بررسی پاسخ فیزیولوژیک ۱۹ رقم گندم به تنش شوری در مرحله گیاهچه ای

روزبه فرهودی و زهرا خدارحم پور
گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۷ ، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۷/۲۲)

چکیده:

این پژوهش به منظور بررسی واکنش ارقام گندم به تنش شوری در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار به صورت گلدانی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر در سال ۱۳۹۱ انجام شد. در این آزمایش واکنش ۱۹ رقم گندم (چمران، کارچیا ٦٦، سرخ تخم، مهدوی، طبسی، آزادی، داراب ۲، گلستان، نیک نژاد، فلات، سرداری، بیستون، ماهوتی، روشن، الوند، کویر، قدس، اترک و تجن) در مرحله گیاهچه ای در دو سطح شوری (۰ به عنوان شاهد و محلول ۱۰ دسی زیمنس بر متر نمک کلرید سدیم) بررسی شد. بر اساس تجزیه کلاستر، ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی در کلاستر اول و متحمل به شوری قرار گرفتند اما ارقام آزادی و اترک، تجن، چمران، داراب ۲، فلات، گلستان و قدس در کلاستر سوم قرار گرفتند. نتایج نشان داد سه رقم آزادی، قدس و اترک در این آزمایش بیشترین تاخیر در ظهور گیاهچه، غلظت مالون دی آلدهید (تخریب غشا سلولی) و غلظت سدیم برگ و کمترین فتوسنتز و وزن خشک گیاهچه را داشتند. ارقام متحمل به شوری (کلاستر اول) تحت تاثیر تنش شوری از غلظت سدیم برگ کمتر و نسبت پتاسیم به سدیم برگ، رطوبت نسبی برگ، فتوسنتز بیشتر و در نهایت وزن خشک گیاهچه بیشتری برخوردار بودند. به نظر می رسد صفات وزن خشک گیاهچه، رطوبت نسبی برگ، غلظت مالون دی آلدهید و نسبت پتاسیم به سدیم برگ برای انتخاب ارقام گندم متحمل به شوری در مرحله گیاهچه ای مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، تجزیه کلاستر، سدیم، گندم، وزن خشک، مالون دی آلدهید.

مقدمه:

تنش‌های محیطی مانند شوری منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند لذا بررسی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی اهمیت زیادی دارد. درک پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی جهت تولید و اصلاح ارقام متحمل به تنش کاملاً ضروری است. از آنجا که شرایط تنش‌زای محیطی سبب اختلال در فعالیت‌های گیاهی می‌شوند لذا بررسی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی به عنوان ابزاری برای مطالعه و شناخت مکانیسم‌های تحمل در گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kerepesi and Galiba, 2000; Okcu *et al.*, 2005; Qasim *et al.*, 2003; Carden *et al.*, 2003). محققین تنش شوری را تجمع یون‌هایی نظیر سدیم، سولفات و کلر در محیط ریزوسفر بیان نموده‌اند به نحوی که رشد و نمو طبیعی گیاه را به دلیل اختلال در جذب آب و املاح و همچنین مسمومیت یونی مختل سازد (Jakob *et al.*, 2005).. تنش شوری با تأثیر سوء بر فرآیند جوانه‌زنی، توزیع یون‌ها، فتوسنتز، قابلیت دسترسی به آب برای گیاه و اختلال در فرآیندهای آنزیمی و بیوشیمیایی در نهایت موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم می‌شود (Pervize *et al.,* 2002; Munns and James, 2003; Okcu *et al.,* 2005; Qasim *et al.,* 2003). در زمینه

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: rfarhoudi@gmail.com

ارقام گیاهان زراعی متحمل به تنش شوری از جمله گندم معمولاً صفاتی نظیر تجمع و توزیع یون‌هایی مانند کلر، سدیم و پتاسیم، توانایی فتوسنتز، روابط آبی گیاه، ، تولید اسمولیت های سازگار، تغییرات وزن خشک گیاه و عملکرد گیاه لحاظ می‌شود (بنده حق و همکاران، ١٣٨٣؛ پوستینی، ١٣٨١؛ فرهودی، ١٣٩٠).

تحقیقات نشان داد تنوع ژنتیکی گسترده‌ای میان ارقام گندم در زمینه تحمل تنش شوری وجود دارد ارقام گندم در گستره متحمل به تنش شوری تا بسیار حساس به تنش شوری دسته‌بندی می شوند (پوستینی، ١٣٨١؛ بنده حق و همکاران، ١٣٨٣). بررسی وزن خشک اندام هوایی و نسبت پتاسیم به سدیم برگ ارقام گندم یک معیار مناسب جهت انتخاب ارقام متحمل به تنش شوری در گندم است زیرا ارقام متحمل به تنش شوری در شرایط تنش از وزن خشک و نسبت پتاسیم به سدیم بیشتری در برگ برخوردارند (Poustini and Siosemardeh, 2004). تحقیقات Shirazi و همکاران (٢٠٠٥) بیانگر کاهش وزن خشک اندام هوایی ارقام گندم تحت تأثیر تنش شوری است. ایشان مشاهده نمودند توزیع یون‌ها و توانایی حفظ رطوبت برگ در تحمل تنش شوری ارقام گندم نقش به سزایی دارد زیرا ارقام گندم متحمل به تنش شوری غلظت سدیم کمتر و رطوبت نسبی برگ بیشتری در شرایط تنش داشتند. کاهش جذب سدیم، نگهداری یون سدیم در محیط ریشه و جلوگیری از انتقال آن به اندام هوایی و همچنین افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ در تحمل به شوری ارقام گندم دوروم نقش اساسی دارد (Munns and James, 2003) زیرا یون پتاسیم در شرایط تنش شوری موجب حفظ پایداری غشا سلولی، بهبود وضعیت رطوبتی گیاه و کاهش اثرات منفی یون سدیم در گیاهان می‌شود (Ashraf. M. and McNeilly, 2004; Bandeoglu *et al.,* 2004; Asch *et al.,* 2000; تحقیقات Carden و همکاران (٢٠٠٣) نیز نشان داد بررسی نسبت پتاسیم به سدیم برگ و توزیع یون ها در پیکره ارقام جو یک شاخص مناسب جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری جو می‌باشد.

بررسی تخریب غشاهای سلولی و تولید مالون دی آلدهید ناشی از تخریب غشاهای سلولی یکی از معیارهای بررسی واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله شوری است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Munns, 2002). محققان با بررسی واکنش گیاهچه برنج ارزن به تنش شوری مشاهده نمودند تنش شوری سبب افزایش غلظت مالون دی آلدهید در گیاهان مورد مطالعه شد اما میزان تخریب غشا سلولی در ارقام متحمل به شوری این گیاهان بسیار کمتر از ارقام حساس به تنش شوری بود (Bhattacharjee and Mukherjee, 2002; Sreenivasulu *et al.,* 2000).

از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی که نشان دهنده وضعیت آبی گیاهان تحت تاثیر شرایط تنش‌های محیطی هستند می‌توان به درصد رطوبت نسبی بافت گیاه اشاره کرد. تنش شوری سبب کاهش رطوبت نسبی برگ در ارقام گندم شد اما ارقام متحمل به شوری به کمک تنظیم اسمزی رطوبت نسبی برگ را در شرایط تنش بهتر حفظ نمودند (Qasim *et al.,* 2003) در شرایط تنش شوری تجمع اسمولیت های سازگار نظیر پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در گیاهچه‌های برنج موجب افزایش رطوبت نسبی برگ و کاهش اثرات منفی تنش شوری بر سلامت غشاهای سلولی گیاهچه برنج شد (Bhattacharjee and Mukherjee, 2002). فرهودی (١٣٩٠) مشاهده نمود تنش شوری سبب افزایش غلظت کربوهیدرات های محلول برگ ارقام متحمل به شوری کلزا شد.

ارزیابی تحمل گیاهان به تنش‌های زیست محیطی به ویژه در خلال مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه عامل مهمی در انتخاب آنها برای کشت در شرایط مختلف می‌باشد. از آنجا که ارزیابی‌های معمول در شرایط مزرعه‌ای از یک سو زمان بر و از سوی دیگر تحت تأثیر عوامل غیرقابل کنترل متعددی از جمله عوامل خاکی، اقلیم و عملیات زراعی می‌باشند، بنابراین با استفاده از یک روش آزمایشگاهی تحت شرایط کنترل شده، امکان ارزیابی سریع و نسبتا دقیق عکس‌العمل گیاهان به تنش فراهم می‌گردد. شناخت سازوکارهای تحمل تنش شوری در گیاهان به انتخاب ارقام مناسب برای کشت در مناطقی که در معرض این تنش هستند کمک می کند. ارقام مختلف گندم واکنش‌های متفاوتی به تنش شوری نشان می دهند و در دامنه

گسترده ای از ارقام متحمل تا حساس به شوری قرار می گیرند (پوستینی،۱۳۸۱؛ بنده حق و همکاران، ۱۳۸۳). این پژوهش به منظور شناسایی سازوکارهای فیزیولوژیک واکنش ۱۹ رقم گندم به تنش شوری در مرحله رشد گیاهچه ای و گروه‌بندی آنها براساس تجزیه کلاستر انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش به منظور بررسی پاسخ فیزیولوژیک واکنش ۱۹ رقم گندم با نام‌های چمران، کارچیا ٦٦، سرخ تخم، مهدوی، طبسی، آزادی، داراب ۲، گلستان، نیک نژاد، فلات، سرداری، بیستون، ماهوتی، روشن، الوند، کویر، قدس، اترک و تجن تحت تأثیر تنش شوری در مرحله رشد گیاهچه در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران در سال ۱۳۹۱انجام شد. پوستینی (۱۳۸۱) عملکرد دانه و شاخص تحمل تنش شوری این ارقام را در قالب ۳۰ رقم گندم بررسی نمود و ارقام نیک نژاد، کارچیا ٦٦، طبسی، سرخ تخم، ماهوتی و مهدوی را متحمل به شوری و ارقام قدس و اترک را حساس به شوری معرفی نمود لذا این آزمایش به منظور بررسی تحمل شوری این ارقام به شوری در مرحله رشد گیاهچه و سازوکارهای احتمالی تحمل تنش شوری انجام شد. سطوح شوری این آزمایش بر اساس یک پیش آزمایش از بین سطوح شوری ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر و بر اساس جوانه زنی انتخاب شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از دو سطح تنش شوری شامل آبیاری با محلول صفر و ۱۰ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم (ساخت شرکت مرک آلمان) به عنوان فاکتور اول و ارقام گندم ذکر شده به عنوان فاکتور دوم. در این آزمایش از محلول هوگلند (Gunes *et al.*, 2007) ۵۰ درصد با هدایت الکتریکی ۰/۳ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری گلدان ها استفاده شد که از این هدایت الکتریکی صرفنظر شد. محیط کشت گلدان‌هایی به حجم یک لیتر بود که توسط مخلوط پرلیت دانه ریز و درشت به نسبت ۳ به ۱ پر شده بود. تاریخ کاشت ۱۵ آبان ماه ۱۳۹۱ بود و در زمان کاشت در هر گلدان ١٤ عدد بذر از رقم مورد نظر کشت شد و بعد از استقرار گیاهچه‌ها و ثبت شمارش جوانه‌زنی، بوته‌های اضافی تنک شده و در هر گلدان ۱۰ گیاهچه باقی گذاشته شد. از ابتدای آزمایش، تنش شوری با آبیاری اعمال شد و میزان شوری در اولین آبیاری ۵ دسی زیمنس یر متر بود. آبیاری گلدان‌ها با محلول هوگلند (Gunes *et al.*, 2007) انجام شد. چهار هفته پس از آغاز تنش شوری برداشت گیاهچه جهت بررسی صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک آغاز شد.

زمان لازم تا ظهور گیاهچه و وزن خشک گیاهچه: به منظور بررسی تعداد روز تا ظهور پنجاه درصد جوانه‌ها در سطح گلدان، بعد از اولین آبیاری مدت زمان لازم تا خروج پنجاه درصد گیاهچه‌ها از سطح گلدان ثبت شد. معیار ظهور گیاهچه، خروج یک سانتی متر کلئوپتیل از سطح گلدان بود. برای بررسی وزن خشک گیاهچه، در پایان آزمایش ۲ دو گیاهچه از هر گلدان برداشت و به آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ٤٨ ساعت منتقل شد.

اندازه گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم: به منظور اندازه گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم از اولین برگ گیاهچه گندم استفاده شد. به این منظور ۰/۲ گرم ماده خشک در کوره الکتریکی با دمای ۵۸۰ درجه سانتیگراد به مدت چهار ساعت در کروزه چینی حرارت داده شد. خاکستر به دست آمده با پنج میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ بدون تنش شستشو داده شد تا کاتیون‌ها آزاد شوند. عصاره با کاغذ صافی صاف شد. به منظور اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم در محلول حاصله از دستگاه فلایم فتومتر مدل Carl Ziess و منحنی استاندارد استفاده شد (Owen,1992).

غلظت مالون دی آلدهید برگ: به منظور تعیین غلظت مالون دی آلدهید در برگ، ابتدا نیم گرم برگ تازه را در محلول ۲۰ درصد تیوکلرو استیک اسید که حاوی ۰/۵ درصد تیو باربیتوریک اسید بود کاملاً پودر کرده و آنگاه این مخلوط به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد در حمام بن ماری حرارت داده شد. سپس این مخلوط را در حمام یخ سرد

کرده و غلظت مالون دی آلدئید در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد (Valentovic *et al.*, 2006).

درصد رطوبت نسبی برگ: به این نظور نیم گرم از بافت اولین برگ توسعه یافته جدا شده و پس از وزن نمودن برگ (وزن تر)، نمونه ها به مدت ٢٤ ساعت دریک طرف دربسته در آب مقطر شناور شده و وزن آنها مجدداً اندازه گیری شد (وزن اشباع). بعد از این مدت برگ‌ها به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ٢٤ ساعت منتقل شدند و وزن خشک برگ‌ها اندازه‌گیری شد. درصد رطوبت نسبی برگ بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Shirazi *et al.*, 2005):

رابطه ۱

$$\text{درصد رطوبت نسبی برگ} = \frac{\text{(وزن خشک – وزن تر)}}{\text{(وزن خشک – وزن اشباع)}} \times ۱۰۰$$

غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ: به منظور بررسی غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ ابتدا ۰/۱ گرم برگ خشک آسیاب شده در یک لوله‌ی آزمایشی ریخته شد و ۱۵ میلی‌لیتر الکل اتانول ۸۰ درصد در حال جوشیدن به آن اضافه شد. بعد از حدود ۲۰ ثانیه نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. بعد از این مدت محلول روشناور جدا شده و در یک لوله‌ی آزمایش دیگر ریخته شد این عمل دو مرتبه تکرار شد. جهت تبخیر الکل اتانول نمونه‌ها به آون ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد منتقل شدند. در ادامه ٤۰ میلی‌لیتر آب مقطر به لوله‌های آزمایشی اضافه شد. جهت حذف رسوبات اضافی مانند تانن‌ها ٤/۷ میلی‌لیتر هیدروکسید باریم ۰/۳ بدون تنش و ۳ دقیقه بعد ۵ میلی‌لیتر سولفات روی ۵٪ اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. بعد از این مدت ۲ میلی‌لیتر عصاره روشناور جدا شد و به همراه ۱ میلی‌لیتر محلول فنول ۵٪ به یک لوله آزمایش دیگر منتقل شده و به شدت تکان داده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ به داخل هر لوله آزمایش اضافه شد. بعد از ٤۵ دقیقه و با تثبیت رنگ قهوه‌ای در نمونه‌ها میزان جذب با استفاده از اسپکتوفتومتر در طول موج ٤۸۵ نانومتر قرائت شد. جهت قرائت ابتدا محلول‌های استاندارد ۰، ۱۰ الی ۱۰۰ ppm گلوکز ساخته شد و منحنی استاندارد رسم گردید. با استفاده از منحنی استاندارد و اعداد قرائت شده مقدار کربوهیدرات‌های محلول محاسبه شد (Dubois *et al.*, 1956).

غلظت کلروفیل برگ: برای تعیین غلظت مجموع کلروفیل a و b برگ ابتدا نیم گرم برگ تازه با ده میلی لیتر محلول استون ۸۰ درصد کوبیده و له شد. سپس نمونه ها توسط کاغذ صافی صاف شدند و حجم آن توسط استون به ۵۰ میلی لیتر رسید. محلول حاصله توسط دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد. به این منظور ابتدا دستگاه با استون صفر شده و میزان جذب محلول در طول موج ٦٦۳ (کلروفیلa) و طول موج ٦٤۵ (کلروفیلb) بررسی شد. بر اساس اعداد خوانده شده توسط دستگاه اسپکتوفتومتر غلظت مجموع کلروفیل بر اساس میکروگرم بر وزن تر برگ بیان شد(Gunes *et al.*, 2007).

به منظور ارزیابی تأثیر تنش شوری بر صفات مورد بررسی، درصد تغییرات صفات مورد نظر بین سطح شوری و شاهد بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (فرشادفر و جوادی نیا، ۱۳۹۰):

رابطه ۲

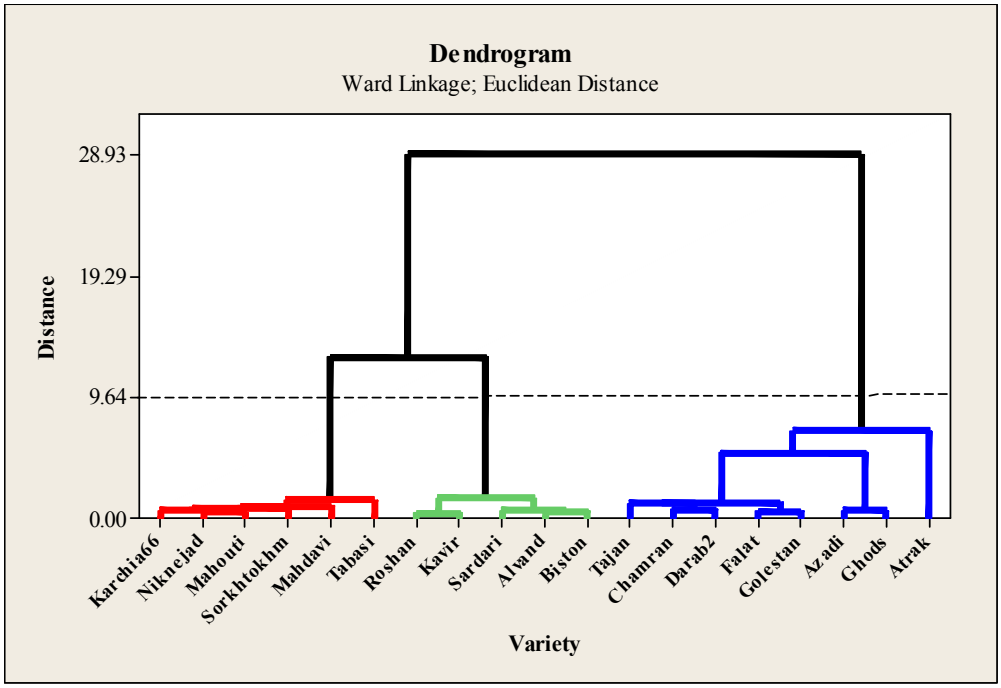
$$\text{درصد تغییرات} = \frac{\overline{X}_p - \overline{X}_s}{\overline{X}_p}$$

در این رابطه $\overline{X}_p$ و $\overline{X}_s$ به ترتیب میانگین صفت در شرایط بدون تنش و تنش شوری است. مثبت بودن درصد تغییر به معنی کاهش میزان صفت مورد نظر تحت تأثیر تنش و منفی بودن آن به معنی افزایش میزان صفت مورد نظر تحت تاثیر تنش است.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت. تجزیه کلاستر با استفاده از نرم افزار Minitab 16 انجام شد.

نتایج و بحث:

تجزیه کلاستر: تجزیه کلاستر بر اساس ۹ صفت مورد مطالعه باعث تشکیل سه کلاستر شد. کلاستر اول که بیانگر ارقام متحمل به شوری بود شامل ارقام کارچیا ٦٦، نیک‌نژاد، ماهوتی، سرخ تخم، مهدوی و طبسی می باشد. ارقام روشن، کویر، سرداری، الوند و بیستون در گروه بعدی قرار گرفتند. کلاستر سوم شامل ارقام تجن، چمران، داراب ۲، فلات، گلستان،



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ۱۹ رقم گندم در مرحله گیاهچه ای تحت تاثیر تنش شوری

جدول ۱ - تجزیه واریانس میانگین مربعات تاثیر تنش شوری بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم

منبع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	تعداد روز تا ۵۰درصد جوانه زنی	غلظت سدیم برگ	غلظت پتاسیم برگ	مجموع کلروفیل a و b	غلظت کربوهیدرات محلول برگ	غلظت مالون دی آلدهید برگ	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	رطوبت نسبی برگ
تکرار	۳	۲۰۷/۶ ns	۹۷۱/۲**	۲۶۱/٤**	۱۱/٤ ns	۷۵/۹ **	۵۰۸/۱ **	۰/۰۰۱ **	۲/۱ ns	۵۱/٦ **
رقم	۱۸	۱۰۲۷٤/۲**	۸۵۱/۱ **	۳۳۷/۵**	۵۰۸/۹ **	۸۱/۱ **	۲۸۸۱/۰ **	۰/۰۰۱۳ **	۱٤۹/۲ **	۱۷۵/۲ **
شوری	۱	۸۲۷۷/۱ **	۵۱۱/۵ **	۵۳۰/۸**	۹٤۲/٦ **	٦۸/۷ **	۱۰٦۸/۰ **	۰/۰۰۱۷ **	۲۰۷/۰ **	۸٤/۸ **
رقم*شوری	۱۸	۹۵۱٤/۱ **	٦۲۲/۱ **	۳٤۹/۰**	٤۵٤/۲ **	۹۱/۱ **	۱۲۵۹/۵ **	۰/۰۰۱٤ **	۹٤/۵ **	۱٤۱/۱ **
خطای آزمایش	۱۱۱	۲۰۰/۸	۲٤/۵	۱۰/۷	۹/۲	۸/۸	۱۵٤/۰	۰/۰۰۰۰۱	۱۲/۱	۷/۲

**** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال خطای آماری یک و پنج درصد ns: معنی دار نیست**

آزادی، قدس و اترک بود (شکل ۱). پوستینی (۱۳۸۱) گزارش نمود ارقام کارچیا ٦٦، طبسی، مهدوی، ماهوتی، سرخ تخم، کویر و الوند بیشترین شاخص تحمل تنش شوری بر اساس عملکرد دانه به خود اختصاص دادند. علی رغم اینکه در این آزمایش درصد کاهش وزن خشک گیاهچه ارقام کویر و الوند تحت تاثیر تنش شوری در مقایسه با شاهد کمتر از ۲۵ درصد بود اما بر اساس تمامی صفات مورد بررسی، در کلاستر ۲ قرار گرفتند در حالیکه بر اساس گزارش پوستینی (۱۳۸۱) این دو رقم نیز از نظر شاخص تحمل شوری در رده ارقام متحمل به شوری بودند.

زمان لازم برای ظهور۵۰ درصد گیاهچه ها و وزن خشک گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس بیانگر تاثیر رقم، شوری و برهمکنش این دو فاکتور بر زمان لازم تا ظهور ۵۰ درصد گیاهچه ها و وزن خشک گیاهچه گندم است (جدول ۱). تنش شوری سبب افزایش زمان لازم برای ظهور ۵۰ درصد گیاهچه‌های گندم شد و این زمان در ارقام اترک و قدس به بیش از ۱۸ روز رسید در حالیکه در شرایط تنش شوری ارقام کارچیا ٦٦، طبسی، سرخ تخم، ماهوتی، نیک نژاد و مهدوی کمترین زمان لازم برای ظهور۵۰ درصد گیاهچه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر تنش شوری بر وزن خشک، غلظت یون‌ها و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم

	وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته)		تعداد روز تا ۵۰ درصد جوانه زنی		غلظت سدیم برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک)		غلظت پتاسیم برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک)		نسبت پتاسیم به سدیم برگ	
رقم	**شاهد**	**شوری**	**شاهد**	**شوری**	**شاهد**	**شوری**	**شاهد**	**شوری**	**شاهد**	**شوری**
کار چیا ٦٦	۲/۳۳^{a}	۱/۸۲^{b}	٥/۱^{a}	۹/٤^{b}	۲۲/٤^{e}	۳۲/٤^{d}	٦۷/۲^{a}	٦۱/۱^{b}	٦۷/۲^{a}	٦۱/۱^{b}
نیک نژاد	۲/۳۱^{a}	۱/۹٤^{b}	٤/٦^{a}	۱۰/۲^{b}	۱۸/٤^{e}	۲۸/٤^{d}	٦٦/۱^{a}	٥۸/۲^{b}	٦٦/۱^{a}	٥۸/۲^{b}
ماهوتی	۲/۲۷^{a}	۱/۹٥^{b}	٤/۰^{a}	۱۰/۰^{b}	۲۱/۰^{e}	۲۹/٦^{d}	۷۱/۱^{a}	٦۲/۱^{b}	۷۱/۱^{a}	٦۲/۱^{b}
مهدوی	۲/٦۰^{a}	۱/۸۹^{b}	٥/٦^{a}	۹/۲^{b}	۲٥/۱^{e}	۳٦/۰^{d}	۷۳/۷^{a}	٦۳/٥^{b}	۷۳/۷^{a}	٦۳/٥^{b}
سرخ تخم	۲/۲۹^{a}	۱/۹۳^{b}	٤/۸^{a}	۹/۹^{b}	۲۰/٥^{e}	۲۷/٥^{de}	٦۹/۰^{a}	٦۱/۷^{b}	٦۹/۰^{a}	٦۱/۷^{b}
طبسی	۲/۳۲^{a}	۱/۹۲^{b}	٥/۰^{a}	۸/۹^{b}	۲۲/٤^{e}	۳۰/۷^{d}	٦۸/۲^{a}	٥۷/٥^{b}	٦۸/۲^{a}	٥۷/٥^{b}
روشن	۲/٤۷^{a}	۱/٥۱^{c}	٤/۷^{a}	۱۳/۲^{c}	۱۹/٤^{e}	٤۲/۲^{c}	۷۱/۷^{a}	٤۹/٦^{c}	۷۱/۷^{a}	٤۹/٦^{c}
کویر	۲/۲۱^{ab}	۱/٦٥^{c}	٤/٥^{a}	۱۳/۱^{c}	۱۹/٦^{e}	٤٦/۸^{c}	٦٥/٤^{a}	٤۸/٥^{c}	٦٥/٤^{a}	٤۸/٥^{c}
سرداری	۲/۳۲^{a}	۱/٤۷^{c}	٥/۳^{a}	۱۲/٥^{c}	۲۰/۳^{e}	٤۱/٤^{c}	٦۹/۰^{a}	٥۲/٤^{c}	٦۹/۰^{a}	٥۲/٤^{c}
الوند	۲/۲۸^{a}	۱/۷۹^{c}	٤/۲^{a}	۱۲/٥^{c}	۲۲/٤^{e}	٤٤/۱^{c}	٦۹/۲^{a}	٤۷/۱^{c}	٦۹/۲^{a}	٤۷/۱^{c}
بیستون	۲/۲۱^{ab}	۱/٤۱^{cd}	٤/۸^{a}	۱۳/٤^{c}	۱۹/۱^{e}	٤۸/۱^{bc}	۷۳/۲^{a}	٥۰/٦^{c}	۷۳/۲^{a}	٥۰/٦^{c}
تجن	۲/۲۲^{ab}	۱/۱۸^{d}	۷/۰^{ab}	۱٦/۱^{ed}	۲۲/٥^{e}	٥٥/۱^{b}	٦۷/۱^{a}	٤٥/۳^{cd}	٦۷/۱^{a}	٤٥/۳^{cd}
چمران	۲/۳٦^{a}	۱/۱۹^{d}	٥/۰^{a}	۱٥/۱^{d}	۲٤/۳^{e}	٥۳/۳^{b}	۷٤/۲^{a}	٤٤/۰^{d}	۷٤/۲^{a}	٤٤/۰^{d}
فلات	۲/۰٥^{b}	۱/۱٤^{d}	٤/۱^{a}	۱٤/۹^{d}	۲۱/۲^{e}	٥۱/۳^{b}	٦٥/۱^{a}	۳۹/۲^{d}	٦٥/۱^{a}	۳۹/۲^{d}
گلستان	۲/۰۹^{b}	۱/۲۸^{d}	٦/۹^{ab}	۱٥/۳^{d}	۲۲/۷^{e}	٤۹/٤^{b}	٦۸/۰^{a}	٤۱/٥^{d}	٦۸/۰^{a}	٤۱/٥^{d}
داراب ۲	۲/٥۹^{a}	۱/۲٥^{d}	٥/۱^{a}	۱٥/٥^{d}	۲٤/۰^{e}	٥٥/۱^{b}	٦۹/۳^{a}	۳۷/٤^{d}	٦۹/۳^{a}	۳۷/٤^{d}
آزادی	۲/۱۳^{ab}	۰/۹۱^{e}	٤/۹^{a}	۱٦/۲^{ed}	۲۱/۳^{e}	٦۹/٥^{a}	٦۱/۱^{b}	۳٦/۷^{e}	٦۱/۱^{b}	۳٦/۷^{e}
قدس	۲/۳۳^{a}	۰/۹٤^{e}	٥/٦^{a}	۱۸/۳^{e}	۲۲/۱^{e}	٦٦/۲^{a}	٥٤/۹^{b}	۳٥/۲^{e}	٥٤/۹^{b}	۳٥/۲^{e}
اترک	۲/۱۹^{ab}	۰/۸۷^{e}	٥/۱^{a}	۱۸/۹^{e}	۱۹/۱^{e}	۷۱/۲^{a}	٥۷/٤^{b}	۲۷/۹^{f}	٥۷/٤^{b}	۲۷/۹^{f}

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حرف مشترک دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن نمی باشند.

در شرایط بدون تنش ارقام فلات و گلستان وزن خشک گیاهچه کمتری در مقایسه با سایر ارقام داشتند. تنش شوری سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی تمام ارقام گندم مورد مطالعه شد. تحت تاثیر شوری ارقام قدس، آزادی و اترک به ترتیب با ۰/۹۱، ۰/۹٤ و ۰/۸۷ گرم بر بوته کمترین وزن خشک گیاهچه را در میان ۱۹ رقم مورد مطالعه به خود اختصاص دادند در حالی که ارقام کارچیا ٦٦، طبسی، سرخ تخم، ماهوتی، نیک نژاد و مهدوی بیشترین وزن خشک گیاهچه را در این شرایط داشتند (جدول ۲). نتایج جدول ۳ نشان داد در شرایط تنش شوری وزن خشک ارقام آزادی (۵۷ درصد)، قدس (٦۰ درصد) و اترک (٦۰ درصد) بیشترین درصد کاهش را در مقایسه با شرایط بدون تنش داشت که بیانگر آسیب پذیری این ارقام به تنش شوری است. تنش شوری سبب کاهش جوانه زنی، تاخیر در ظهور جوانه‌ها و کاهش وزن خشک گیاهچه در گیاهان زراعی می‌شود (Munns and James, 2003 ؛ Ashraf and McNeilly, 2004). تحت تاثیر تنش شوری با اختلال در جذب رطوبت و تجمع یون‌های سمی نظیر سدیم و کلر در برگ ارقام گندم سبب تاخیر در ظهور گیاهچه و کاهش شدید وزن خشک گیاهچه گندم شد (Munns and James,2003; Pervize *et al.*, 2002؛ پوستینی، ۱۳۸۱). وزن خشک گیاهچه گندم یک صفت مناسب جهت معرفی ارقام متحمل به تنش شوری است زیرا برآیند مکانیزم‌های تحمل تنش نظیر توزیع

ادامه جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر تنش شوری بر وزن خشک، غلظت یون ها و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم

	مجموع کلروفیل a و b (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)		غلظت مالون دی آلدهید (نانومول بر گرم وزن تر برگ)		غلظت کربوهیدرات محلول برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک)		رطوبت نسبی برگ (درصد)	
رقم	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری
کار چیا ٦٦	۷/۷^{a}	٦/٥^{b}	۰/۰۰۷۸^{e}	۰/۰۱٥^{d}	۲۷/۹^{f}	۷۱/۳^{a}	۹۱/۱^{a}	۸۲/٥^{b}
نیک نژاد	۷/۲^{ab}	٦/۸^{ab}	۰/۰۰۸۹^{e}	۰/۰۱۳^{d}	۳۲/۸^{ef}	۷۷/٤^{a}	۹۳/٤^{a}	۸٤/۷^{b}
ماهوتی	۷/۱^{ab}	٦/۲^{b}	۰/۰۰۸۱^{e}	۰/۰۱۹^{d}	۳۱/۱^{ef}	۷٦/۳^{a}	۹۱/۰^{a}	۸۲^{b}
مهدوی	٦/۱^{b}	٥/٦^{c}	۰/۰۰٦۲^{f}	۰/۰۲٤^{d}	۳۲/۱^{ef}	۷۲/۰^{a}	۸۸/۹^{a}	۸٤/٥^{b}
سرخ تخم	۷/٥^{a}	٦/۳^{b}	۰/۰۰۹۱^{e}	۰/۰۱۹^{d}	۲٤/۹^{f}	٥۹/۱^{b}	۹۳/۸^{a}	۸٤/۷^{b}
طبسی	٦/۳^{b}	٥/۹^{b}	۰/۰۰۸۰^{e}	۰/۰۲٦^{d}	۲٦/۱^{f}	٦۸/۷^{a}	۹٥/۱^{a}	۸٥/۹^{b}
روشن	۷/٥^{a}	٥/۱^{bc}	۰/۰۰۸٥^{e}	۰/۰٤۱^{c}	۳۱/۳^{ef}	٥۳/۷^{b}	۸۹/۲^{a}	۷۷/۲^{c}
کویر	٦/۷^{b}	٤/٥^{c}	۰/۰۰۹۲^{e}	۰/۰۳۸^{c}	۳۱/۷^{ef}	٥۰/۱^{b}	۹٤/۳^{a}	۷٥/۲^{c}
سرداری	٦/۲^{b}	٤/٦^{c}	۰/۰۰۸٤^{e}	۰/۰٤۱^{c}	۳٤/۱^{e}	٤۸/۹^{b}	۹۱/۸^{a}	۷۷/۰^{c}
الوند	٦/٥^{b}	٤/۷^{c}	۰/۰۰۸۸^{e}	۰/۰۳۱^{c}	۲۷/٦^{f}	٥۰/۸^{b}	۸۹/۰^{a}	۷۲/۱^{cd}
بیستون	۷/۳^{a}	٥/۲^{bc}	۰/۰۰۸۱^{e}	۰/۰۳٥^{c}	۲٦/۷^{f}	٥۷/۱^{b}	۸۹/۷^{a}	۷٤/۷^{c}
تجن	۷/٦^{a}	٤/۱^{d}	۰/۰۰۷۸^{e}	۰/۰٥۲^{b}	۲۳/۱^{f}	٥٥/٤^{b}	۹۳/۷^{a}	۷٤/٥^{c}
چمران	٦/٤^{b}	۳/۷^{d}	۰/۰۰٦۷^{f}	۰/۰٤۹^{b}	۳۰/٥^{ef}	٥۷/۲^{b}	۹۱/۲^{a}	۷۱/۱^{d}
فلات	۷/۹^{a}	٤/۰^{d}	۰/۰۰۹۲^{e}	۰/۰٥۸^{b}	۲٦/۳^{f}	٥۳/۹^{b}	۹۱/۰^{a}	٦۸/۱^{d}
گلستان	٦/۹^{ab}	۳/۷^{d}	۰/۰۰۸۳^{e}	۰/۰٥۳^{b}	۲۳/٤^{f}	٦۱/۰^{b}	۹۳/۰^{a}	٦۹/۷^{d}
داراب ۲	٦/۱^{b}	۳/٦^{d}	۰/۰۰۸۸^{e}	۰/۰٥٦^{b}	۳٤/۹^{e}	٥٦/۷^{b}	۸۹/٥^{a}	۷۰/۷^{d}
آزادی	٦/۸^{ab}	٤/۰^{d}	۰/۰۰۸٦^{e}	۰/۰٦۷^{a}	۲٤/۲^{f}	۳۹/۸^{d}	۸۹/۷^{a}	٦٤/۹^{e}
قدس	۷/٦^{a}	۲/۹^{e}	۰/۰۰۹۳^{e}	۰/۰۷۳^{a}	۳۰/۷^{ef}	٤٥/۳^{c}	۹۲/۰^{a}	٦۱/۸^{e}
اترک	۷/۰^{ab}	۳/۰^{e}	۰/۰۰۹۱^{e}	۰/۰۷۱^{a}	۳۳/۳^{e}	٤٤/۰^{c}	۹۲/۷^{a}	٦٤/۲^{e}

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حرف مشترک دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن نمی باشند.

یون‌ها، پایداری فتوسنتز، حفظ سلامت غشا سلولی و پایداری آنزیم‌ها منجر به حفظ سطح مطلوبی از وزن خشک اندام هوایی گندم می‌شود (Shirazi *et al*., 2005 ؛ بنده حق و همکاران، ۱۳۸۳).

مجموع کلروفیل a و b برگ: نتایج جدول ۱ نشان داد مجموع کلروفیل a و b برگ گندم تحت تاثیر رقم، شوری و برهمکنش رقم و شوری قرار گرفت. تنش شوری سبب کاهش مجموع کلروفیل a و b برگ ارقام گندم شد. در شرایط تنش شوری بیشترین غلظت کلروفیل در ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم ، طبسی و روشن مشاهده شد در حالیکه کمترین غلظت این رنگیزه‌های فتوسنتزی در ارقام قدس و اترک به میزان ۲/۹ و ۳/۰ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ ثبت شد (جدول ۲). بیشترین درصد کاهش مجموع کلروفیل a و b برگ در شرایط تنش شوری نیز مربوط به دو رقم قدس و اترک به میزان ٦۱ و ٥۸ درصد در مقایسه با شاهد بود که بیانگر تخریب شدید کلروفیل در این دو رقم است (جدول ۳). تحقیقات نشان داد تخریب کلروفیل و اختلال در عمل چرخه‌های فیزیولوژیکی ساخت کلروفیل یکی از دلایل اصلی کاهش غلظت کلروفیل و در نتیجه فرآیند فتوسنتز تحت تأثیر تنش شوری است (Munns, 2002). بررسی پایداری

جدول ۳- درصد تغییرات صفات مورد بررسی در گندم تحت تاثیر تنش شوری بین شرایط شاهد و تنش شوری

رقم	وزن خشک گیاهچه	تغییرات غلظت سدیم	تغییرات تاریخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی	تغییرات رطوبت نسبی برگ	تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم	تغییرات کربوهیدرات‌های محلول برگ	تغیرات غلظت پتاسیم برگ	تغییرات مجموع کلروفیل	تغییرات غلظت مالون دی‌آلدهید
کار چیا ٦٦	۲۱/۷	-٤٤/٦٤	-۸٤/۳۱	۹/٤٤	۳٦/۷۵	-۱۵۵/۵۵٦	۹/۰۷۷٤	۱۵/۵۸	-۹۲/۳۰۷۷
نیک نژاد	۱۷/۳	-۵٤/۳۵	-۱۲۱/۷	۹/۳۱۵	٤٤/۵٤	-۱۳۵/۹۷٦	۱۱/۹۵۲	۵/۵۵٦	-٤٦/۰٦۷٤
ماهوتی	۱٦/۲	-٤۰/٦۵	-۱۵۰	۹/۸۹	۳۵/۰۵	-۱٤۵/۳۳۸	۱۲/٦۵۸	۱۲/٦۸	-۱۳٤/۵٦۸
مهدوی	۲٦/۹	-٤۳/٤۳	-٦٤/۲۹	٤/۹٤۹	٤۹	-۱۲٤/۲۹۹	۱۳/۸٤	۸/۱۹۷	-۲۸۷/۰۹۷
سرخ تخم	۱۷/۰	-۳٤/۱۵	-۱۰٦/۳	۹/۷۰۱	۳٦/۳۹	-۱۳۷/۳٤۹	۱۰/۵۸	۱٦	-۱۰۸/۷۹۱
طبسی	۱۸/۱	-۳۷/۰۵	-۷۸	۹/٦۷٤	۳۷/۹٤	-۱٦۳/۲۱۸	۱۵/٦۸۹	٦/۳٤۹	-۲۲۵
روشن	۳۷/۱	-۱۱۷/۵	-۱۸۰/۹	۱۳/٤۵	٦۸/۱۹	-۷۱/۵٦۵۵	۳۰/۸۲۳	۳۲	-۳۸۲/۳۵۳
کویر	۲۷/٦	-۱۳۸/۸	-۱۹۱/۱	۲۰/۲۵	٦۸/۳٤	-۵۸/۰٤٤۲	۲۵/۸٤۱	۳۲/۸٤	-۳۱۳/۰٤۳
سرداری	۳٦/۱	-۱۰۳/۹	-۱۳۵/۸	۱٦/۱۲	٦۳/٦٤	-٤۳/٤۰۱۸	۲٤/۰۵۸	۲۵/۸۱	-۳۸۸/۰۹۵
الوند	۲۱/۱	-۹٦/۸۸	-۱۹۷/٦	۱۸/۹۹	٦۷/٦۲	-۸٤/۰۵۸	۳۱/۹۳٦	۲۷/٦۹	-۲۵۲/۲۷۳
بیستون	۳٦/۳	-۱۵۱/۸	-۱۷۹/۲	۱٦/۷۲	۷۰/۷	-۱۱۳/۸۵۸	۳۰/۸۷٤	۲۸/۷۷	-۳۳۲/۰۹۹
تجن	٤۹/۰	-۱۵۳/۳	-۱۳۰	۲۰/٤۹	۷۸/۲۱	-۱۳۹/۸۲۷	۳۲/٤۸۹	٤٦/۰۵	-۵٦٦/٦٦۷
چمران	٤۹/۲	-۱۱۹/۳	-۲۰۲	۲۲/۰٤	۷۲/۷	-۸۷/۵٤۱	٤۰/۷۰۱	٤۲/۱۹	-٦۳۱/۳٤۳
فلات	٤٤/۳	-۱٦۰/۸	-۲٦۳/٤	۲۵/۱٦	۸۰/۹٤	-۱۰٤/۹٤۳	۳۹/۷۸۵	٤۹/۳۷	-۵۳۰/٤۳۵
گلستان	۳۸/۸	-۱۱۷/٦	-۱۲۱/۷	۲۵/۰۵	۷٤/۰٤	-۱٦۰/٦۸٤	۳۸/۹۷۱	٤٦/۳۸	-۵۳۸/۵۵٤
داراب ۲	۵۲/۰	-۱۲۹/٦	-۲۰۳/۹	۲۱/۰۱	۷٦/۹۸	-٦۲/٤٦٤۲	٤٦/۰۳۲	٤۰/۹۸	-۵۳٦/۳٦٤
آزادی	۵۷/۲	-۲۲٦/۳	-۲۳۰/٦	۲۷/٦۵	۸۲/۱۹	-٦٤/٤٦۲۸	۳۹/۹۳۵	٤۱/۱۸	-٦۷۹/۰۷
قدس	٦۰/۱	-۲۰٤/۱	-۲۲٦/۸	۳۲/۸۳	۷۸/۰۹	-٤۷/۵۵۷	۳۵/۸۸۳	٦۱/۸٤	-٦۸٤/۹٤٦
اترک	٦۰/۲	-۲۷۲/۸	-۲۷۰/٦	۳۰/۷٤	۸۸/۱	-۳۲/۱۳۲۱	۵۱/۳۹٤	۵۸/۵۷	-٦۸۰/۲۲

مثبت بودن درصد تغییر به معنی کاهش میزان صفت مورد نظر تحت تاثیر تنش و منفی بودن آن به معنی افزایش میزان صفت مورد نظر تحت تاثیر تنش است.

کلروفیل در شرایط تنش شوری یکی از سازوکارهای انتخاب ارقام متحمل به شوری گیاهان زراعی است (Asch *et al.*, 2003). Zhao و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی واکنش ارقام یولاف به تنش شوری گزارش نمودند تنش شوری غلظت کلروفیل ارقام متحمل به شوری یولاف را کمتر از ۲۰ درصد و غلظت کلروفیل ارقام حساس به شوری این گیاه را بیش از ۵۰ درصد کاهش داد که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم: غلظت یون سدیم، یون پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ گیاهچه گندم تحت تاثیر رقم، شوری و برهمکنش رقم و شوری قرار گرفت (جدول ۱). تنش شوری سبب افزایش غلظت یون سدیم در برگ همه ارقام گندم مورد مطالعه شد اما بیشترین غلظت این یون تحت تاثیر تنش شوری در ارقام آزادی (٦۹/۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک)، اترک (۷۱/۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و قدس (٦٦/۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد (جدول ۲). تغییرات غلظت یون سدیم و افزایش آن در بافت برگ ارقام متحمل به تنش شوری کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی بین ۳٤ تا ۵٤ درصد بود در حالی که در

ارقام حساس به تنش شوری آزادی، اترک و قدس میزان تغییرات غلظت یون سدیم در مقایسه با شرایط بدون تنش بیش از ۲۰۰ درصد بود (جدول ۳). تنش شوری سبب کاهش غلظت یون پتاسیم در برگ ارقام گندم شد. در شرایط تنش شوری رقم اترک کمترین غلظت پتاسیم برگ را داشت (۲۷/۹ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و پس از آن ارقام آزادی و قدس کمترین غلظت این یون را در مقایسه با سایر ارقام گندم داشتند. ارقام قدس، آزادی و اترک در شرایط بدون تنش نیز در مقایسه با سایر ارقام گندم از غلظت پتاسیم کمتری برخوردار بودند که احتمالاً ناشی از توانایی زنتیکی کمتر آنها در جذب این یون می‌باشد (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول ۳ ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی کمترین تغییرات غلظت پتاسیم را در شرایط تنش شوری داشتند که معیار مثبتی در زمینه تحمل تنش شوری است. تحقیقات نشان داده در شرایط تنش شوری غلظت یون سدیم افزایش و غلظت یون پتاسیم کاهش می‌یابد و گیاهان متحمل به تنش شوری معمولا سدیم کمتر و پتاسیم بیشتری در مقایسه با گیاهان حساس جذب می کنند (پوستینی،۱۳۸۱؛ فرهودی، ۱۳۹۰) تحقیقات Poustini و Siosemardeh (۲۰۰٤) نشان داد ارقام متحمل به شوری گندم از غلظت سدیم کمتر و غلظت پتاسیم بیشتری در برگ برخوردار بودند که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

نتایج جدول ۲ نشان دهنده کاهش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم برگ ارقام گندم تحت تاثیر تنش شوری است. کمترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ به ترتیب در ارقام اترک، قدس و آزادی مشاهده شد در حالی که شش رقم کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ را داشتند. تحقیقات نشان داد که تجمع پتاسیم در برگ های گیاهان زراعی از جمله گندم تحت تاثیر شوری موجب افزایش تحمل شوری شد زیرا یون پتاسیم قادر است اثرات منفی یون سدیم بر سلامت غشاهای سلولی را کاهش دهد (پوستینی، ۱۳۸۱؛ Ashraf and McNeilly, 2004; Munns, 2002). محققان بررسی نسبت پتاسیم به سدیم برگ را به عنوان یک صفت مناسب برای تعیین ارقام متحمل به شوری جو گزارش نمودند زیرا افزایش نسبت پتاسیم به سدیم بیانگر کاهش جذب سدیم در شرایط تنش شوری یا جلوگیری از انتقال یون سدیم از ریشه به برگ ها می باشد (Cavalanti *et al.*,2007). در آزمایش حاضر نیز ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی که ازنسبت پتاسیم به سدیم برگ بیشتری در شرایط تنش برخوردار بودند و بر اساس تجزیه کلاستر ارقام متحمل به شوری گندم در این آزمایش بودند (جدول ۳، شکل ۱).

رطوبت نسبی و غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ:

نتایج آزمایش بیانگر تاثیر معنی‌دار شوری، رقم و بر همکنش این دو فاکتور بر رطوبت نسبی و غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ می‌باشد (جدول ۱). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار رطوبت نسبی برگ ارقام گندم شد. کمترین رطوبت نسبی برگ در ارقام آزادی، اترک و قدس (حدود ٦۰ درصد) مشاهده شد در حالیکه در این شرایط رطوبت نسبی برگ ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی بیش از ۸۰ درصد بود (جدول ۲). بررسی تغییرات رطوبت نسبی برگ ارقام گندم تحت تاثیر تنش شوری نیز نشان داد ارقام آزادی، قدس و اترک به ترتیب ۲۷، ۳۲ و ۳۰ درصد کاهش رطوبت برگ در مقایسه با شاهد داشتند در حالیکه تغییرات رطوبت نسبی برگ در ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی کمتر از ۱۰ درصد بود (جدول ۳). بررسی کربوهیدرات‌های محلول برگ بیانگر افزایش غلظت این صفت تحت تأثیر تنش شوری بود و بیشترین غلظت کربوهیدارت های محلول برگ در ارقام متحمل به شوری کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی و طبسی دیده شد در حالی که ارقام حساس به شوری اترک و قدس کمترین مقدار کربوهیدرات های محلول برگ را داشتند (جدول ۲). تحقیقات نشان داده بررسی رطوبت نسبی برگ یک فاکتور کلیدی در انتخاب گیاهان زراعی متحمل به تنش شوری است زیرا بیشتر بودن رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش به معنی جذب آب بیشتر و افزایش تورژسانس سلولی

است (Jakob *et al.*, 2005). محققان با بررسی واکنش ارقام کلزا (Qasim *et al.*, 2003) و گندم (Sherazi *et al.*, 2005) به تنش شوری دریافتند که شوری از طریق اختلال در روابط آبی گیاه منجر به کاهش رطوبت نسبی، سطح برگ و رشد گیاهان مورد مطالعه شد. افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ در گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش شوری علاوه بر اینکه در تنظیم اسمزی و حفظ رطوبت نسبی برگ نقش دارد، اهمیت ویژه‌ای در حفاظت غشاهای سلولی دارد (Munns,2002). غلظت کربوهیدرات‌های محلول گیاهچه‌های گندم تحت تاثیر تنش شوری جهت افزایش جذب آب و حفظ تورژسانس سلولی افزایش یافت (Kerepesi, and Galiba, 2000). نتایج جدول ۳ بیانگر افزایش اندک کربوهیدرات‌های محلول برگ در ارقام حساس به شوری اترک و قدس در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه است.

غلظت مالون دی آلدهید: نتایج آزمایش بیانگر تاثیر معنی‌دار شوری، رقم و بر همکنش این دو فاکتور بر غلظت مالون دی آلدهید برگ ارقام گندم می‌باشد (جدول ۱). تنش شوری سبب افزایش تخریب غشا سلولی و در نتیجه افزایش غلظت مالون دی آلدهید بافت برگ ارقام گندم شد. در شرایط تنش شوری بیشترین غلظت مالون دی آلدهید در ارقام آزادی، قدس و اترک به ترتیب به میزان ۰/۰٦۷، ۰/۰۷۳ و ۰/۰۷۱ نانومول بر گرم وزن تر برگ دیده شد در حالی که غلظت این ترکیب در ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی کمتر از ۰/۰۳۰ نانومول بر گرم وزن تر برگ بود (جدول ۲). نتایج جدول ۳ نیز بیانگر تغییرات بسیار شدید در غلظت این ترکیب تحت تاثیر تنش شوری در ارقام حساس به شوری آزادی، قدس و اترک می‌باشد. تنش‌های محیطی با تاثیر گذاری بر سلامت غشاهای سلولی که عمدتاً از اسیدهای چرب به همراه ترکیبات پروتینی و کربوهیدرات تشکیل شده‌اند، فرآیندهای گیاهی و سلامت سلول‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Cavalanti *et al.*, 2007). اندازه گیری میزان نشت پذیری غشا سلولی و میزان تخریب اسید های چرب غشا (از طریق اندازه‌گیری غلظت مالون دی آلدهید) از جمله راه‌های تعیین پایداری غشا در شرایط تنش می‌باشد یرا مقدار کمتر مالون دی آلدهید بیانگر پایداری بیشتر غشا سلولی تحت تاثیر تنش می باشد. تحقیقات روی برنج و کلزا نشان داد تنش شوری سبب تخریب غشاهای سلولی و افزایش غلظت مالون دی‌آلدهید بافت برگ این گیاهان شد شد اما میزان تجمع مالون دی‌آلدهید در رقم حساس به شوری بسیار بیشتر از رقم متحمل به شوری بود (فرهودی، ۱۳۹۰؛ Bhattacharjee and Mukherjee, 2002) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

نتیجه گیری:

نتایج این آزمایش بیانگر تاثیر منفی تنش شوری بر ظهور و رشد گیاهچه ارقام گندم مورد مطالعه بود. در میان این ارقام گندم بر اساس تجزیه کلاستر ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی در کلاستر اول و متحمل به تنش شوری قرار گرفتند. ارقام آزادی، اترک و قدس با کمترین وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر تنش شوری حساسترین ارقام به تنش شوری در این مرحله رشدی شناخته شدند و به همراه ارقام تجن، چمران، داراب ۲، فلات و گلستان در کلاستر سوم قرار گرفتند. سه رقم آزادی، قدس و اترک در این آزمایش بیشترین تاخیر در جوانه زنی، بیشترین غلظت مالون دی آلدهید (تخریب غشا سلولی) و بیشترین غلظت سدیم برگ را داشتند در حالیکه از کمترین وزن خشک گیاهچه، غلظت پتاسیم برگ، غلظت کربوهیدرات های محلول برگ و نسبت پتاسیم به سدیم برخوردار بودند. در همین حال ارقام کارچیا ٦٦، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی از بیشترین وزن خشک گیاهچه، غلظت کلروفیل، غلظت پتاسیم برگ، نسبت پتاسیم به سدیم برگ و کمترین غلظت سدیم و مالون دی آلدهید برگ برخوردار بودند. بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان گفت ارقام متحمل به شوری گندم در مرحله گیاهچه ای از غلظت پتاسیم برگ، نسبت پتاسیم به سدیم برگ و وزن خشک گیاهچه بیشتر و غلظت مالون دی آلدهید و سدیم کمتری در برگ برخوردار بودند که می‌تواند به عنوان یک معیار گزینشی در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد.

منابع:

بنده حق، ع.، کاظمی، ح.، ولی زاده، م. و جوانشیر، ع. ۱۳۸۳. مقاومت ارقام گندم بهاره به تنش شوری در مراحل رشد رویشی و زایشی، مجله علوم کشاورزی ایران ۳۵(۱):۷۱-۶۱.

پوستینی،ک. ۱۳۸۱. ارزیابی ۳۰ رقم گندم از نظر واکنش به تنش شوری، مجله علوم کشاورزی ایران ۳۳(۱): ٦٤-۵۷.

فرشاد فر، ع.ا. و جوادی نیا،ج. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپهای نخود از نظر تحمل تنش خشکی، مجله بهنژادی نهال و بذر، ۲۷(٤):۵۳۲-۵۱۷.

فرهودی، ر. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تنش شوری بر رشد رویشی، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت و غلظت مالون دی الدهید برگ ارقام کلزا . پژوهش های زراعی ایران ۹: ۱۲۳ - ۱۳۰.

Asch, F., Ding Kuhn, M., Dorffling, K. and Miezan, K.(2000) Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. Euphytica 113:109-118.

Ashraf. M. and McNeilly, T. (2004) Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Review of Plant Science 23: 157-174.

Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M. and Oktem, H.A. (2004) Antioxidant response of shoots and roots of lentil to NaCl Salinity stress. Plant Growth Regulation 42:69-77.

Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A. K. (2002) Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology 30:279-287.

Carden, D. E., Wakker, D. J., Flowers, T. J. and Miller, A. J. (2003) Single cell measurement of the concentration of cytosolic Na^+ and K^+ to salt tolerance. Plant Physiology 131: 676-685.

Cavalanti, F.R., Lima, J.P.M.S., Silva, S.L.F., Viegas, R.A. and Silveira, J. A. G. (2007) Roots and leaves display contrasting Oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology 164:591-600.

Dubois, M. K. A., Gilles, J.K., Hamilton, P.A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Snalytical Chemistry 28: 350-356.

Fernandez, G. C. J. (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the International Symposium on Biology of plants. (Ed. Kuo, C.G), American Society of Plant Biologists, Rockville, USA.

Gunes, A., Inal, A., Alpuslan, M., Fraslan, F., Guneri, E. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize grown under salinity. Journal of Plant Physiology 164: 728-736.

Jakob, G., Ton, J., Flors,V., Zimmerli, L. J., Metraux, P. and Mauch- Mani, B. (2005) Enhancing *Arabidopsis* salt and drought stress tolerance by chemical priming for its ABA Response. Plant Physiology 139: 267-274.

Kerepesi, I. and Galiba, G. (2000) Osmotic and salt stress- Induced Alteration in soluble carbohydrate content in wheat seeding. Crop Science 40:482-487.

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

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25:239-250.

Okcu, G., Kaya, M.D. and Atak, M. (2005) Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). Turkish Journal of Agriculture 29:137-243.

Owen, C.P.(1992). Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia, PP: 33-45.

Pervize, Z., Afzal, M., Xi, S., Xiaoe, Y. and Ancheng, L. (2002) Physiological parameters of salt tolerance in wheat. Asian Journal of Plant Science 1: 78-481.

Poustini, K., Siosemardeh, A. (2004) Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Research 55:125-133.

Qasim, M., Ashraf, M. M., Jamil, A. M., Rehman, Y., S., U. and Rha, E. S. (2003) Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. Annual Application of Biology 142:307-316.

Shirazi, M.U., Ashraf, M.Y., Khan, M.A. and Nagvi, M.H.(2005) Potassium induced salinity tolerance in wheat. International Journal of Environment Science Technology 2:233-236.

Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobns, U. and Weschke, W. (2000) Diffrentl response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensetive seedling of foxtail millet. Physiology Plantarum 109: 435-442.

Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovi, L. and Gasparikora, O. (2006) Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize cultivars. Plant Soil Environment 52:186-191.

Zhao, G.Q., Ma, B.L. and Ren, C. Z. (2007) Growth, Gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of Nakota Oat in response to salinity. Crop Science 47: 123-131.