

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 گلخانه ای در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر در سال ۱۳۹۱ انجام شد. در این آزمایش واکنش ۱۹ رقم گندم (چمران، کارچیا ۶۶، سرخ تخم، مهدوی، طبعی، 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 ۶۶، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبعی 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 آلدئید (تخریب غشا سلولی) و غلظت سدیم برگ و کمترین فتوستز 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، فتوستز بیشتر و در نهایت وزن خشک گیاهچه بیشتری برخوردار بودند. به نظر می رسد صفات وزن خشک گیاهچه، رطوبت نسبی برگ، غلظت مالون دی آلدئید و نسبت پتاسیم به سدیم برگ برای انتخاب ارقام گندم متحمل به شوری در مرحله گیاهچه ای مناسب باشد.

واژه های کلیدی: پتاسیم، تجزیه کلاستر، سدیم، گندم، وزن خشک، مالون دی آلدئید.

مقدمه:

(al., 2003; Carden et al., 2003). محققین تنش شوری را

تجمع یون های نظیر سدیم، سولفات و کلر در محیط ریزوسفر بیان نموده اند 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 جوانه زنی، توزیع یونها، فتوستز، 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 می شود (Pervize et al., 2002; Munns and James, 2003; Okcu et al., 2005; Qasim et al., 2003). در زمینه

تنش های محیطی مانند شوری منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می گردند لذا بررسی پاسخ گیاهان به تنش های محیطی اهمیت زیادی دارد. درک پاسخ گیاهان به تنش های محیطی جهت تولید و اصلاح ارقام متحمل به تنش کاملاً ضروری است. از آنجا که شرایط تنش زای محیطی سبب اختلال در فعالیت های گیاهی می شوند لذا بررسی پاسخ گیاهان به تنش های محیطی به عنوان ابزاری برای مطالعه و شناخت مکانیسم های تحمل در گیاه مورد استفاده قرار می گیرد (Kerepesi and Galiba, 2000; Okcu et al., 2005; Qasim et al., 2003).

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 آلدئید 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 (۱۳۹۰) 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 نسبتاً 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 می‌کند. ارقام مختلف گندم واکنش‌های متفاوتی به تنش شوری نشان می‌دهند و در دامنه

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، ۱۳۸۳؛ پوستینی، ۱۳۸۱؛ فرهودی، ۱۳۹۰).

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 می‌شوند (پوستینی، ۱۳۸۱؛ بنده حق و همکاران، ۱۳۸۳). 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 (۲۰۰۵) 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, 2000; Bandeoglu et al., 2004; Asch et al., 2000; Carden و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان داد بررسی نسبت پتاسیم به سدیم برگ و توزیع یون‌ها در پیکره ارقام جو یک شاخص مناسب جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری جو می‌باشد.

بررسی تخریب غشاهای سلولی و تولید مالون دی آلدئید

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 گروه بندی آنها براساس تجزیه کلاستر انجام شد.

مواد و روش ها:

این آزمایش به منظور بررسی پاسخ فیزیولوژیک واکنش ۱۹ رقم گندم با نام های چمران، کارچیا ۶۶، 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 ۱۳۹۱ انجام 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 ۶۶، 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 صرف نظر شد. محیط کشت گلدان هایی 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 ۱۴ عدد بذر از رقم مورد نظر کشت شد و بعد از استقرار گیاهچه ها و ثبت شمارش جوانه زنی، بوته های 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 بر متر بود. آبیاری گلدان ها 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 جوانه ها در سطح گلدان، بعد از اولین آبیاری مدت زمان لازم تا خروج پنجاه درصد گیاهچه ها 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 ۴۸ ساعت منتقل شد.

اندازه گیری غلظت یون های سدیم و پتاسیم: به منظور

اندازه گیری غلظت یون های 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 کاتیون ها آزاد شوند. عصاره با کاغذ صافی صاف شد. به منظور اندازه گیری یون های سدیم و پتاسیم در محلول حاصله از دستگاه فلاایم فتومتر مدل Carl Ziess و منحنی استاندارد استفاده شد (Owen, 1992).

غلظت مالون دی آلدئید برگ: به منظور تعیین غلظت

مالون دی آلدئید 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 منظور نیم گرم از بافت اولین برگ توسعه یافته جدا شده و پس از وزن نمودن برگ (وزن تر)، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در یک طرف در بسته در آب مقطر شناور شده و وزن آنها مجدداً اندازه گیری شد (وزن اشباع). بعد از این مدت برگ ها به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت منتقل شدند و وزن خشک برگ ها اندازه گیری شد. درصد رطوبت نسبی برگ بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Shirazi et al., 2005):

رابطه ۱

$$\text{درصد رطوبت نسبی برگ} = \frac{(\text{وزن خشک - وزن تر})}{(\text{وزن خشک - وزن اشباع})} \times 100$$

غلظت کربوهیدرات های محلول برگ: به منظور بررسی غلظت کربوهیدرات های محلول برگ ابتدا ۰/۱ گرم برگ خشک آسیاب شده در یک لوله ی آزمایشی ریخته شد و ۱۵ میلی لیتر الکل اتانول ۸۰ درصد در حال جوشیدن به آن اضافه شد. بعد از حدود ۲۰ ثانیه نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. بعد از این مدت محلول روشنار جدا شده و در یک لوله ی آزمایش دیگر ریخته شد این عمل دو مرتبه تکرار شد. جهت تبخیر الکل اتانول نمونه ها به آون ۷۰ درجه ی سانتی گراد منتقل شدند. در ادامه ۴۰ میلی لیتر آب مقطر به لوله های آزمایشی اضافه شد. جهت حذف رسوبات اضافی مانند تانن ها ۴/۷ میلی لیتر هیدروکسید باریم ۰/۳ بدون تنش و ۳ دقیقه بعد ۵ میلی لیتر سولفات روی ۵٪ اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. بعد از این مدت ۲ میلی لیتر عصاره روشنار جدا شد و به همراه ۱ میلی لیتر محلول فنول ۵٪ به یک لوله آزمایش دیگر منتقل شده و به شدت تکان داده شد. سپس ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ به داخل هر لوله آزمایش اضافه شد. بعد از ۴۵ دقیقه و با تثبیت رنگ قهوه ای در نمونه ها میزان جذب با استفاده از اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شد. جهت قرائت ابتدا محلول های استاندارد ۰، ۱۰ الی ۱۰۰ ppm گلوکز ساخته شد و منحنی استاندارد رسم گردید.

با استفاده از منحنی استاندارد و اعداد قرائت شده مقدار کربوهیدرات های 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 ۶۶۳ (کلروفیل a) و طول موج ۶۴۵ (کلروفیل b) 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 جوادى نیا، ۱۳۹۰):

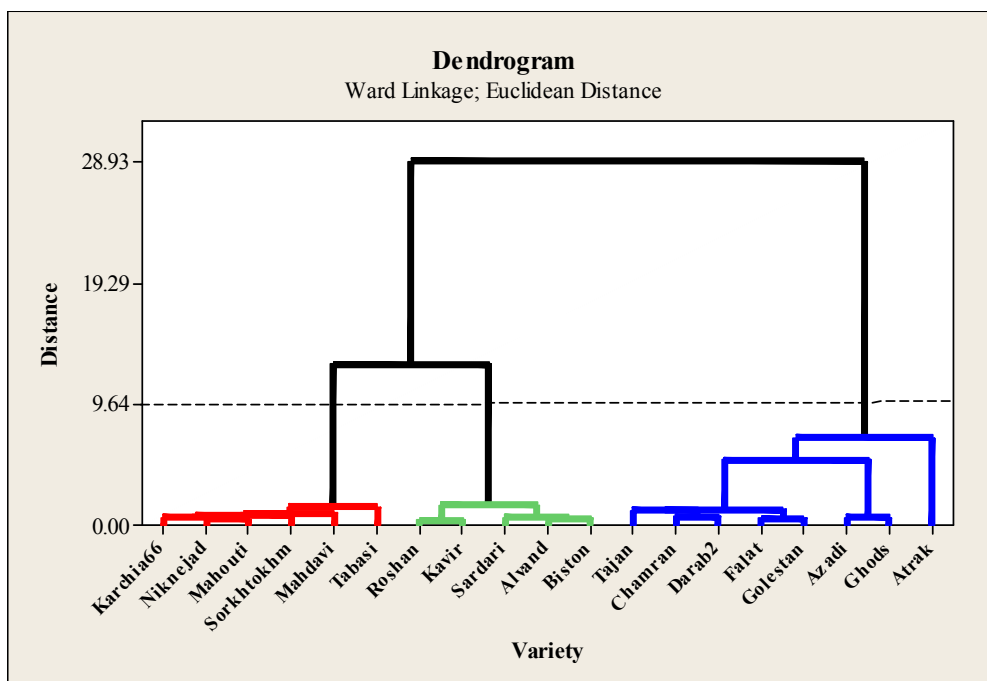
$$\text{رابطه ۲} \quad \text{درصد تغییرات} = \frac{\bar{X}_p - \bar{X}_s}{\bar{X}_p}$$

در این رابطه $\bar{X}_p$ و $\bar{X}_s$ 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 تأثیر تنش است.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها 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 ۶۶، نیک نژاد، 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 ۵۰ درصد 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**	۲۶۱/۴**	۱۱/۴ ^{ns}	۷۵/۹**	۵۰۸/۱**	۰/۰۰۱**	۲/۱ ^{ns}	۵۱/۶**
رقم	۱۸	۱۰۲۷۴/۲**	۸۵۱/۱**	۳۳۷/۵**	۵۰۸/۹**	۸۱/۱**	۲۸۸۱/۰**	۰/۰۰۱۳**	۱۴۹/۲**	۱۷۵/۲**
شوری	۱	۸۲۷۷/۱**	۵۱۱/۵**	۵۳۰/۸**	۹۴۲/۶**	۶۸/۷**	۱۰۶۷۰**	۰/۰۰۱۷**	۲۰۷/۰**	۸۴/۸**
رقم*شوری	۱۸	۹۵۱۴/۱**	۶۲۲/۱**	۳۴۹/۰**	۴۵۴/۲**	۹۱/۱**	۱۲۵۹/۵**	۰/۰۰۱۴**	۹۴/۵**	۱۴۱/۱**
خطای آزمایش	۱۱۱	۲۰۰/۸	۲۴/۵	۱۰/۷	۹/۲	۸/۸	۱۵۴/۰	۰/۰۰۰۰۱	۱۲/۱	۷/۲

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

زمان لازم برای ظهور ۵۰ 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 گیاهچه های گندم شد و این زمان در ارقام اترک و قدس به بیش از ۱۸ روز رسید در حالیکه در شرایط تنش شوری ارقام کارچیا ۶۶، طبسی، سرخ تخم، ماهوتی، نیک نژاد و مهدوی کمترین زمان لازم برای ظهور ۵۰ درصد گیاهچه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

آزادی، قدس و اترک بود (شکل ۱). پوستینی (۱۳۸۱) گزارش نمود ارقام کارچیا ۶۶، 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.

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						
شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	رقم
۶۱/۱ ^b	۶۷/۲ ^a	۶۱/۱ ^b	۶۷/۲ ^a	۳۲/۴ ^d	۲۲/۴ ^e	۹/۴ ^b	۵/۱ ^a	۱/۸۲ ^b	۲/۳۳ ^a	کارچیا ۶۶
۵۸/۲ ^b	۶۶/۱ ^a	۵۸/۲ ^b	۶۶/۱ ^a	۲۸/۴ ^d	۱۸/۴ ^e	۱۰/۲ ^b	۴/۶ ^a	۱/۹۴ ^b	۲/۳۱ ^a	نیک نژاد
۶۲/۱ ^b	۷۱/۱ ^a	۶۲/۱ ^b	۷۱/۱ ^a	۲۹/۶ ^d	۲۱/۰ ^e	۱۰/۰ ^b	۴/۰ ^a	۱/۹۵ ^b	۲/۲۷ ^a	ماهوتی
۶۳/۵ ^b	۷۳/۷ ^a	۶۳/۵ ^b	۷۳/۷ ^a	۳۶/۰ ^d	۲۵/۱ ^e	۹/۲ ^b	۵/۶ ^a	۱/۸۹ ^b	۲/۶۰ ^a	مهدوی
۶۱/۷ ^b	۶۹/۰ ^a	۶۱/۷ ^b	۶۹/۰ ^a	۲۷/۵ ^{de}	۲۰/۵ ^e	۹/۹ ^b	۴/۸ ^a	۱/۹۳ ^b	۲/۲۹ ^a	سرخ تخم
۵۷/۵ ^b	۶۸/۲ ^a	۵۷/۵ ^b	۶۸/۲ ^a	۳۰/۷ ^d	۲۲/۴ ^e	۸/۹ ^b	۵/۰ ^a	۱/۹۲ ^b	۲/۳۲ ^a	طبسی
۴۹/۶ ^c	۷۱/۷ ^a	۴۹/۶ ^c	۷۱/۷ ^a	۴۲/۲ ^c	۱۹/۴ ^e	۱۳/۲ ^c	۴/۷ ^a	۱/۵۱ ^c	۲/۴۷ ^a	روشن
۴۸/۵ ^c	۶۵/۴ ^a	۴۸/۵ ^c	۶۵/۴ ^a	۴۶/۸ ^c	۱۹/۶ ^e	۱۳/۱ ^c	۴/۵ ^a	۱/۶۵ ^c	۲/۲۱ ^{ab}	کویر
۵۲/۴ ^c	۶۹/۰ ^a	۵۲/۴ ^c	۶۹/۰ ^a	۴۱/۴ ^c	۲۰/۳ ^e	۱۲/۵ ^c	۵/۳ ^a	۱/۴۷ ^c	۲/۳۲ ^a	سرداری
۴۷/۱ ^c	۶۹/۲ ^a	۴۷/۱ ^c	۶۹/۲ ^a	۴۴/۱ ^c	۲۲/۴ ^e	۱۲/۵ ^c	۴/۲ ^a	۱/۷۹ ^c	۲/۲۸ ^a	الوند
۵۰/۶ ^c	۷۳/۲ ^a	۵۰/۶ ^c	۷۳/۲ ^a	۴۸/۱ ^{bc}	۱۹/۱ ^e	۱۳/۴ ^c	۴/۸ ^a	۱/۴۱ ^{cd}	۲/۲۱ ^{ab}	بیستون
۴۵/۳ ^{cd}	۶۷/۱ ^a	۴۵/۳ ^{cd}	۶۷/۱ ^a	۵۵/۱ ^b	۲۲/۵ ^e	۱۶/۱ ^{ed}	۷/۰ ^{ab}	۱/۱۸ ^d	۲/۲۲ ^{ab}	تجن
۴۴/۰ ^d	۷۴/۲ ^a	۴۴/۰ ^d	۷۴/۲ ^a	۵۳/۳ ^b	۲۴/۳ ^e	۱۵/۱ ^d	۵/۰ ^a	۱/۱۹ ^d	۲/۳۶ ^a	چمران
۳۹/۲ ^d	۶۵/۱ ^a	۳۹/۲ ^d	۶۵/۱ ^a	۵۱/۳ ^b	۲۱/۲ ^e	۱۴/۹ ^d	۴/۱ ^a	۱/۱۴ ^d	۲/۰۵ ^b	فلات
۴۱/۵ ^d	۶۸/۰ ^a	۴۱/۵ ^d	۶۸/۰ ^a	۴۹/۴ ^b	۲۲/۷ ^e	۱۵/۳ ^d	۶/۹ ^{ab}	۱/۲۸ ^d	۲/۰۹ ^b	گلستان
۳۷/۴ ^d	۶۹/۳ ^a	۳۷/۴ ^d	۶۹/۳ ^a	۵۵/۱ ^b	۲۴/۰ ^e	۱۵/۵ ^d	۵/۱ ^a	۱/۲۵ ^d	۲/۵۹ ^a	داراب ۲
۳۶/۷ ^e	۶۱/۱ ^b	۳۶/۷ ^e	۶۱/۱ ^b	۶۹/۵ ^a	۲۱/۳ ^e	۱۶/۲ ^{ed}	۴/۹ ^a	۰/۹۱ ^e	۲/۱۳ ^{ab}	آزادی
۳۵/۲ ^e	۵۴/۹ ^b	۳۵/۲ ^e	۵۴/۹ ^b	۶۶/۲ ^a	۲۲/۱ ^e	۱۸/۳ ^e	۵/۶ ^a	۰/۹۴ ^e	۲/۳۳ ^a	قدس
۲۷/۹ ^f	۵۷/۴ ^b	۲۷/۹ ^f	۵۷/۴ ^b	۷۱/۲ ^a	۱۹/۱ ^e	۱۸/۹ ^e	۵/۱ ^a	۰/۸۷ ^e	۲/۱۹ ^{ab}	اترک

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 تأثیر شوری ارقام قدس، آزادی و اترک به ترتیب با ۰/۹۱، ۰/۹۴ 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 ۶۶، 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 (۶۰ درصد) و اترک (۶۰ 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 (Ashraf, Munns and James, 2003; and McNeilly, 2004). تحت تأثیر 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

رقم	شاهد	شوری	مجموع کلروفیل ^a و ^b (میلی)		غلظت مالون دی آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر برگ)		غلظت کربوهیدرات محلول برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک)		رطوبت نسبی برگ (درصد)	
			شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری
کار چیا ۶۶	۷/۷ ^a	۶/۵ ^b	۰/۰۰۷۸ ^e	۰/۰۱۵ ^d	۲۷/۹ ^f	۷۱/۳ ^a	۹۱/۱ ^a	۸۲/۵ ^b		
نیک نژاد	۷/۲ ^{ab}	۶/۸ ^{ab}	۰/۰۰۸۹ ^e	۰/۰۱۳ ^d	۳۲/۸ ^{ef}	۷۷/۴ ^a	۹۳/۴ ^a	۸۴/۷ ^b		
ماهوتی	۷/۱ ^{ab}	۶/۲ ^b	۰/۰۰۸۱ ^e	۰/۰۱۹ ^d	۳۱/۱ ^{ef}	۷۶/۳ ^a	۹۱/۰ ^a	۸۲ ^b		
مهدوی	۶/۱ ^b	۵/۶ ^c	۰/۰۰۶۲ ^f	۰/۰۲۴ ^d	۳۲/۱ ^{ef}	۷۲/۰ ^a	۸۸/۹ ^a	۸۴/۵ ^b		
سرخ تخم	۷/۵ ^a	۶/۳ ^b	۰/۰۰۹۱ ^e	۰/۰۱۹ ^d	۲۴/۹ ^f	۵۹/۱ ^b	۹۳/۸ ^a	۸۴/۷ ^b		
طیسی	۶/۳ ^b	۵/۹ ^b	۰/۰۰۸۰ ^e	۰/۰۲۶ ^d	۲۶/۱ ^f	۶۸/۷ ^a	۹۵/۱ ^a	۸۵/۹ ^b		
روشن	۷/۵ ^a	۵/۱ ^{bc}	۰/۰۰۸۵ ^e	۰/۰۴۱ ^c	۳۱/۳ ^{ef}	۵۳/۷ ^b	۸۹/۲ ^a	۷۷/۲ ^c		
کوبر	۶/۷ ^b	۴/۵ ^c	۰/۰۰۹۲ ^e	۰/۰۳۸ ^c	۳۱/۷ ^{ef}	۵۰/۱ ^b	۹۴/۳ ^a	۷۵/۲ ^c		
سرداری	۶/۲ ^b	۴/۶ ^c	۰/۰۰۸۴ ^e	۰/۰۴۱ ^c	۳۴/۱ ^e	۴۸/۹ ^b	۹۱/۸ ^a	۷۷/۰ ^c		
الوند	۶/۵ ^b	۴/۷ ^c	۰/۰۰۸۸ ^e	۰/۰۳۱ ^c	۲۷/۶ ^f	۵۰/۸ ^b	۸۹/۰ ^a	۷۲/۱ ^{cd}		
بیستون	۷/۳ ^a	۵/۲ ^{bc}	۰/۰۰۸۱ ^e	۰/۰۳۵ ^c	۲۶/۷ ^f	۵۷/۱ ^b	۸۹/۷ ^a	۷۴/۷ ^c		
تجن	۷/۶ ^a	۴/۱ ^d	۰/۰۰۷۸ ^e	۰/۰۵۲ ^b	۲۳/۱ ^f	۵۵/۴ ^b	۹۳/۷ ^a	۷۴/۵ ^c		
چمران	۶/۴ ^b	۳/۷ ^d	۰/۰۰۶۷ ^f	۰/۰۴۹ ^b	۳۰/۵ ^{ef}	۵۷/۲ ^b	۹۱/۲ ^a	۷۱/۱ ^d		
فلات	۷/۹ ^a	۴/۰ ^d	۰/۰۰۹۲ ^e	۰/۰۵۸ ^b	۲۶/۳ ^f	۵۳/۹ ^b	۹۱/۰ ^a	۶۸/۱ ^d		
گلستان	۶/۹ ^{ab}	۳/۷ ^d	۰/۰۰۸۳ ^e	۰/۰۵۳ ^b	۲۳/۴ ^f	۶۱/۰ ^b	۹۳/۰ ^a	۶۹/۷ ^d		
داراب ۲	۶/۱ ^b	۳/۶ ^d	۰/۰۰۸۸ ^e	۰/۰۵۶ ^b	۳۴/۹ ^e	۵۶/۷ ^b	۸۹/۵ ^a	۷۰/۷ ^d		
آزادی	۶/۸ ^{ab}	۴/۰ ^d	۰/۰۰۸۶ ^e	۰/۰۶۷ ^a	۲۴/۶ ^f	۳۹/۸ ^d	۸۹/۷ ^a	۶۴/۹ ^e		
قدس	۷/۶ ^a	۲/۹ ^e	۰/۰۰۹۳ ^e	۰/۰۷۳ ^a	۳۰/۷ ^{ef}	۴۵/۳ ^c	۹۲/۰ ^a	۶۱/۸ ^e		
اترک	۷/۰ ^{ab}	۳/۰ ^e	۰/۰۰۹۱ ^e	۰/۰۷۱ ^a	۳۳/۳ ^e	۴۴/۰ ^c	۹۲/۷ ^a	۶۴/۲ ^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 تأثیر 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 ۶۶، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم، طیسی و روشن مشاهده شد در

حالی‌که کمترین غلظت این رنگه‌های 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 ۶۱ و ۵۸ 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 گیاهیچه	تغییرات غلظت سدیم	تغییرات تاریخ ۵۰ درصد جوانه زنی	تغییرات رطوبت نسبی برگ	تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم	تغییرات کربوهیدرات های محلول برگ	تغییرات غلظت پتاسیم برگ	تغییرات مجموع کلروفیل	تغییرات غلظت مالون دی آلدئید
کار چیا ۶۶	۲۱/۷	-۴۴/۶۴	-۸۴/۳۱	۹/۴۴	۳۶/۷۵	-۱۵۵/۵۵۶	۹/۰۷۷۴	۱۵/۵۸	-۹۲/۳۰۷۷
نیک نژاد	۱۷/۳	-۵۴/۳۵	-۱۲۱/۷	۹/۳۱۵	۴۴/۵۴	-۱۳۵/۹۷۶	۱۱/۹۵۲	۵/۵۵۶	-۴۶/۰۶۷۴
ماهوتی	۱۶/۲	-۴۰/۶۵	-۱۵۰	۹/۸۹	۳۵/۰۵	-۱۴۵/۳۳۸	۱۲/۶۵۸	۱۲/۶۸	-۱۳۴/۵۶۸
مهدوی	۲۶/۹	-۴۳/۴۳	-۶۴/۲۹	۴/۹۴۹	۴۹	-۱۲۴/۲۹۹	۱۳/۸۴	۸/۱۹۷	-۲۸۷/۰۹۷
سرخ تخم	۱۷/۰	-۳۴/۱۵	-۱۰۶/۳	۹/۷۰۱	۳۶/۳۹	-۱۳۷/۳۴۹	۱۰/۵۸	۱۶	-۱۰۸/۷۹۱
طبسی	۱۸/۱	-۳۷/۰۵	-۷۸	۹/۶۷۴	۳۷/۹۴	-۱۶۳/۲۱۸	۱۵/۶۸۹	۶/۳۴۹	-۲۲۵
روشن	۳۷/۱	-۱۱۷/۵	-۱۸۰/۹	۱۳/۴۵	۶۸/۱۹	-۷۱/۵۶۵۵	۳۰/۸۲۳	۳۲	-۳۸۲/۳۵۳
کویر	۲۷/۶	-۱۳۸/۸	-۱۹۱/۱	۲۰/۲۵	۶۸/۳۴	-۵۸/۰۴۴۲	۲۵/۸۴۱	۳۲/۸۴	-۳۱۳/۰۴۳
سرداری	۳۶/۱	-۱۰۳/۹	-۱۳۵/۸	۱۶/۱۲	۶۳/۶۴	-۴۳/۴۰۱۸	۲۴/۰۵۸	۲۵/۸۱	-۳۸۸/۰۹۵
الوند	۲۱/۱	-۹۶/۸۸	-۱۹۷/۶	۱۸/۹۹	۶۷/۶۲	-۸۴/۰۵۸	۳۱/۹۳۶	۲۷/۶۹	-۲۵۲/۲۷۳
بیستون	۳۶/۳	-۱۵۱/۸	-۱۷۹/۲	۱۶/۷۲	۷۰/۷	-۱۱۳/۸۵۸	۳۰/۸۷۴	۲۸/۷۷	-۳۳۲/۰۹۹
تجن	۴۹/۰	-۱۵۳/۳	-۱۳۰	۲۰/۴۹	۷۸/۲۱	-۱۳۹/۸۲۷	۳۲/۴۸۹	۴۶/۰۵	-۵۶۶/۶۶۷
چمران	۴۹/۲	-۱۱۹/۳	-۲۰۲	۲۲/۰۴	۷۲/۷	-۸۷/۵۴۱	۴۰/۷۰۱	۴۲/۱۹	-۶۳۱/۳۴۳
فلات	۴۴/۳	-۱۶۰/۸	-۲۶۳/۴	۲۵/۱۶	۸۰/۹۴	-۱۰۴/۹۴۳	۳۹/۷۸۵	۴۹/۳۷	-۵۳۰/۴۳۵
گلستان	۳۸/۸	-۱۱۷/۶	-۱۲۱/۷	۲۵/۰۵	۷۴/۰۴	-۱۶۰/۶۸۴	۳۸/۹۷۱	۴۶/۳۸	-۵۳۸/۵۵۴
داراب ۲	۵۲/۰	-۱۲۹/۶	-۲۰۳/۹	۲۱/۰۱	۷۶/۹۸	-۶۲/۴۶۴۲	۴۶/۰۳۲	۴۰/۹۸	-۵۳۳/۳۶۴
آزادی	۵۷/۲	-۲۲۶/۳	-۲۳۰/۶	۲۷/۶۵	۸۲/۱۹	-۶۴/۴۶۲۸	۳۹/۹۳۵	۴۱/۱۸	-۶۷۹/۰۷
قدس	۶۰/۱	-۲۰۴/۱	-۲۲۶/۸	۳۲/۸۳	۷۸/۰۹	-۴۷/۵۵۷	۳۵/۸۸۳	۶۱/۸۴	-۶۸۴/۹۴۶
اترک	۶۰/۲	-۲۷۲/۸	-۲۷۰/۶	۳۰/۷۴	۸۸/۱	-۳۲/۱۳۲۱	۵۱/۳۹۴	۵۸/۵۷	-۶۸۰/۲۲

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.

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 (۶۹/۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک)، اترک (۷۱/۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و قدس (۶۶/۲ 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 ۶۶، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی بین ۳۴ تا ۵۴ درصد بود در حالی که در

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 یون های سدیم و پتاسیم: غلظت یون سدیم، یون پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ گیاهیچه گندم تحت تاثیر

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 می باشد (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول ۳ ارقام کارچیا ۶۶، 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 می یابد و گیاهان متحمل به تنش شوری معمولاً سدیم کمتر و پتاسیم بیشتری در مقایسه با گیاهان حساس جذب می کنند (پوستینی، ۱۳۸۱؛ فرهودی، ۱۳۹۰) تحقیقات Poustini و Siosemardeh (۲۰۰۴) 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 معنی دار 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 ۶۶، 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 ۶۶، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی که از نسبت 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 کربوهیدرات های محلول برگ:

نتایج آزمایش بیانگر تاثیر معنی دار شوری، رقم و بر همکنش این دو فاکتور بر رطوبت نسبی و غلظت کربوهیدرات های محلول برگ می باشد (جدول ۱). تنش شوری سبب کاهش معنی دار رطوبت نسبی برگ ارقام گندم شد. کمترین رطوبت نسبی برگ در ارقام آزادی، اترک و قدس (حدود ۶۰ درصد) مشاهده شد در حالیکه در این شرایط رطوبت نسبی برگ ارقام کارچیا ۶۶، 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 ۶۶، نیک نژاد، ماهوتی، مهدوی، سرخ تخم و طبسی کمتر از ۱۰ درصد بود (جدول ۳). بررسی کربوهیدرات های محلول برگ بیانگر افزایش غلظت این صفت تحت تاثیر تنش شوری بود و بیشترین غلظت کربوهیدرات های محلول برگ در ارقام متحمل به شوری کارچیا ۶۶، 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

کمتر مالون دی آلدheid 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 دی آلدheid بافت برگ این گیاهان شد اما میزان تجمع مالون دی آلدheid 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 ۶۶، 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 آلدheid (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 ۶۶، 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 آلدheid برگ برخوردار بودند. بر اساس نتایج این آزمایش می توان 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 آلدheid و سدیم کمتری در برگ برخوردار بودند که می تواند به عنوان یک معیار گزینشی در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد.

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 کربوهیدرات های محلول برگ در گیاهان زراعی تحت تاثیر تنش شوری علاوه بر اینکه در تنظیم اسمزی و حفظ رطوبت نسبی برگ نقش دارد، اهمیت ویژه ای در حفاظت غشاهای سلولی دارد (Munns, 2002). غلظت کربوهیدرات های محلول گیاهچه های 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 کربوهیدرات های محلول برگ در ارقام حساس به شوری اترک و قدس در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه است.

غلظت مالون دی آلدheid: نتایج آزمایش بیانگر تاثیر معنی دار شوری، رقم و بر همکنش این دو فاکتور بر غلظت مالون دی آلدheid برگ ارقام گندم می باشد (جدول ۱). تنش شوری سبب افزایش تخریب غشا سلولی و در نتیجه افزایش غلظت مالون دی آلدheid بافت برگ ارقام گندم شد. در شرایط تنش شوری بیشترین غلظت مالون دی آلدheid در ارقام آزادی، قدس و اترک به ترتیب به میزان ۰/۰۶۷، ۰/۰۷۳ و ۰/۰۷۱ نانومول بر گرم وزن تر برگ دیده شد در حالی که غلظت این ترکیب در ارقام کارچیا ۶۶، 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 می باشد. تنش های محیطی با تاثیر گذاری بر سلامت غشاهای سلولی که عمدتاً از اسیدهای چرب به همراه ترکیبات پروتینی و کربوهیدرات تشکیل شده اند، فرآیندهای گیاهی و سلامت سلول ها را تحت تاثیر قرار می دهند (Cavalanti et al., 2007). اندازه گیری میزان نش پذیری غشا سلولی و میزان تخریب اسید های چرب غشا (از طریق اندازه گیری غلظت مالون دی آلدheid) از جمله راه های تعیین پایداری غشا در شرایط تنش می باشد پرا مقدار

منابع:

- 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., Mettraux, 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 seedling. *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.
- 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): ۶۴-۵۷.
- فرشاد فر، ع.ا. و جوادی نیا، ج. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپهای نخود از نظر تحمل تنش خشکی، مجله بهنژادی نهال و بذر، ۲۷(۴):۵۱۷-۵۳۲.
- 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 Miezán, 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. *Analytical 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.