

بررسی واکنش ارقام تجاری ایرانی چغندر قند به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی

روزبه فرهودی^{۱*} و سمر خیامیم^۲

^۱ گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر

^۲ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰)

چکیده

با توجه به افزایش سطح اراضی شور در ایران و جهان، تولید ارقام تجاری گیاهان زراعی متحمل به این تنش دارای اهمیت به‌سزایی خواهد بود. لذا این پژوهش به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی، رشد گیاهی و مکانیسم‌های احتمالی تحمل ارقام تجاری ایرانی چغندر قند تحت تنش شوری در قالب دو آزمایش جداگانه در سال ۱۳۹۵ انجام شد. به منظور بررسی صفات جوانه‌زنی ارقام شریف، پایا، شکوفا و آریا در سطوح تنش صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار مقایسه شدند. همچنین این ارقام در آزمایش مشابه ولی بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سطوح تنش شوری صفر، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در گلخانه از نظر صفات فیزیولوژیک مورد بررسی قرار گرفتند. ارقام شریف و پایا در سطوح شوری ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب از شرایط جوانه‌زنی مناسب‌تری از نظر درصد جوانه‌زنی و طول دوره لازم برای جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در مقایسه با ارقام شکوفا و آریا برخوردار بودند. به طوری که درصد جوانه‌زنی ارقام مذکور در هدایت الکتریکی ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب حدود ۷۰، ۶۰، ۵۰ و ۵۰ درصد بود. همچنین ارقام شریف و پایا در شرایط تنش شوری از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، غلظت کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی برگ بیشتری در مقایسه با ارقام آریا و شکوفا برخوردار بودند که منجر به بیشتر بودن وزن گیاهی و پایداری تعداد گیاهی ارقام شریف و پایا در شرایط تنش شوری در گلخانه شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پتاسیم، کلروفیل، کربوهیدرات‌های محلول

مقدمه

چغندر قند مانند سایر گیاهان زراعی عوامل محیطی باید برای جوانه‌زنی و استقرار گیاهیچه مساعد باشد تا بتوان انتظار رشد و عملکرد مناسبی را داشت. یکی از عوامل محدودکننده جوانه‌زنی گیاه چغندر قند تنش شوری است. تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی با تأثیر منفی بر جذب آب توسط بذر (Bajehbaj, 2010)، تجمع یون‌های زیانبار مانند سدیم

چغندر قند با نام علمی *Beta vulgaris* L. از خانواده Chenopodiaceae بوده و به‌عنوان یک منبع استراتژیک تولید قند در ایران و جهان از اهمیت زیادی برخوردار است به طوری که در سال زراعی ۹۵-۹۴ سطح زیرکشت این گیاه در ایران بالغ بر ۱۱۲ هزار هکتار بود (بی‌نام، ۱۳۹۶). در زراعت گیاه

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

سدیم در برگ نیز برخوردار بودند (عباس و همکاران، ۱۳۹۱). در عین حال این نتیجه با اکثر یافته‌ها در خصوص رابطه بین تجمع یون سدیم در برگ و تحمل شوری گیاهان متفاوت بود (Munns, 2002; Jamil *et al.*, 2007). تحت تأثیر تنش شوری، تمایز میان جذب عناصر زیان‌آور مانند سدیم و کلر و عناصر مفید مانند پتاسیم و کلسیم در میزان تحمل تنش شوری گیاهان نقش دارد. تحقیقات نشان داده‌اند در شرایط تنش شوری توان گزینشی گیاهان برای پتاسیم و کلسیم یکی از مؤلفه‌های اصلی تحمل به شوری است و گیاهانی که در شرایط تنش شوری از نسبت پتاسیم یا کلسیم به سدیم بیشتری برخوردارند معمولاً شرایط تنش را بهتر تحمل می‌کنند (Poustini and Cavalanti *et al.*, 2007; Siosemardeh, 2004). کاهش تجمع یون سدیم در بافت‌های فتوسنتزکننده در شرایط تنش شوری موجب پایداری سیستم فتوسنتزی می‌گردد. به‌عنوان مثال بین پایداری غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش جذب سدیم و کلر در شرایط تنش شوری و تحمل تنش شوری در ژنوتیپ‌های چغندرقد (Jamil *et al.*, 2007; Dadkhah, 2011) و نخود (کافی و همکاران، ۱۳۸۹) رابطه مستقیم و معنی‌داری وجود دارد. 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 و تجمع املاح مضر در برگ است (Munns, 2002). تجمع یون‌ها در تنظیم اسمزی و افزایش قابلیت جذب آب در شرایط تنش شوری نیز اهمیت دارد. در طی فرآیند تنظیم اسمزی تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند قندهای ساده، پرولین و یون‌ها به تغییر پتانسیل اسمزی به نفع گیاه کمک کرده و موجب حفظ توانایی جذب آب در شرایط تنش می‌گردد. از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی که نشان‌دهنده وضعیت آبی گیاهان تحت تأثیر شرایط تنش‌های محیطی هستند می‌توان به درصد رطوبت نسبی بافت گیاه اشاره کرد. در یک بررسی تنش شوری سبب کاهش رطوبت نسبی برگ در ارقام گندم شد اما ارقام متحمل به شوری به کمک تنظیم اسمزی (با توجه به نوع یون‌ها و اسمولیت‌های سازگار) رطوبت نسبی برگ را در

(Munns and James, 2003) و اختلال در فرآیندهای آنزیمی و تعادل هورمون‌های گیاهی در خلال جوانه‌زنی (Nawaz *et al.*, 2011؛ فرهودی، ۱۳۹۱) سبب کاهش جوانه‌زنی و آسیب‌پذیری گیاهچه می‌گردد. تحقیقات نشان داده‌اند که آستانه تحمل به شوری در چغندرقد بالا و حدود ۷ دسی‌زیمنس بر متر است (Katerji *et al.*, 1997) اما مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه چغندرقد از مراحل حساس رشد این گیاه به تنش است و در عین حال تفاوت قابل‌توجهی بین ارقام مختلف این گیاه در این خصوص دیده می‌شود (Abbas *et al.*, 2009؛ خیامیم و همکاران، ۱۳۹۰). جوانه‌زنی بذر یک صفت کیفی مهم در مطالعات بذر و عاملی کلیدی در استقرار گیاهچه است که تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله شوری قرار می‌گیرد. در یک بررسی تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی سبب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه ارقام چغندرقد شد، اما تفاوت قابل‌توجهی میان واکنش ارقام چغندرقد به تنش شوری مشاهده گردید (Mostafavi, 2012). در آزمایشی دیگر تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و رشد گیاهچه ارقام چغندرقد گردید (Jafarzadeh and Aliasgharzade, 2007). گزارش شده است که تجمع یون‌های زیانبار مانند سدیم، کلر و سولفات در شرایط تنش شوری موجب آسیب‌پذیری گیاهچه گیاهان زراعی مانند چغندرقد (Dadkhah, 2011)، گندم (فرهودی و خدارحم‌پور، ۱۳۹۴)، کلزا (Ashraf and McNeilly, 2004) و نخود (Shahid *et al.*, 2012) می‌گردد. زیرا تجمع یون‌های زیان‌آور در بافت‌های فتوسنتزکننده یا بذر در حال جوانه‌زنی موجب تخریب غشای سلولی و کاهش کارایی بافت گیاهی می‌گردد (Qasim *et al.*, 2003). تحقیقات نشان دادند که تجمع یون‌های زیان‌آور در بافت‌های فتوسنتزکننده گیاهان موجب کاهش فتوسنتز، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و تخریب غشا سلولی می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Ashraf and McNeilly, 2004). بررسی تجمع یون سدیم در بافت گیاهی چغندرقد نشان داد که ارقام چغندرقد دارای تحمل بیشتر به شوری از تجمع بیشتر یون

آزمایش اول: این آزمایش جهت بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چهار رقم چغندر قند در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار انجام شد. فاکتور اول ارقام چغندر قند (پایا، شکوفا، شریف و آریا) و فاکتور دوم سطوح شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود) بود. برای اعمال تنش شوری از مخلوط نمک‌های سدیم کلرید، سدیم سولفات، کلسیم کلرید و منیزیم سولفات آزمایشگاهی ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد. جهت انجام آزمایش جوانه‌زنی، ۲۰ عدد بذر ضد عفونی‌شده از رقم مورد نظر در ظرف پتری روی یک لایه کاغذ صافی واتمن قرار گرفت و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر یا آب شور (با توجه به تیمار آزمایش) به ظرف پتری اضافه شد. در مدت آزمایش (۱۲ روز) بذرها در دستگاه جوانه‌زنی استاندارد با دمای متناوب ۲۲/۱۶ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۶۰ درصد و تناوب ۱۶/۸ ساعت روشنایی و تاریکی قرار گرفتند. شمارش بذرهای جوانه‌زده و یادداشت‌برداری آزمایش هر روز رأس ساعت مشخص انجام شد (Mostafavi, 2012).

یک بذر وقتی جوانه‌زده محسوب شد که طول ریشه‌چه آن به حدود سه میلی‌متر می‌رسد. درصد جوانه‌زنی بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (Scott et al., 1984).

تعداد بذرهای جوانه‌زده در دوره آزمایش = درصد جوانه‌زنی $\times 100$ کل بذرهای کاشته شده
برای محاسبه میانگین زمان جوانه‌زنی از رابطه زیر استفاده شد (Bewley and Black, 1998)

$$tx = \frac{\sum (tx \times nx)}{\sum N}$$

tx: زمان بر حسب روز از روز اول شروع آزمایش
nx: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز x
N: کل بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش

به منظور بررسی طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در پایان آزمایش، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه پنج گیاهچه به صورت تصادفی از محل اتصال به بذر یادداشت شد.

آزمایش دوم: این آزمایش جهت بررسی تأثیر تنش شوری بر رشد گیاهچه و خصوصیات فیزیولوژیک چهار رقم

شرایط تنش بهتر حفظ نمودند (Qasim et al., 2003). در شرایط تنش شوری تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند کربوهیدرات‌های محلول برگ و یون‌های مفید در گیاهچه چغندر قند در ایجاد پتانسیل اسمزی در برگ و ریشه چغندر قند نقش دارند (عباس و همکاران، ۱۳۹۱).

میزان تخریب غشاهای سلولی تحت تأثیر تنش‌های محیطی یکی از معیارهای بررسی میزان تحمل تنش در فیزیولوژی گیاهان زراعی است. در شرایط تنش شوری تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب تخریب زیرساخت‌های سلولی مانند پروتئین‌ها و غشاهای سلولی و اندامک‌های سلولی شده و به تبع آن فرآیندهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز، تنفس و گسترش سطح برگ به مخاطره می‌افتد. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسیداز دیسموتاز و گایاکول پراکسیداز با حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن، محیط سلول‌ها را پاکسازی نموده و از اثرات منفی تنش‌های محیطی مانند شوری بر سلامت غشاهای سلولی می‌کاهند (Caverzan et al., 2016). نقش مثبت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در تحمل تنش شوری و کاهش اثرهای نامطلوب این تنش در گیاهچه کلزا (Ashraf and Ali, 2008)، گندم (Rao et al., 2013) و ذرت (Gondim et al., 2010) گزارش شده است.

با توجه به اهمیت گسترش ارقام ایرانی چغندر قند در نقاط مختلف کشور و نظر به این که بخش زیادی از مناطق با تنش‌های شوری و خشکی مواجه هستند لازم است واکنش ارقام جدید ایرانی به این تنش‌ها مورد بررسی قرار گیرد. لذا این پژوهش به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام تجاری ایرانی چغندر قند به تنش شوری و مکانیسم‌های احتمالی تحمل تنش شوری در این ارقام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی پاسخ فیزیولوژیک ارقام چغندر قند به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر و مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر در سال ۱۳۹۵ انجام شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک مورد استفاده در گلدان‌ها

| کربن آلی (درصد) | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | اسیدیته خاک | بافت خاک | غلظت فسفر | غلظت پتاسیم | درصد نیترژن |
|-----------------|--------------------------------------|-------------|----------|-----------|-------------|----------------|
| ۰/۷۹ | ۳/۱ | ۷/۱ | لومی رسی | ۱۸/۱ | ۱۸۱ | ۰/۷۸ |

به مدت چهار ساعت در کوره چینی حرارت داده شد. خاکستر به دست آمده با ۵ میلی‌لیتر کلریدریک اسید شستشو داده شد تا کاتیون‌ها آزاد شوند. عصاره با کاغذ صافی صاف شد. به منظور اندازه‌گیری یون‌های مورد نظر در محلول حاصل از دستگاه فلیم فتومتر مدل Carl Ziess و منحنی استاندارد استفاده شد (Owen, 1992).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: جهت بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و گایاکول پراکسیداز، ابتدا پروتئین گیاهچه استخراج شد (Agrawal et al., 2005). برای بررسی فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز مخلوط واکنش شامل ۱۰ میلی‌مولار بافر فسفات، ۸ میلی‌مولار گایاکول، ۲/۷۵ میلی‌مولار هیدروژن پراکسید و ۵۰ میکرو لیتر محلول پروتئینی استخراج شده در ابتدای آزمایش بود. پس از اضافه کردن هیدروژن پراکسید بلافاصله میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه توسط اسپکتوفتومتر (مدل DR 6000) خوانده شد. برای بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز نیز ۵۰ میکرومول از محلول پروتئینی استخراج شده از گیاهچه به ۱۰۰ میلی‌مول بافر فسفات اضافه و سپس ۳۰ میکرو لیتر هیدروژن پراکسید نیز به مخلوط افزوده شد. در نهایت این مخلوط در کوورت اسپکتروفتومتر ریخته شد و فعالیت آنزیمی در طول موج ۲۴۰ نانومتر براساس تغییرات جذب در ۶۰ ثانیه به‌زای هر میلی‌گرم پروتئین خوانده شد (Chance and Maehly, 1995). جهت بررسی میزان فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز نیز ۵۰ میکرو لیتر از محلول پروتئینی با بافر فسفات ۲۰۰ میلی‌مولار (اسیدیته ۷)، ۵۰۰ میکرومولار گلوکاتایون اکسید شده، ۵۰ میکرومولار NADPH، ۱/۵ میلی‌مولار منیزیم کلرید ترکیب و پس از هم‌زدن میزان فعالیت آنزیم در طول موج ۳۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد (Oracz et al., 2007).

چغندر قند در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش، محیط کشت شامل گلدان‌هایی به طول و عرض ۴۰ و ۴۰ سانتی‌متر و عمق ۲۲ سانتی‌متر بود که توسط خاک مزرعه پر شده بود. مشخصات خاک در جدول ۱ آمده است. فاکتور اول ارقام چغندر قند (پایا، شکوفا، شریف و آریا) و فاکتور دوم سطوح شوری (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بود. منبع شوری مانند آزمایش اول و مخلوطی از نمک‌ها بود. در هر گلدان چهار ردیف بذر از رقم مورد نظر در تاریخ ۱۴ آبان کشت شد و هر کرت آزمایشی از سه گلدان تشکیل شد. گلدان‌ها پس از کاشت در محیط آزاد قرار داده شدند و برای جلوگیری از تأثیر بارندگی، پوشش پلاستیکی تعبیه شد که در مواقع بارندگی گلدان‌ها را پوشش می‌داد. پس از اولین آبیاری با آب نرمال، تنش شوری مورد نظر با آبیاری اعمال شد. ۳۵ روز پس از کاشت بذر، برداشت گیاهچه جهت بررسی صفات فیزیولوژیک آغاز شد.

وزن خشک گیاهچه و درصد بقای گیاهچه‌ها: برای

بررسی وزن گیاهچه، در پایان آزمایش پنج گیاهچه از هر گلدان بعد از حذف حاشیه هر گلدان، به صورت تصادفی انتخاب و وزن گیاهچه پس از انتقال به آون (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) براساس میانگین وزن گیاهچه‌ها بررسی شد. به منظور اندازه‌گیری درصد بقای گیاهچه‌ها، نسبت گیاهچه‌های نرمال در پایان آزمایش نسبت به روز دهم شروع آزمایش شمارش و نتایج براساس درصد بیان شد.

اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم، کلر و پتاسیم بافت

برگ: به منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم، کلر و پتاسیم از برگ دوم گیاهچه استفاده شد. به این منظور ۰/۲ گرم ماده خشک در کوره الکتریکی با دمای ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد

کربوهیدرات‌های محلول محاسبه شد (Dubois et al., 1956). برای اندازه‌گیری غلظت پرولین برگ نیز از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد.

محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال یک درصد) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات مورد بررسی تحت تأثیر رقم، شوری و برهمکنش این دو فاکتور قرار گرفتند (جدول‌های ۲ و ۳).

درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی: بررسی درصد جوانه‌زنی ارقام چغندر قند تحت تأثیر تنش شوری بیانگر کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی با افزایش سطح تنش شوری است. در اولین سطح شوری (۴ دسی‌زیمنس بر متر) تفاوت معنی‌داری میان درصد جوانه‌زنی ارقام چغندر قند مشاهده نشد اما در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر درصد جوانه‌زنی ارقام پایا، شکوفا و آریا به ترتیب به ۹۱، ۸۰ و ۸۱ درصد کاهش یافت (شکل ۱). در بالاترین سطح شوری ارقام شریف و پایا با درصد جوانه‌زنی ۷۱ درصد و ۶۶ درصد بیشترین و ارقام شکوفا و آریا با درصد جوانه‌زنی ۵۱ و ۵۳ درصد کمترین میزان جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). تنش شوری سبب تأخیر در ظهور گیاهچه و افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی شد. تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری میان میانگین زمان جوانه‌زنی ارقام چغندر قند مشاهده نشد (به استثنای رقم آریا در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین زمان جوانه‌زنی ۳/۵ روز). در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میانگین زمان جوانه‌زنی تمام ارقام مورد بررسی در مقایسه با شاهد و سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در رقم آریا به میزان ۴/۴ روز مشاهده شد. در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین و کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی به ترتیب در ارقام آریا و شکوفا (۵/۵ و ۵/۶ روز) و

غلظت کلروفیل: برای تعیین غلظت کلروفیل a و b برگ ابتدا نیم گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر محلول استون ۸۰ درصد کوبیده و له شد. سپس نمونه‌ها توسط کاغذ صافی صاف شدند و حجم آن توسط استون به ۵۰ میلی‌لیتر رسید. محلول حاصله توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده 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. براساس اعداد خوانده‌شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر غلظت مجموع کلروفیل براساس میکروگرم بر وزن تر برگ بیان شد (Gunes et al., 2007).

اندازه‌گیری رطوبت نسبی برگ، غلظت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول: به منظور اندازه‌گیری رطوبت نسبی برگ، نیم گرم از بافت یک برگ جوان جدا شده و پس از وزن نمودن برگ (وزن تر)، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یک ظرف دربسته در آب مقطر شناور شده و وزن آنها مجدداً اندازه‌گیری شد (وزن اشباع). بعد از این مدت برگ‌ها به آن با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت منتقل شدند و وزن خشک برگ‌ها اندازه‌گیری شد (دو نمونه از هر کرت). درصد رطوبت نسبی برگ براساس رابطه زیر محاسبه شد (Shirazi et al., 2005):

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

برای بررسی غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ ابتدا ۰/۱ گرم برگ خشک آسیاب شده و در یک لوله 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. پس از طی مراحل بعدی براساس پروتکل مربوطه بعد از ۴۵ دقیقه و با تثبیت رنگ قهوه‌ای در نمونه‌ها میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد. برای خواندن ابتدا محلول‌های استاندارد صفر، ۱۰ الی ۱۰۰ ppm گلوکز تهیه شدند و منحنی استاندارد رسم گردید. با استفاده از منحنی استاندارد و اعداد خوانده‌شده مقدار

جدول ۲- میانگین مربعات صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام چغندر قند تحت تأثیر تنش شوری در آزمایشگاه

| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | میانگین زمان جوانه‌زنی | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه |
|------------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|
| تنش شوری | ۴ | ۱۵۴۱/۱ ** | ۰/۸۳ ** | ۶۲۷/۲ ** | ۲۳۳/۴ ** |
| ژنوتیپ | ۳ | ۱۷۱۱/۵ ** | ۰/۳۷ ** | ۴۱۰/۷ ** | ۳۰۱/۸ ** |
| شوری × ژنوتیپ | ۱۲ | ۵۸۸/۴ ** | ۰/۵۵ ** | ۵۰۸/۰ * | ۴۳/۵ ** |
| خطای آزمایشی | ۶۰ | ۱۴۹/۷ | ۰/۰۵۷ | ۸/۴۱ | ۴/۰ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۱۴/۲ | ۸/۵ | ۱۲/۹ | ۱۵/۷ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- میانگین مربعات خصوصیات فیزیولوژیک ارقام تجاری چغندر قند تحت تأثیر تنش شوری

| منابع تغییر | درجه آزادی | وزن خشک گیاهچه | پتاسیم | کلر | سدیم | نسبت پتاسیم به سدیم | کربوهیدرات‌های محلول برگ | پرولین برگ |
|------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|---------------------|--------------------------|------------|
| بلوک | ۳ | ۰/۲۴ * | ۳/۷ ** | ۷/۵ ** | ۱/۰۶ ns | ۰/۲۴ ** | ۷۸۵/۶ ** | ۰/۰۰۱ ** |
| تنش شوری | ۳ | ۱۲/۷ ** | ۷/۳ ** | ۱۸/۲ ** | ۸/۲۹ ** | ۱/۰۷ ** | ۱۶۵۱/۵ ** | ۰/۰۰۲۱ ** |
| ژنوتیپ | ۳ | ۵/۱۸ ** | ۱۰/۲ ** | ۸/۱۷ ** | ۷/۱۲ ** | ۱/۲۱ ** | ۱۸۵۵/۱ ** | ۰/۰۰۱۴ ** |
| شوری × ژنوتیپ | ۹ | ۱/۹۶ ** | ۹/۸ ** | ۱۱/۵ * | ۶/۵۸ * | ۰/۷۳ * | ۱۲۳۸/۱ ** | ۰/۰۰۱۱ ** |
| خطا | ۴۵ | ۰/۲۲ | ۲/۱۵ | ۴/۴۱ | ۱/۸۶ | ۰/۱۳ | ۴۹/۱ | ۰/۰۰۰ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۱۷/۱ | ۶/۹ | ۱۶/۴ | ۱۱/۰ | ۵/۴ | ۱۸/۲ | ۱۰/۱ |

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد آماری

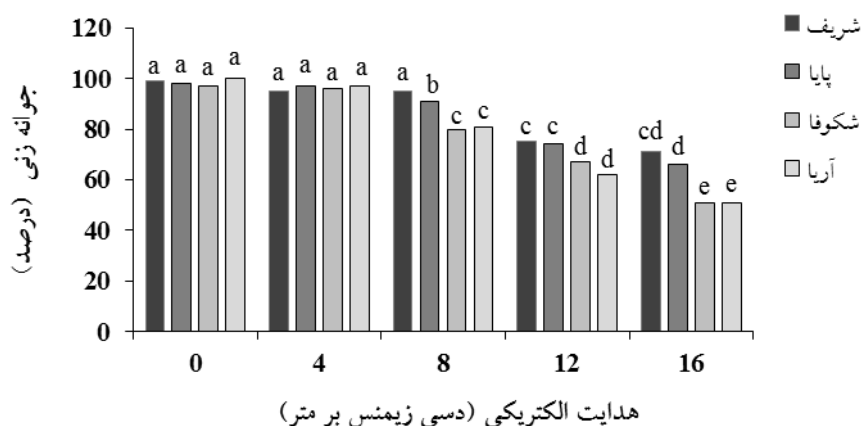
ادامه جدول ۳-

| منابع تغییر | درجه آزادی | محتوی رطوبت نسبی | گایاکول پراکسیداز | گلوکاتایون ردوکتاز | کاتالاز | کلروفیل b | کلروفیل a | درصد بقای گیاهچه |
|------------------|------------|------------------|-------------------|--------------------|---------|-----------|-----------|------------------|
| بلوک | ۳ | ۳۹۵/۵ ** | ۰/۳۰ * | ۰/۰۵۵ ** | ۰/۱۸ * | ۸۹/۳ ** | ۰/۹ ns | ۱/۴ ns |
| تنش شوری | ۳ | ۵۸۴/۱ ** | ۰/۹۶ ** | ۰/۰۹۵ ** | ۰/۹۷ ** | ۱۹۶۲/۹ ** | ۳۳۳/۴ ** | ۱۸۶/۹ ** |
| ژنوتیپ | ۳ | ۳۵۷/۵ ** | ۰/۷۱ ** | ۰/۰۶۶ ** | ۱/۰۱ ** | ۲۱۴/۳ ** | ۴۱۹/۵ ** | ۳۳۴/۸ ** |
| شوری × ژنوتیپ | ۹ | ۷۵۹/۰ ** | ۰/۶۰ * | ۰/۰۸۱ ** | ۰/۵۱ ** | ۳۷/۹ * | ۵۰/۱ * | ۱۱۶/۸ ** |
| خطا | ۴۵ | ۵۰/۳ | ۰/۲۸ | ۰/۰۴ | ۰/۱۵ | ۳۶/۶ | ۴۵/۳ | ۷/۴ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۹/۷ | ۸/۲ | ۶/۹ | ۱۰/۷ | ۱۳/۴ | ۱۱/۷ | ۳/۹ |

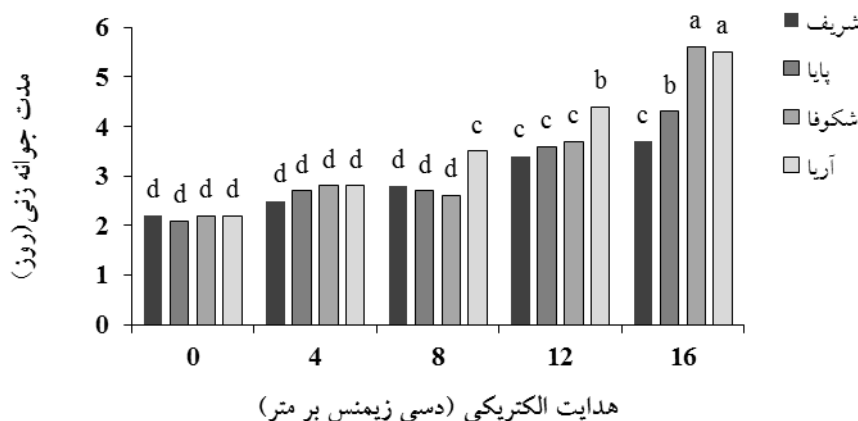
ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد آماری

تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بوده که حاصل فعال شدن جنین است. این مرحله از مهم‌ترین مراحل رشد گیاه است به طوری که دوام، استقرار و عملکرد نهایی گیاهان زراعی را تعیین می‌کند (Bhattacharjee et al., 2002; Bajehbaj, 2010).

شریف (۳/۷ روز) ثبت شد (شکل ۲). براساس نتایج حاصل در سطوح بالای شوری رقم شریف و پس از آن رقم پایا از شرایط جوانه‌زنی مناسب‌تری در مقایسه با ارقام شکوفا و آریا برخوردار بودند. جوانه‌زنی پدیده‌ای پیچیده و مشتمل بر



شکل ۱- درصد جوانه زنی ارقام تجاری چغندر قند در سطوح مختلف تنش شوری. حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد هستند (بر اساس آزمون دانکن).



شکل ۲- میانگین زمان جوانه زنی ارقام تجاری چغندر قند تحت تنش شوری. حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد هستند (بر اساس آزمون دانکن).

سमित یونی موجب کاهش جذب آب توسط بذر شده و فرآیندهای متابولیکی منجر به جوانه زنی را تحت تأثیر قرار می دهد (Ghoulam and Fares, 2001; Mostafavi, 2012). در یک تحقیق تنش شوری با کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک جنین در خلال جوانه زنی موجب تأخیر در جوانه زنی و ظهور گیاهچه کلزا شد (فرهودی، ۱۳۹۱).

طول ریشه چه و طول ساقه چه: طول اجزای گیاهچه به طور معنی دار تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و کاهش یافت. تا سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی داری میان طول ریشه چه ارقام مورد بررسی مشاهده نشد اما در

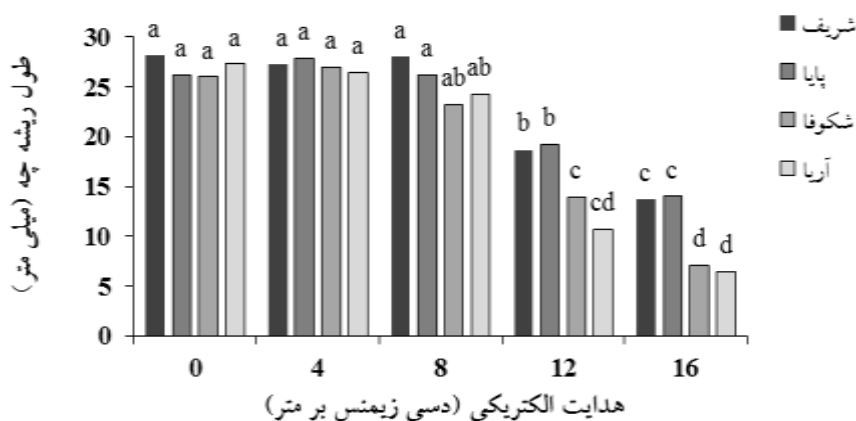
خیامیم و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی درصد جوانه زنی لاین های چغندر قند بیان نمودند که واکنش جوانه زنی لاین های چغندر قند به تنش شوری متفاوت بود و این لاین ها در گروه های متحمل تا حساس طبقه بندی شدند. ایشان درصد جوانه زنی را یک ویژگی مناسب برای بررسی واکنش بذر چغندر قند به تنش گزارش نمودند. در یک بررسی تجمع املاح در محیط جوانه زنی ارقام چغندر قند سبب کاهش معنی دار درصد جوانه زنی و رشد گیاهچه چغندر قند شد (Jafarzadeh and Aliasgharzad, 2007). تنش شوری سبب تأخیر در ظهور گیاهچه و افزایش میانگین زمان جوانه زنی بذر چغندر قند می شود زیرا تجمع یون ها در محیط جوانه زنی علاوه بر ایجاد

سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر طول ریشه‌چه تمام ارقام چغندر قند مورد بررسی در مقایسه با سطوح تنش پایین‌تر کاهش یافت. در عین حال ارقام شریف و پایا از طول گیاهچه بیشتری برخوردار بودند (به ترتیب ۱۸/۷ و ۱۹/۲ دسی‌زیمنس بر متر). در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ارقام پایا و شریف بیشترین طول ریشه‌چه (به ترتیب ۱۳/۷ و ۱۴ میلی‌متر) و ارقام شکوفا و آریا کمترین طول ریشه‌چه (به ترتیب ۷/۱ و ۶/۵ میلی‌متر) را داشتند (شکل ۳). واکنش طول ساقه‌چه ارقام چغندر قند به تنش شوری از سطح تنش ۸ دسی‌زیمنس بر متر آغاز شد و در این سطح تنش، طول ساقه‌چه تمام ارقام مورد بررسی در مقایسه با شاهد کاهش یافت. در سطوح شوری ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر کمترین طول ساقه‌چه در رقم آریا به ترتیب به میزان ۸/۱ و ۵/۹ میلی‌متر ثبت شد (شکل ۴). بررسی طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش شوری از معیارهای تحمل تنش شوری است زیرا تحت تأثیر تنش شوری تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها کاهش یافته و می‌تواند منجر به کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه شود (Munns, 2002). بررسی طول ریشه‌چه لاین‌های چغندر قند تحت تأثیر تنش شوری در غربالگری ارقام متحمل به شوری این گیاه در مرحله جوانه‌زنی مؤثر است (Khayamim et al., 2014). در آزمایش حاضر نیز ارقام شکوفا و آریا در سطوح بالای شوری از طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کمتری برخوردار بودند که مؤید حساسیت این ارقام به تنش شوری است.

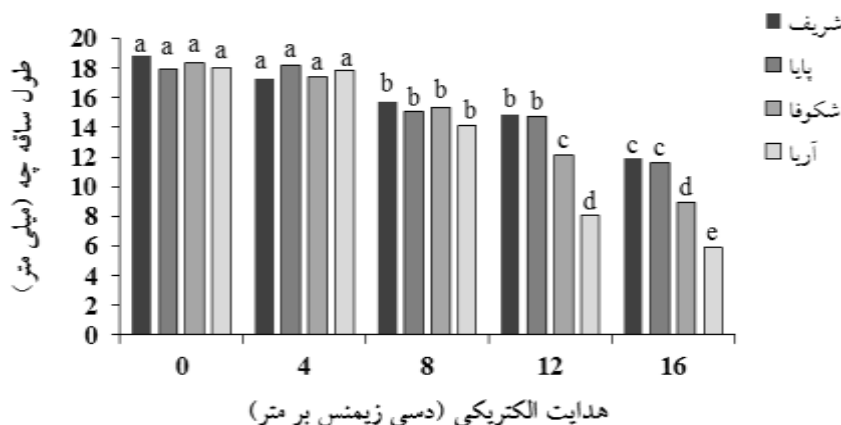
وزن خشک و درصد بقای گیاهچه: وزن خشک گیاهچه ارقام چغندر قند تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و کاهش یافت. در شرایط نرمال رقم پایا کمترین وزن خشک گیاهچه را در مقایسه با سایر ارقام داشت. در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ارقام شریف و پایا بیشترین و ارقام شکوفا و آریا کمترین وزن خشک گیاهچه را داشتند. این شرایط در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز ادامه داشت به طوری که ارقام شریف و پایا بیشترین وزن خشک گیاهچه (به ترتیب ۳/۳۲ و ۳/۳۷ گرم) و رقم آریا کمترین وزن خشک گیاهچه (۲/۱۱ گرم) را داشت (جدول ۴). تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس

بر متر درصد بقای گیاهچه در ارقام شکوفا و آریا را به ترتیب ۹۱ و ۹۰/۳ درصد کاهش داد. در حالی که تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌دار بر درصد بقای گیاهچه ارقام پایا و شریف در مقایسه با شاهد نداشت. اما درصد بقای گیاهچه ارقام شکوفا و آریا به ۸۹/۱ و ۸۰/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۴). بررسی وزن خشک در شرایط تنش‌های محیطی یک معیار مناسب برای شناخت گیاهان متحمل به شرایط تنش است (Munns, 2002; Ashraf and McNeilly, 2004). در یک تحقیق تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار رشد ریشه‌چه ارقام چغندر قند تحت تأثیر سمیت یونی و کمبود آب قابل دسترس شد (Mostafavi, 2012). در آزمایش حاضر ارقام شریف و پایا در شرایط تنش شوری از فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، غلظت کلروفیل بیشتر و محتوای رطوبت نسبی برگ بیشتری در مقایسه با ارقام آریا و شکوفا برخوردار بودند که منجر به بالاتر بودن وزن گیاهچه و پایداری تعداد گیاهچه ارقام شریف و پایا در شرایط تنش شوری شد (جدول ۴). براساس گزارش Jamil و همکاران (۲۰۰۷) تجمع املاح زیان‌آور مانند سدیم در برگ چغندر قند سبب کاهش کلروفیل، کاهش میزان فتوسنتز و وزن خشک گیاهچه ارقام چغندر قند شد که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

غلظت یون‌های سدیم، کلر و پتاسیم برگ: بررسی غلظت یون سدیم و کلر در برگ ارقام چغندر قند حاکی از افزایش غلظت این دو یون در برگ چغندر قند تحت تأثیر افزایش سطح شوری است. تا سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی از نظر غلظت این دو یون دیده نشد. در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ارقام پایا و شریف از غلظت کمتر یون‌های سدیم و کلر برخوردار بودند. در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز بیشترین غلظت یون سدیم (۳۴/۴ و ۳۷/۲ میلی‌گرم بر گرم) در ارقام شکوفا و آریا و بیشترین غلظت یون کلر در برگ رقم آریا (۲۷/۳ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد (جدول ۴). بررسی غلظت یون پتاسیم برگ چغندر قند حاکی از کاهش غلظت این یون تحت تأثیر تنش شوری است به طوری که در سطح تنش شوری ۸



شکل ۳- طول ریشه‌چه ارقام تجاری چغندر قند تحت تنش شوری. حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند (بر اساس آزمون دانکن).



شکل ۴- طول ساقه‌چه ارقام تجاری چغندر قند تحت تنش شوری. حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند (بر اساس آزمون دانکن).

بودند.

تجمع یون‌های زیان‌آور مانند کلر و سدیم در برگ منجر به تغییرات متابولیکی، کاهش فعالیت آنزیم‌های حیاتی، کاهش فتوسنتز، کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش رشد گیاهان زراعی از جمله چغندر قند می‌گردد (Cavalanti et al., 2007; Dadkhah, 2011). تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ چغندر قند هر چند می‌تواند در تنظیم اسمزی نقش ایفا کند ولی در نهایت منجر به کاهش توسعه برگ خواهد شد (Ghoulam and Fares, 2001). بر خلاف اکثر یافته‌ها، پژوهش عباس و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که یون سدیم در کنار یون پتاسیم در تنظیم اسمزی و تحمل شرایط تنش شوری در گیاه

دسی‌زیمنس بر متر بیشترین غلظت یون پتاسیم در ارقام شریف و پایا به میزان ۲۴/۴ و ۲۳ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد. در سطح تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز ارقام پایا و شریف بیشترین غلظت یون پتاسیم (۱۶/۱ و ۱۹/۱ میلی‌گرم بر گرم) و رقم آریا کمترین غلظت یون پتاسیم (۸/۹ میلی‌گرم بر گرم) را دارا بودند (جدول ۴). تنش شوری موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم برگ شد. در عین حال همواره ارقام پایا و شریف از نسبت پتاسیم به سدیم برگ بیشتری برخوردار بودند به طوری که در سطح تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت پتاسیم به سدیم برگ در ارقام پایا و شریف به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۸۳ و در ارقام شکوفا و آریا به ترتیب ۰/۴۰ و ۰/۲۳

جدول ۴- مقایسه میانگین ترکیب رقم با شوری از نظر صفات فیزیولوژیک در ارقام تجاری چغندر قند

| تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | رقم | گلوکاتایون ردکتاز | | گیاکول پراکسیداز | کاتالاز | کربوهیدرات‌های محلول | پتاسیم | کلر | سدیم |
|-----------------------------------|---------|--|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|------|
| | | (نانومول بر میلی‌گرم پروتین بر دقیقه) | (میلی‌گرم جذب در دقیقه) | | | | | | |
| صفر | شریف | ۱/۴۱ ^e | ۴/۰ ^c | ۱/۵ ^d | ۳۰/۵ ^d | ۳۰/۳ ^a | ۸/۳ ^d | ۹/۸ ^e | |
| | پایا | ۲/۴۱ ^d | ۴/۴ ^c | ۱/۶ ^d | ۳۷/۰ ^d | ۲۸/۸ ^a | ۸/۰ ^d | ۸/۵ ^e | |
| | شکوفایا | ۱/۳۳ ^e | ۴/۱ ^c | ۱/۶ ^d | ۳۷/۸ ^d | ۳۰/۰ ^a | ۷/۳ ^d | ۸/۶ ^e | |
| | آریا | ۱/۴۴ ^e | ۳/۹ ^c | ۱/۸ ^d | ۳۵/۳ ^d | ۲۹/۱ ^a | ۷/۴ ^d | ۹/۰ ^e | |
| ۴ | شریف | ۲/۳۷ ^d | ۴/۳ ^c | ۱/۸ ^d | ۳۳/۴ ^d | ۳۰/۴ ^a | ۷/۳ ^d | ۱۰/۰ ^e | |
| | پایا | ۲/۱۷ ^d | ۳/۶ ^c | ۱/۴ ^d | ۳۱/۸ ^d | ۲۹/۱ ^a | ۸/۳ ^d | ۱۰/۷ ^e | |
| | شکوفایا | ۱/۴۲ ^e | ۴/۰ ^c | ۱/۷ ^d | ۳۲/۵ ^d | ۲۸/۹ ^a | ۷/۷ ^d | ۹/۳ ^e | |
| | آریا | ۱/۳۵ ^e | ۳/۹ ^c | ۱/۵ ^d | ۳۲/۰ ^d | ۲۶/۱ ^{ab} | ۷/۷ ^d | ۱۰/۴ ^e | |
| ۸ | شریف | ۵/۰۲ ^b | ۱۰/۳ ^{ab} | ۴/۸ ^a | ۴۴/۷ ^b | ۲۳/۰ ^b | ۱۲/۶ ^c | ۱۶/۹ ^d | |
| | پایا | ۵/۱۳ ^b | ۹/۱ ^b | ۵/۰ ^a | ۴۷/۰ ^b | ۲۴/۴ ^b | ۱۲/۱ ^c | ۱۵/۴ ^d | |
| | شکوفایا | ۳/۴۹ ^c | ۸/۰ ^b | ۳/۴ ^b | ۳۳/۱ ^d | ۱۵/۷ ^c | ۱۷/۹ ^b | ۲۶/۵ ^{bc} | |
| | آریا | ۳/۲۴ ^c | ۷/۹ ^b | ۳/۵ ^b | ۳۱/۴ ^d | ۱۶/۰ ^c | ۱۸/۰ ^b | ۲۴/۱ ^b | |
| ۱۲ | شریف | ۶/۹۴ ^a | ۱۲/۱ ^a | ۵/۱ ^a | ۶۵/۹ ^a | ۱۹/۱ ^{bc} | ۱۷/۴ ^b | ۲۲/۰ ^c | |
| | پایا | ۷/۰۸ ^a | ۸/۴ ^b | ۴/۸ ^a | ۶۷/۰ ^a | ۱۶/۱ ^c | ۱۶/۳ ^b | ۲۳/۱ ^c | |
| | شکوفایا | ۳/۷۱ ^c | ۸/۹ ^b | ۳/۷ ^b | ۳۱/۵ ^d | ۱۳/۷ ^d | ۱۸/۵ ^b | ۳۴/۴ ^a | |
| | آریا | ۲/۱۲ ^d | ۷/۵ ^b | ۲/۳ ^c | ۳۹/۰ ^c | ۸/۹ ^e | ۲۸/۵ ^a | ۳۷/۲ ^a | |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

برگ و وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (فرهودی و خدارحم پور، ۱۳۹۴؛ Poustini and Siosemardeh, 2004). افزایش غلظت یون سدیم در اندام هوایی گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش شوری و تأثیر منفی آن بر فتوسنتز، وزن خشک گیاه، جذب پتاسیم و سلامت غشاهای سلولی توسط بسیاری از محققان در گیاهان زراعی گزارش شده است (Munns and James, 2003; Ashraf and McNielly, 2004; Asha and Dhingra, 2007). در پژوهش حاضر نیز ارقام پایا و شریف در شرایط تنش شوری در مقایسه با ارقام شکوفایا و آریا از پتاسیم بیشتر در برگ و نسبت بالاتر پتاسیم به سدیم برخوردار بودند

چغندر قند نقش مثبت دارد. اما براساس پژوهش حاضر ارقام شکوفایا و آریا که در شرایط تنش شوری از غلظت بالاتر یون‌های سدیم و کلر برخوردار بودند، رطوبت نسبی برگ، غلظت کلروفیل و وزن خشک گیاهچه کمتری داشتند. در یک بررسی تجمع یون سدیم و کلر در برگ ارقام چغندر قند سبب کاهش معنی‌دار فتوسنتز، تبادلات روزنه‌ای و غلظت کلروفیل برگ چغندر قند شد (Jamil et al., 2007). تحقیقات نشان داده‌اند که کمبود یون پتاسیم در بافت گیاهی موجب اختلال در فرآیند فتوسنتز، اختلال در روابط آبی، کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش سنتز کلروفیل می‌گردد و به دنبال آن گسترش سطح

ادامه جدول ۴-

| تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | رقم | نسب پتاسیم به سدیم | بقای گیاهچه | رطوبت نسبی | وزن خشک گیاهچه | پرولین | کلروفیل | |
|-----------------------------------|-------|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | | | a | b |
| | | | | درصد | گرم | (میلی‌گرم در گرم وزن تر) | | |
| صفر | شریف | ۳/۰۸ ^a | ۹۸/۴ ^a | ۷۷/۱ ^a | ۴/۷۵ ^a | ۰/۰۰۹ ^e | ۲/۸۴ ^a | ۱/۸۱ ^a |
| | پایا | ۳/۳۸ ^a | ۱۰۰ ^a | ۷۹/۰ ^a | ۴/۰۵ ^b | ۰/۰۰۸ ^e | ۲/۹۱ ^a | ۱/۸۵ ^a |
| | شکوفه | ۳/۴۸ ^a | ۹۹/۱ ^a | ۷۹/۹ ^a | ۴/۵۲ ^a | ۰/۰۱۱ ^d | ۲/۸۳ ^a | ۱/۶۳ ^{ab} |
| | آریا | ۳/۲۲ ^a | ۱۰۰ ^a | ۷۶/۲ ^a | ۴/۵۰ ^a | ۰/۰۰۷ ^e | ۲/۷۹ ^a | ۱/۹۸ ^a |
| ۴ | شریف | ۳/۰۴ ^a | ۹۹/۲ ^a | ۷۶/۱ ^a | ۴/۳۹ ^a | ۰/۰۱۳ ^c | ۲/۸۱ ^a | ۱/۷۱ ^a |
| | پایا | ۲/۷۱ ^a | ۹۸/۰ ^a | ۷۷/۰ ^a | ۴/۰۲ ^b | ۰/۰۲۵ ^b | ۲/۸۱ ^a | ۱/۸۴ ^a |
| | شکوفه | ۳/۱۰ ^a | ۱۰۰ ^a | ۷۷/۳ ^a | ۴/۳۷ ^a | ۰/۰۱۴ ^c | ۲/۹۲ ^a | ۱/۸۷ ^a |
| | آریا | ۲/۴۹ ^b | ۹۸/۹ ^a | ۷۶/۴ ^a | ۳/۹۱ ^b | ۰/۰۰۹ ^d | ۲/۸۷ ^a | ۱/۷۹ ^a |
| ۸ | شریف | ۱/۳۶ ^c | ۹۷/۴ ^a | ۷۶/۰ ^a | ۳/۸۷ ^b | ۰/۰۴۴ ^a | ۲/۵۵ ^{ab} | ۱/۷۵ ^a |
| | پایا | ۱/۶۱ ^c | ۹۸/۰ ^a | ۷۷/۲ ^a | ۳/۹۳ ^b | ۰/۰۳۸ ^a | ۲/۴۱ ^b | ۱/۷۹ ^a |
| | شکوفه | ۰/۶۳ ^d | ۹۱/۰ ^b | ۷۴/۰ ^{ab} | ۳/۰۸ ^c | ۰/۰۳ ^c | ۱/۸۱ ^c | ۱/۵۷ ^{ab} |
| | آریا | ۰/۵۵ ^d | ۹۰/۳ ^b | ۷۰/۵ ^b | ۳/۱۱ ^c | ۰/۰۱۸ ^c | ۱/۷۶ ^c | ۱/۵۹ ^{ab} |
| ۱۲ | شریف | ۰/۸۳ ^d | ۹۷/۱ ^a | ۷۴/۰ ^{ab} | ۳/۳۲ ^{bc} | ۰/۰۴۱ ^a | ۲/۱۹ ^{bc} | ۱/۵۱ ^b |
| | پایا | ۰/۶۳ ^d | ۹۶/۹ ^a | ۷۱/۲ ^b | ۳/۳۷ ^{bc} | ۰/۰۳۲ ^{ab} | ۲/۰۸ ^{bc} | ۱/۶۲ ^{ab} |
| | شکوفه | ۰/۴۰ ^e | ۸۹/۱ ^b | ۶۴/۱ ^c | ۲/۸۷ ^d | ۰/۰۱۵ ^c | ۱/۱۳ ^d | ۱/۴۹ ^b |
| | آریا | ۰/۲۲ ^e | ۸۰/۱ ^c | ۶۲/۰ ^c | ۲/۱۱ ^e | ۰/۰۳۸ ^a | ۱/۲۵ ^d | ۱/۰۹ ^c |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

کاتالاز، گوایکول پراکسیداز و گلوکاتایون ردکتاز حاکی از افزایش فعالیت این آنزیم‌ها تحت تأثیر تنش شوری در ارقام چغندر قند است. در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ارقام شریف و پایا بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز را داشتند (به ترتیب ۵/۱ و ۴/۸ میلی‌گرم جذب در دقیقه) در حالی که رقم آریا با ۲/۳ میلی‌گرم جذب در دقیقه کمترین فعالیت این آنزیم در شرایط تنش را به خود اختصاص داد. در خصوص فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز، نتایج بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام چغندر قند از نظر فعالیت این آنزیم در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر است در حالی که در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر رقم شریف بیشترین میزان فعالیت این آنزیم را داشت (۷/۵ میلی‌گرم جذب در دقیقه). در

که منجر به بیشتر بودن غلظت کلروفیل و وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در این ارقام شد. نسبت پتاسیم به سدیم یک معیار گزینشی مناسب در انتخاب ارقام متحمل به شوری در گیاهان زراعی است (Ashraf and McNeilly, 2004; Poustini and Siosemardeh, 2004). محققان با بررسی واکنش چغندر قند به تنش شوری بیان نموده‌اند که تنش شوری سبب تجمع سدیم و کلر در برگ ارقام حساس به تنش شوری می‌شود و نسبت پتاسیم به سدیم برگ می‌تواند یک معیار مناسب برای شناسایی ارقام متحمل به شوری چغندر قند به حساب آید (فتوحی و همکاران، ۱۳۸۵؛ Dadkhah, 2011).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: بررسی فعالیت آنزیم‌های

سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ارقام شریف و پایا بیشترین فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردکتاز را داشتند (به ترتیب ۶/۹۴ و ۷/۰۸ نانومول NADPH بر میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه) در حالی که رقم شکوفا کمترین میزان فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردکتاز را داشت (۲/۱۲ نانومول NADPH بر میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه) (جدول ۴). ارقام پایا و شریف که بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را داشتند در شرایط تنش شوری بیشترین غلظت کلروفیل و وزن گیاهچه را نیز دارا بودند در حالی که ارقام شکوفا و آریا با کمترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابل شوری آسیب پذیرتر بودند (جدول ۴). تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در محیط سلول‌ها تحت تأثیر تنش‌های محیطی سبب تخریب گسترده غشای سلولی و غشای اندامک‌های سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌های حیاتی و آسیب جدی به ماده وراثتی سلول‌ها می‌گردد (Apel and Hirt, 2004). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان وظیفه دارند با پاکسازی محیط سلول از رادیکال‌های آزاد اکسیژن، زیرساخت‌های سلولی مانند غشای سلول و پروتئین‌ها را در مقابل رادیکال‌های آزاد محافظت نمایند. تحقیقات نشان داده‌اند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نقش به‌سزایی در افزایش تحمل تنش خشکی و حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن در ارقام چغندرقد دارند (Sayfzadeh and Rashidi, 2010; Romano et al., 2013). تأثیر مثبت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در تحمل تنش شوری و حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سایر گیاهان زراعی نظیر کلزا (Ashraf and Ali, 2008) نیز گزارش شده است.

غلظت کلروفیل: غلظت کلروفیل a و b تحت تأثیر رقم چغندرقد و سطوح شوری قرار گرفت و با افزایش سطح تنش شوری، غلظت کلروفیل برگ کاهش یافت. در سطوح تنش شوری ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ارقام پایا و شریف از بیشترین غلظت کلروفیل a و ارقام آریا و شکوفا از کمترین غلظت کلروفیل a برخوردار بودند. بر خلاف کلروفیل a، تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر از نظر کلروفیل b مشاهده نشد و تنها در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت میان ارقام معنی‌دار

بود. هیچ یک از سطوح تنش شوری بر غلظت کلروفیل b رقم پایا تأثیر معنی‌داری نداشت در حالی که در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر رقم آریا کمترین غلظت این کلروفیل را به خود اختصاص داد (۱/۰۹ میلی‌گرم بر گرم). بررسی پایداری کلروفیل در شرایط تنش شوری یکی از سازوکارهای انتخاب ارقام متحمل به شوری گیاهان زراعی محسوب می‌شود (Asch et al., 2000; Jamil et al., 2007). برخی از محققان تخریب و کاهش غلظت کلروفیل برگ گیاهان زراعی را تحت تأثیر تنش شوری گزارش نموده‌اند. به‌عنوان مثال فرهودی و خدارحم‌پور (۱۳۹۴) با مطالعه تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه گندم بیان نمودند که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل a و کلروفیل b برگ این گیاه شد. در یک تحقیق تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل برگ ارقام چغندرقد شد زیرا در این شرایط تجمع یون‌های زیان‌آور کلر و سدیم در برگ موجب تخریب و تحلیل‌رفتن کلروفیل شده و به تبع آن فتوسنتز، رشد گیاه و گسترش سطح برگ کاهش می‌یابد (Jamil et al., 2007; Dadkhah, 2011). در پژوهش حاضر نیز ارقام پایا و شریف که از غلظت بیشتر کلروفیل برگ در شرایط تنش شوری برخوردار بودند دارای وزن خشک گیاهچه بیشتر و تجمع کمتر سدیم و کلر در برگ برخوردار بودند که بیانگر رابطه منفی بین تجمع املاح زیان‌آور در برگ و غلظت کلروفیل است.

رطوبت نسبی برگ، غلظت پرولین و کربوهیدرات‌های

محلول برگ: بررسی رطوبت نسبی برگ حاکی از کاهش این صفت تحت تأثیر تنش شوری در ارقام چغندرقد است. در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بین رطوبت نسبی برگ ارقام چغندرقد مشاهده نشد در حالی که در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر تنها رطوبت نسبی برگ رقم آریا در مقایسه با سایر ارقام کاهش یافت. در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر رطوبت نسبی برگ ارقام شکوفا و آریا کمتر از سایر ارقام بود (به ترتیب ۶۴ و ۶۲ درصد) ولی این صفت در رقم شریف تحت تأثیر شوری قرار نگرفت و مقدار آن (۷۴ درصد) تفاوت معنی‌داری با رطوبت نسبی برگ در

شرایط تنش شوری به حساب می‌آید. در یک بررسی در شرایط تنش شوری تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند 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). افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ در گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش شوری علاوه بر این که در تنظیم اسمزی و حفظ رطوبت نسبی برگ نقش دارد، اهمیت ویژه‌ای در حفاظت غشاهای سلولی دارد (Munns, 2002). در پژوهش حاضر علی‌رغم برخی تفاوت‌ها، به‌طور کلی می‌توان گفت ارقام پایا و شریف با دارا بودن غلظت بیشتر اسمولیت‌های سازگار از رطوبت نسبی برگ بالاتری برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام چغندر قند مورد بررسی شد و میان ارقام چغندر قند تفاوت معنی‌داری در این خصوص مشاهده شد. بررسی وزن خشک در شرایط تنش‌های محیطی یک معیار مناسب برای شناخت گیاهان متحمل به شرایط تنش به شمار می‌رود و بر این اساس ارقام شریف و پایا از وزن خشک گیاهچه بیشتری برخوردار بودند. این ارقام در مقایسه با ارقام شکوفا و آریا دارای تجمع یون سدیم و کلر کمتر در برگ و نسبت پتاسیم به سدیم بیشتری بودند. همچنین ارقام شکوفا و آریا که در مرحله جوانه‌زنی و رشد ابتدایی گیاهچه حساس به شوری شناخته شدند از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کمتری در مقایسه با ارقام شریف و پایا برخوردار بودند. بررسی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام چغندر قند مورد بررسی نشان داد که مجموعه‌ای از خصوصیات مانند تجمع کمتر یون‌های سدیم و کلر در برگ، رطوبت نسبی برگ و غلظت کلروفیل بیشتر منجر به تحمل تنش شوری در ارقام پایا و شریف و استقرار مناسب گیاهچه‌ها و بیشتر بودن درصد بقای گیاهچه‌ها در پایان دوره آزمایش در این ارقام در مقایسه با

شرایط نرمال (۷۷ درصد) نداشت (جدول ۴). واکنش تغییرات غلظت پرولین برگ ارقام چغندر قند به تنش شوری از سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر آغاز شد و در این سطح شوری رقم پایا بیشترین غلظت پرولین برگ را داشت. در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز ارقام پایا، آریا و شریف بیشترین غلظت پرولین برگ را داشتند در حالی که رقم شکوفا کمترین غلظت پرولین برگ را داشت (جدول ۴). تنش شوری سبب افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ ارقام چغندر قند شد و این واکنش از سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر آغاز شد. در این سطح تنش شوری، ارقام پایا و شریف بیشترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ را داشتند. در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز ارقام شریف و پایا بیشترین (به ترتیب ۶۵/۹ و ۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و شکوفا کمترین (۳۱ غلظت میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ را داشتند (جدول ۴). تحقیقات نشان داده‌اند که رطوبت نسبی برگ یک ویژگی کلیدی در انتخاب گیاهان زراعی متحمل به تنش شوری است زیرا بالاتر بودن رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش به معنی جذب آب بیشتر و افزایش تورژسانس سلولی است (Jakob *et al.*, 2005). در شرایط تنش شوری، تجمع املاح در محیط ریشه گیاه سبب کاهش توانایی جذب آب می‌شود و در این شرایط گیاهی موفق است که با ساخت و تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پرولین، یون‌های مفید و کربوهیدرات‌های محلول آب بیشتری جذب نماید. بررسی واکنش ارقام کلزا (Qasim *et al.*, 2003) و گندم (Shirazi *et al.*, 2005) به تنش شوری نشان داد که شوری از طریق اختلال در روابط آبی گیاه منجر به کاهش رطوبت نسبی، سطح برگ و رشد گیاهان مورد مطالعه می‌شود. در یک تحقیق روی ارقام متحمل به شوری چغندر قند، تجمع کربوهیدرات‌های محلول در شرایط تنش شوری، موجب بهبود شرایط اسمزی برگ در راستای جذب آب بیشتر شد (عباس و همکاران، ۱۳۹۱) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد. پرولین در کنار عناصر معدنی مانند پتاسیم یک عنصر کلیدی در تنظیم اسمزی و جذب آب در

ارقام شکوفا و آریا شد. این نتایج می‌تواند در تحقیقات آینده جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری چغندر قند و شناسایی سازوکارهای تحمل شوری در این ارقام مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- بی‌نام، (۱۳۹۶) آمار نامه انجمن صنفی کارخانه‌های قند و شکر ایران.
- خیامیم، س.، توکل افشاری، ر.، صادقیان مطهر، س. ی. و پوستینی، ک. (۱۳۹۰) اثر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چغندر قند در شرایط آزمایشگاه و گلخانه. علوم زراعی ایران ۱۳: ۱-۱۷.
- عباس، ف.، مهنا، ا.، اللحام، ا. و الجبawy، ا. (۱۳۹۱) تنظیم اسمزی چغندر قند در شرایط تنش شوری. مجله چغندر قند ۲۸: ۸۰-۶۷.
- فتوحی، ک.، مصباح، م.، صادقیان، س. ی.، رنجی، ذ. و اوراضی‌زاده، م. ر. (۱۳۸۵) ارزیابی تحمل به شوری در ارقام چغندر قند. مجله چغندر قند ۲۲: ۱۸-۱.
- فروودی، ر. (۱۳۹۱) اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، نشت‌پذیری غشا سلولی و رشد گیاهچه ارقام کلزا. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۱: ۲۵-۱۴.
- فروودی، ر. و خدارحم‌پور، ر. (۱۳۹۴) بررسی پاسخ فیزیولوژیک ۱۹ رقم گندم به تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۱۱: ۷۷-۶۶.
- کافی، م.، باقری، ا.، نباتی، ج.، زارع مهرجردی، م. و معصومی، ا. (۱۳۸۹) بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی متغیرهای فیزیولوژیک ۱۱ ژنوتیپ نخود در محیط هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت گلخانه‌ای ۱: ۷۰-۵۵.
- Abbas, F., Mohanna, A., Al-Lahham, G. and Al-Jbawi, E. (2012) Osmotic adjustment in sugar beet plant under salinity stress. *Sugar Beet* 28: 37-43.
- Abbas, F., Mohanna, A., Al-Lahham, G. and Al-Jbawi, E. (2009) Laboratory screening tool for selecting sugar beet, *Beta vulgaris* L. genotypes under salinity stress. 7th Conference of General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Damascus, Syria.
- Agrawal, S., Sairam, R. K., Srivasta, G. C., Tyagi, A. and Meena, R. C. (2005) Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. *Plant Science* 169: 559-570.
- Apel, K. and Hirt, H. (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. *Annual Review Plant Biology* 55: 373-399.
- Asch, F., Ding Kuhn, M., Dorffling, K. and Miezian, K. (2000) Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. *Euphytica* 113: 109-118.
- Asha, A. and Dhingra, H. R. (2007) An integrated approach for screening of chickpea genotypes for salinity tolerance. *Indian Journal of Plant Physiology* 12: 378-382.
- Ashraf, M. and Ali, Q. (2008) Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany* 63: 266-273.
- Ashraf, M. and McNeilly, T. (2004) Salinity tolerance in brassica oilseeds. *Critical Review of Plant Science* 23: 157-174.
- Bajehbaj, A. A. (2010) The effects of NaCl priming on salt tolerance in sunflower germination and seedling grown under salinity conditions. *African Journal of Biotechnology* 9: 1764-1770.
- Bates, L. S., Waldre, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-208.
- Bewley, J. D. and Black, M. (1998) *Seeds: Physiology of development and germination* second edition. Plenum Press, New York.
- 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.
- 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.
- Caverzan, A., Casassola, A. and Patussi Brammer, S. (2016) Antioxidant responses of wheat plants under stress. *Genetics and Molecular Biology* 39: 1-6.
- Chance, B. and Maehly, A. C. (1995) Assay of catalase and peroxidases. *Method of Enzymology* 2: 764-775.

- Dadkhah, A. (2011) Effect of salinity on growth and leaf photosynthesis of two sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agriculture Science and Technology* 13: 1001-1012.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28: 350-356.
- Ghoulam, C. and Fares, K. (2001) Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Science and Technology* 29: 357-364.
- Gondim, F. A., Gomes-Filho, E., Lacerda, C. F., Prisco, J. T., Azevedo Neto, A. D. and Marques, E. C. (2010) Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 22: 103-112.
- 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.
- Jafarzadeh, A. A. and Aliasgharzad, N. (2007) Salinity and salt composition effects on seed germination and root length of four sugar beet cultivars. *Biologia Bratislava* 62: 562-564.
- 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
- Jamil, M., Rehman, S. and Raha, E. S. (2007) Salinity effect on plant growth, photosynthesis and chlorophyll content in sugar beet and cabbage. *Pakistan Journal of Botany* 39: 753-760.
- Katerji, N., Van-Hoorn, J. W., Hamdy, A. and Mastroili, M. (1997) Osmotic adjustment of sugar beet in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Journal of Agriculture and Water Management* 34: 557-569.
- Khayamim, S., Tavakol Afshari, R., Sadeghian Motahar, S. Y., Pustini, K., Rouzbeh, F. and Abbasi, Z. (2014) Seed germination, plant establishment and yield in sugar beet genotypes under salinity stress. *Journal of Agriculture Science and Technology* 16: 779-790.
- Mostafavi, K. (2012) Effect of salt stress on germination and early seedling growth stage of sugar beet cultivars. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 6: 120-125.
- Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment* 25: 239-250.
- Munns, R. and James, R. A. (2003) Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil* 253: 201-218.
- Nawaz, A., Amjad, M., Pervez, M. A. and Afzal, I. (2011) Effect of halopriming on germination and seedling vigor of tomato. *African Journal of Agricultural Research* 6: 3551-3559.
- Oracz, K., Bailly, C., Gniazdowska, A., Come, D., Corbineau, D. and Bogatek, R. (2007) Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. *Journal of Chemical Ecology* 33: 251-264.
- Owen, C. P. (1992) Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia.
- Poustini, K. and 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 Raha, 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.
- Rao, A., Ahmad, S. D., Sabir, S. M., Awan, S. I., Shah, A. H., Abbas, S. R., Shafique, S., Khan, F. and Chaudhary, A. (2013) Potential antioxidant activities improve salt tolerance in ten varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Science* 4: 69-76.
- Romano, A., Lupini, A., Araniti, F. and Stevanato, P. (2013) Morpho-physiological responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes to drought stress. *Acta Physiologia* 35: 853-865.
- Sayfzadeh, S. and Rashidi, M. (2010) Effect of drought stress on antioxidant enzyme activities and root yield of sugar beet (*Beta vulgaris*). *American Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 9: 223-230.
- Scott, S. J., Jones, R. A. and Williams, W. A. (1984) Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science* 24: 1192-1199.
- Shahid, M. A., Balal, R. M. and Pervez, M. A. (2012) Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. *Australian Journal of Crop Science* 6: 828-838.
- 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.

Evaluation of Iranian sugar beet commercial varieties under salinity stress in germination and establishment growth stages

Rozbeh Farhoudi^{1*} and Samar Khayamim²

¹ Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Shoushtar branch, shoushtar, Iran

² Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: 30/05/2019, Accepted: 01/12/2019)

Abstract

Production of tolerant crop commercial varieties is very important due to increase of saline lands in Iran and world wide in the world. Therefore, this experiment was conducted to study germination, plant growth and probable tolerance mechanisms of Iranian sugar beet commercial varieties under salinity stress in two separate experiments during 2016. Sharif, Paya, Shokufa and Arya varieties were compared at 0, 4, 8 12 and 16 dS/m salinity levels in a factorial experiment based on completely randomized design with four replications to evaluate germination characteristics in the laboratory. Also, these varieties were compared in a similar experiment at 0, 4, 8, 12 ds/m salinity levels to evaluate physiological traits under greenhouse condition using randomized complete block design. Sharif and Paya varieties had better germination characteristics including seed germination, germination duration, root and seedlings length under 12 and 16 salinity stress levels than Shokufa and Arya as their germination percentage were 70, 60, 50 and 50, respectively. Antioxidant enzymes, chlorophyll content and relative water content of Sharif and Paya were higher than other varieties which caused higher seedling weights and stability of seedling number in these varieties under salinity condition.

Key words: Antioxidants enzymes, Chlorophyll, K, Soluble carbohydrate

Corresponding author, Email: rfarhoudi@gmail.com