Ortuno and M. J. Sanchez-Blanco. 2005. Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of *Asteriscus Maritimus* plants. *Environ. Exp. Botany* 53: 113-123.
30. Romero-Aranda, R., T. Soria and J. Cuartero. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* 160: 265-272.
31. Veli, S., Y. Kyrtok, S. Dzenli, S. T. Kel and M. Kylyn. 1994. Evaluation of salinity stress on germination characteristics and seedling growth of three bread wheats (*T. aestivum* L.). Tarla Bitkileri Kong, Agronomi Bildirileri, Bornova-Üzmir, Cilt. 1, pp. 57-61.
32. Volkmar, K. M., H. Hu and H. Stephun. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. *Can. J. Plant Sci.* 78: 19-27.
33. Wang, Y. and N. Nil. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus Tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75: 623-627.
34. Weimberg, R. 1987. Solute adjustments in leaves of two species of wheat at two different stages of growth in response to salinity. *Physiol. Plant.* 70: 381-388.
35. Wyn Jones, R. G. and T. Gorham. 1993. Salt tolerance. PP. 271-292. *In:* Johnson, C.B. (Ed.), *Physiological Processes, Limiting Plant Productivity*, Butterworths, London.