

## بررسی تحمل به شوری جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدهای چغندر قند در محیط گلخانه و مزرعه

### Evaluation of salinity tolerance of sugar beet breeding populations and hybrids under greenhouse and field conditions

عبدالمجید خورشید\*، اباذر رجبی، ایرج برنوسی و فیاض امیر مقدم<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۰

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2020.120128.1172 ; DOR: 20.1001.1.17350670.1398.35.2.2.6

ع.م. خورشید، ا. رجبی، ا. برنوسی و ف. امیرمقدم. ۱۳۹۸. بررسی تحمل به شوری جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدهای چغندر قند در محیط گلخانه و مزرعه. چغندر قند، ۳۵(۲): ۱۴۱-۱۵۶.

#### چکیده

شوری خاک از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی در سراسر دنیا به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از این رو ایجاد ارقام متحمل به این تنش در گیاهانی مانند چغندر قند که بتواند در شرایط تنش رشد نموده و دارای عملکرد اقتصادی باشد، یکی از اهداف مهم به‌نژادی است. بدین منظور، ارزیابی تحمل به شوری جمعیت‌ها و هیبریدهای مختلف چغندر قند بر اساس برخی صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی در شرایط گلخانه و مزرعه برای گزینش جمعیت‌های برتر و ارزیابی صفات مناسب انجام شد. در این تحقیق از دو محیط گلخانه برای بررسی صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی طی مرحله استقرار و مزرعه برای بررسی صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای آن استفاده شد. تعداد پنج هیبرید و چهار جمعیت اصلاحی به همراه سه رقم شاهد متحمل و حساس در سال ۱۳۹۵ در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی در دو سطح بدون شوری (شاهد) و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در مزرعه به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط بدون تنش (۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و تنش شوری (۱۷/۳۴ دسی‌زیمنس بر متر) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب مورد بررسی قرار گرفت. صفاتی مانند وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوای آب نسبی برگ، کاهش نسبی آب برگ، وزن ویژه برگ، پرولین و عناصر غذایی (سدیم و پتاسیم) در برگ و عملکرد ریشه و شکر، عیار قند، سدیم و پتاسیم در ریشه در هر دو محیط واجد تنش و بدون تنش اندازه‌گیری شد. در شرایط تنش در گلخانه، صفات پرولین، ماده خشک، سدیم برگ و طول ریشه افزایش معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش داشتند اما مقادیر پتاسیم، سطح برگ، محتوای آب نسبی برگ، آب از دست رفته برگ و ماده خشک ریشه کاهش یافت. در مزرعه، تنش شوری باعث افزایش درصد قند و پتاسیم و کاهش عملکرد ریشه و شکر نسبت به شرایط بدون تنش شد. در این تحقیق، هیبرید MSC2\*FS11 و جمعیت‌های FS7 و FS2 از نظر صفات عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص و عملکرد شکر سفید برتر از سایر جمعیت‌ها تشخیص داده شدند. رقم حساس شیرین دارای پایین‌ترین مقادیر عملکرد ریشه در شرایط تنش بود. بر اساس نتایج حاصله، صفات پرولین و ماده خشک می‌توانند به‌عنوان معیارهای تمایز ارقام یا جمعیت‌ها در تنش شوری مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، پرولین، صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک، عملکرد چغندر قند

۱- دانشجوی سابق دکترای اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. \*- نویسنده مسئول majidkhor1347@gmail.com

۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- دانشیار گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

## مقدمه

شوری خاک عمده‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی در سراسر دنیا به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از این رو ایجاد ارقام متحمل به این تنش در گیاهان زراعی مانند چغندرقد که بتواند در شرایط تنش رشد کرده و از عملکرد اقتصادی برخوردار باشند یکی از اهداف مهم به‌نژادی این گیاهان زراعی محسوب می‌شود. افزایش اراضی شور و کاهش بارش‌ها و اثر نامطلوب تنش‌ها بر تولید گیاهان زراعی از جمله چغندرقد، اولویت تحقیقات در زمینه‌ی ایجاد ارقام متحمل و توسعه کشت گیاهان متحمل به شوری را دوچندان می‌کند (Khorshid and Rajabi 2014). دانشمندان بر این باورند که بیشتر گونه‌های زراعی توانایی تحمل به شوری بالاتر از ۲۰-۱۰ درصد آب دریا را ندارند و رشد بیشتر آنها حتی در درجه‌ی پایین‌تر از غلظت فوق به خطر می‌افتد (Ashraf 1994). شوری در ظاهراً روی دو فرآیند روابط آبی و روابط یونی گیاه تأثیر دارد. گیاهان زمانی که در معرض تنش شوری قرار می‌گیرند ابتدا تنش آب را تجربه می‌کند (Munns *et al.* 1997؛ به عبارتی، اولین مرحله در پاسخ به تنش شوری، تأثیر نمک در خارج از گیاه (تنش اسمزی) است که مانع گسترش کمتر ریشه و منجر به کاهش توسعه برگ‌ها می‌شود. در صورتی که گیاه مدت طولانی در معرض تنش شوری قرار گیرد، تنش یونی را نیز تجربه می‌کند که سبب پیری زودرس برگ‌های بالغ و نکروزه شدن برگ‌های پیر می‌شود (Parvais and Satyawati 2008). لذا مرحله دوم واکنش رشد گیاه به تنش شوری، در نتیجه اثر سمیت نمک در سلول‌های گیاهی است. دلیل خسارت وارده به گیاه احتمالاً ورود بیش از حد نمک به سلول‌ها و عدم توانایی برای جایگذاری در واکنش‌ها است. بعد از آن نمک‌ها به طور سریع در سیتوپلاسم افزایش یافته و از فعالیت آنزیم‌ها ممانعت می‌کنند. همچنین نمک ممکن است در

دیواره سلولی به‌تدریج افزایش یافته و موجب پسابدگی سلول شود. یون‌های سدیم و کلر با انجام تنظیم اسمزی و خروج و انتقال پتاسیم روی گیاه تحت تنش اثر می‌گذارند (Kafi *et al.* 2009). چغندرقد یکی از گیاهان متحمل به شوری به‌شمار می‌آید. اما گزارش شده است که این گیاه در خلال جوانه‌زنی و خروج جوانه از خاک و در مرحله‌ی گیاهچه تحمل کم‌تری به شوری از خود نشان می‌دهد (Beatty 1993).

در گذشته علت کاهش عملکرد ریشه در شرایط شور نامعلوم بود. بعد از تحقیقات فراوان علت این کاهش به منع فتوسنتز گیاه یا کمبود مواد غذایی ناشی از سمیت عناصر ارتباط داده شد. واکنش‌های گیاه به شوری و کمبود آب در بسیاری از شرایط شبیه به هم است. شوری، توانایی گیاهان را برای جذب آب کاهش داده و به سرعت سبب کاهش میزان رشد گیاه می‌شود و علایمی شبیه حالت تنش آبی در گیاه نمایان می‌شود. علی و همکاران (Ali *et al.* 2000) ساز و کارهای تحمل به شوری در چغندرقد را شناسایی نمودند که از جمله‌ی آنها می‌توان جایگزینی بیشتر  $K^+$  برگ نسبت به  $Na^+$  و انباشت  $K^+$  نسبت به سدیم در برگ‌های جوان در مقایسه با برگ‌های پیر اشاره نمود. آشور و تالوت (Ashour and Thalooth 1971) تعدادی از واکنش‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی چغندرقد در سطوح مختلف نمک را مورد مطالعه قرار دادند. آنها نتیجه‌گیری نمودند که با افزایش شوری وزن خشک کل اندام هوایی، وزن خشک ریشه و سطح برگ به‌شدت کاهش می‌یابد و اجزای عملکرد و صفات رویشی نیز واکنش‌های متفاوتی به شوری از خود نشان دادند. در مطالعه‌ای اثر سه سطح شوری بر ۲۸ ژنوتیپ چغندرقد بررسی شد. با افزایش شوری، میزان سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت اما از مقدار پتاسیم کاسته شد. در ژنوتیپ‌های متحمل نیز میزان سدیم، نسبت سدیم به

(2014). در آزمایش‌های دیگر، تحت تنش شوری، ژنوتیپ‌های BP Karaj با زمینه تحمل به خشکی و ژنوتیپ \* 7233 p.29 MSC2 با زمینه تحمل به شوری از نظر عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص و عملکرد شکر سفید، برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند (Khorshid *et al.* 2011). خورشید و رجی (Khorshid and Rajabi 2014) نیز توده‌های متحمل به خشکی BP Karaj و BP Mashhad را تحت تنش شوری به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی کردند. در پژوهش‌های دیگر، شاخص‌های مختلف تحمل به تنش شوری و خشکی در چغندر قند مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، رقم شیرین به عنوان حساس‌ترین رقم شناسایی شد (Khorshid *et al.* 2014). خورشید و همکاران (Khorshid *et al.* 2018) با ارزیابی صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های چغندر قند در شرایط کنترل شده و مزرعه تحت شرایط تنش شوری عنوان کرد که از بین صفات مختلف میزان سدیم، پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و پرولین برگ را می‌توان به‌عنوان صفات اصلی و مهم در ارتباط با تنش شوری و عملکرد طی دوره‌های مختلف رشد به حساب آورد.

طی یک آزمایش اثر سطوح شوری (چهار سطح با هدایت الکتریکی آب منطقه (شاهد)، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات جوانه‌زنی بذر مانند جوانه‌های طبیعی و غیرطبیعی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه روی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند بررسی شد. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بذر در شوری‌های ۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر مشابه بود. با این وجود، شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط گلخانه به‌عنوان آستانه ۵۰ درصد خسارت، بیشترین اثر تمایز فنوتیپی را در گیاهان داشت (Khorshid *et al.* 2011). در شرایط تنش شوری در مزرعه افزایش سطح شوری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و عملکرد قند قابل‌استحصال در

پتاسیم برگ چغندر قند بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس بود (Pakniyat and Armion 2007).

رنجی و همکاران (Ranji *et al.* 1997) گزارش کردند که میزان پرولین برگ چغندر قند در ژنوتیپ‌های متحمل بیشتر از ژنوتیپ حساس در گلخانه است اما در شرایط مزرعه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در بررسی واکنش‌های بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی چغندر قند در سه سطح شوری آب آبیاری مشخص شد که وزن تر اندام هوایی با افزایش سطوح شوری نمک (NaCl) تا ۶۰۰۰ ppm به طور خطی کاهش می‌یابد اما درصد قند در ریشه به طور چشم‌گیری افزایش یافت. به بیان دیگر افزایش سطوح نمک منتج به افزایش چشم‌گیر مقدار سدیم هم در ریشه و هم در اندام هوایی گردید در صورتی که مقدار پتاسیم در اندام هوایی کاهش شدید داشت اما این ماده در ریشه با افزایش سطوح شوری تغییر چشم‌گیری از خود نشان نداد (Sayed *et al.* 1999).

طی یک آزمایش در شرایط تنش شوری و خشکی روی تعدادی از ژنوتیپ‌های چغندر قند مشخص شد که توده گرده‌افشان ۸۰۰۱ تحمل خوبی به هر دو نوع تنش مورد بررسی دارد (Khorshid *et al.* 2011). همچنین، تعدادی لاین S<sub>1</sub> از طریق کلون کردن توده ۸۰۰۱ تولید شد. لذا از این طریق تعدادی از هیبریدهای متحمل به شوری در چغندر قند در شرایط تنش شوری در گلخانه و مزرعه تولید شد (Khorshid *et al.* 2014). در آزمایشی، تعداد ۱۱۲ ژنوتیپ چغندر قند از منابع ژنتیکی مختلف در گلخانه و مزرعه تحت تنش شوری مورد ارزیابی قرار گرفتند و هشت ژنوتیپ برتر با استفاده از شاخص درصد سبز مزرعه و عملکرد ریشه معرفی شدند. در بین گرده‌افشان‌های متحمل به خشکی، تعدادی از نتاج (SBSI- DRI-HSF 11, SBSI-DRI-HSF 14) هم در گلخانه و هم در مزرعه ویژگی بهتری از سایر نتاج داشتند (Abbasi *et al.*

## ۱- آزمایش گلخانه‌ای

آزمایش در مهرماه ۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل دو سطح بدون تنش (شاهد) و تنش شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با کلرید سدیم و فاکتور دوم شامل ۱۲ ژنوتیپ چغندرقد (جدول ۱) بود. کشت مواد گیاهی در گلدان‌های حاوی پرلیت شسته شده صورت گرفت. هر جمعیت یا لاین در سه تکرار و هر تکرار شامل چهار گلدان به حجم ۴۰۰ سی‌سی بود و داخل هر گلدان شش عدد بذر کاشته شد و پس از استقرار کامل گیاه، سه بوته نگهداری و مابقی حذف شد. آبیاری اول با آب مقطر و آبیاری دوم با اضافه کردن محلول غذایی هوگلند انجام شد. تعویض آب به‌صورت هفتگی و با کنترل EC زهاب تا آخر دوره که حدود دو ماه بود و گیاهان در مرحله ۱۰-۸ برگی قرار داشتند، ادامه یافت. در زمان نمونه‌گیری، از برگ‌های چهار تا هشت بوته چغندرقد نمونه تهیه شد (Ober *et al.* 2002). بخشی از نمونه برای اندازه‌گیری وزن تر و آب نسبی برگ‌ها توزین و به آن ۱۰۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت برای تعیین ماده خشک منتقل شد. بخشی دیگر برای اندازه‌گیری پرولین به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل و سپس با نیتروژن مایع به‌صورت پودر درآمد. اندازه‌گیری صفات در گلخانه روی اندام‌هوایی گیاه شامل میزان سدیم، پتاسیم، پرولین، محتوای نسبی آب برگ، میزان نسبی آب از دست رفته، وزن تر و خشک اندام‌هوایی و وزن تر و خشک ریشه، سطح برگ، طول ریشه و وزن ویژه برگ روی جمعیت‌ها و هیبریدهای مورد بررسی اندازه‌گیری شد.

غلظت یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر مورد سنجش قرار گرفت (Hamada 1994). میزان پرولین به روش نین‌هیدرین (Ninhydrin) با روش تغییر یافته بیتس و همکاران (Bates *et al.* 1973) اندازه‌گیری شد.

چغندرقد شد (Khorshid *et al.* 2011). طی یک بررسی سه رقم چغندرقد با درجه تحمل‌پذیری متفاوت در برابر سطوح مختلف شوری در مرحله گیاهچه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقادیر پرولین، قندهای محلول و تجمع کاتیون‌ها در اندام‌هوایی و ریشه، اندازه‌گیری و مشاهده شد که در رقم Gangtang 7 مقدار تجمع پرولین و قندهای محلول در ریشه و اندام‌هوایی نسبت به دو رقم دیگر افزایش یافته ولی مقدار شاخص  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  در اندام‌هوایی و  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  در ریشه کمتر از دو رقم دیگر بود (Wu *et al.* 2013). آنها با استفاده از این معیارها نتیجه گرفتند که رقم Gangtang 7 نسبت به دو رقم دیگر متحمل‌تر است.

هدف از اجرای این تحقیق مقایسه تحمل به شوری جمعیت‌های اصلاحی چغندرقد (جدول ۱) از نظر صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در شرایط گلخانه و صفات مهم کمی و کیفیت محصول چغندرقد در شرایط مزرعه بود. همچنین شناسایی صفاتی که به‌توان از آنها در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش تحمل به تنش شوری استفاده نمود.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق تعداد پنج هیبرید و چهار جمعیت اصلاحی چغندرقد (*Beta vulgaris*) به همراه سه رقم شاهد (جدول ۱) که همه دیپلوئید بودند در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب (شرایط واجد تنش و بدون تنش شوری) از نظر کمیت و کیفیت محصول و در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی (شرایط واجد تنش و بدون تنش شوری) از نظر صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفتند.

## جدول ۱ جمعیت‌ها و هیبریدهای مورد بررسی در آزمایش

شماره	جمعیت	خصوصیت	نوع ژرمیته
۱	FS2	تحمل به تنش شوری	مولتی ژرم (فول سیب)
۲	FS3	تحمل به تنش شوری	مولتی ژرم (فول سیب)
۳	FS7	تحمل به تنش شوری	مولتی ژرم (فول سیب)
۴	FS8	تحمل به تنش شوری	مولتی ژرم (فول سیب)
۵	MSC C2*FS7	تحمل به تنش شوری	مولتی ژرم (هیبرید)
۶	MSC C2*FS10	تحمل به تنش شوری	مولتی ژرم (هیبرید)
۷	MSC C2*FS11	تحمل به تنش شوری	مولتی ژرم (هیبرید)
۸	SC 261*FS2	تحمل به تنش شوری	منوژرم (هیبرید)
۹	MSC 261*FS7	تحمل به تنش شوری	منوژرم (هیبرید)
۱۰	8001	پایه اولیه (بدون گزینش)	مولتی ژرم
۱۱	MS C2*7233-p.29	شاهد متحمل به شوری	مولتی ژرم (هیبرید)
۱۲	Shirin	شاهد حساس به شوری	منوژرم

وزن ویژه برگ نیز به روش بارز و ویتزلی (Barrs and Weatherly 1962) به شرح زیر محاسبه شد:

$$\text{Specific Leaf Weight} = \text{DW/LA}$$

که در آن LA سطح برگ اندازه گیری شده است.

## ۲- آزمایش مزرعه‌ای

آزمایش شوری در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میان‌دوآب اجرا شد. این ایستگاه در پنج کیلومتری شمال غربی شهر در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی لومی و pH آن حدود ۷/۹ برای مزرعه بدون تنش و ۸/۵ برای مزرعه شور بود. برخی از ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و عناصر غذایی خاک منطقه در جدول شماره ۲ (بدون تنش شوری و با تنش شوری) و نتایج کیفی آب در جدول ۳ آورده شده است.

محتوای نسبی آب برگ (RWC) به روش اسمارت و بینگهام (Smart and bingham 1974) و با استفاده از رابطه زیر برای هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد:

$$\text{RWC} = [(FW-DW)/(TW-DW)] * 100$$

که در این فرمول، FW وزن تازه، TW وزن تورژسانس و DW وزن خشک برگ می‌باشد.

برای اندازه‌گیری میزان نسبی آب از دست رفته برگ (RWL) مقدار مساوی از بالک برگ برای هر تکرار سریعاً توزین شد تا وزن‌تر نمونه‌ها به دست آید. سپس برگ‌ها به مدت هشت ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن پژمردگی آنها تعیین شود. برای محاسبه وزن خشک، نمونه‌های برگ در دمای ۱۰۰ °C در آن به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند (Yang et al. 1991). میزان کاهش آب بر حسب گرم آب از دست رفته از وزن خشک برگ در هشت ساعت از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{RWL} = [(FW-WW)/DW] * [(t_1-t_2)/60]$$

که در آن: FW وزن تر برگ، WW وزن پژمردگی، DW وزن خشک، t<sub>1</sub> زمان لازم برای پژمردگی و t<sub>2</sub> زمان لازم برای خشک شدن است.

جدول ۲ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	پتاسیم	فسفر	کلسیم	آمونیم	نیترات	منیزیم	کربن آلی (درصد)	موادخشی شونده (درصد)	اسیدپته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
سیلت لوم	۴۱۷	۱۳/۱۶	۵/۳۳	۱۳/۴۲	۲۰/۶۷	۳/۶	۱/۴۱	۰/۱۸	۷/۹	۱/۲
سیلت لوم	۲۵۰	۸/۳	۱۴	-	-	۱۶	۰/۷۲	۱۱	۸/۵	۱۷/۳۴

جدول ۳ کیفیت آب آبیاری محل انجام آزمایش

pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
۸/۴	۰/۵۴۸	-	۴/۴	۱/۲	۱/۲	۳/۲	۱۵/۰	-	۳/۷

(واحد آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است)

اندازه‌گیری شدند. میزان قندملاس نیز با استفاده از فرمول دریکات (Draycott 2006) برآورد گردید:

$$\text{ضریب قلیائیت(درصد)} = \frac{K + Na}{\alpha - a \text{ min } o - N}$$

$$- 0.31 - 0.343 (\text{Na} + \text{k}) + 0.094 (\alpha\text{-amino}) = \text{درصد قند ملاس (درصد)}$$

$$\text{White Sugar Content, WSC} = \text{درصد قند قابل استحصال (Sugar Content, SC \% ) - MS\%}$$

$$\text{WSC/SC} = \text{ضریب استحصال شکر}$$

$$\text{White Sugar Yield, WSY} = \text{WSC} \times \text{RY} \text{ عملکرد قندسفید}$$

تجزیه‌های آماری داده‌ها با استفاده از برنامه SAS نسخه ۹/۱ (۲۰۰۹) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث:

#### ۱- آزمایش گلخانه

نتایج نشان داد که اثر شوری بر محتوای آب نسبی و از دست رفته برگ، وزن تر و خشک اندام‌هوایی، وزن تر و خشک‌ریشه، وزن خشک کل (مجموع وزن خشک ریشه و

در فروردین‌ماه ۱۳۹۶ با تعداد ۱۲ هیبرید و جمعیت اصلاحی (جدول ۱) یک آزمایش تحت شرایط تنش شوری ۱۷/۳۴ دسی‌زیمنس بر متر و آزمایش دیگری در شرایط بدون تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده شد. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف کاشت به طول هشت متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود و بذرها به صورت دستی روی ردیف‌ها کشت شدند. عملیات آماده‌سازی زمین برای کشت شامل شخم، پخش کود مورد نیاز بر اساس تجزیه خاک، دیسک، خط‌کشی و پشته‌بندی، کشت بذرها، کنترل علف‌های هرز و آفات به روال معمول انجام گرفت. محصول در اول آبان ماه برداشت شد. برای تعیین کمیت و کیفیت محصول تمام بوته‌های کرت‌های آزمایشی برداشت و پس از شمارش و توزین بوته‌ها، عملکرد ریشه تعیین شد. از ریشه‌های شسته شده چغندر قند به کمک دستگاه خمیرگیر نمونه خمیر پلپ تهیه شد و با استفاده از دستگاه بتالایزر صفات مرتبط با کیفیت خمیر چغندر قند شامل درصد قند به روش پلاریمتری، میزان سدیم و پتاسیم به روش فلیم‌فتمتری و نیتروژن مضره به روش عدد آبی اندازه‌گیری شد. سایر صفات مانند عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید بر اساس صفات فوق به شرح زیر

اندام هوایی، طول ریشه، محتوای آب نسبی برگ، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ماده خشک کل اختلاف معنی دار به دست آمد.

برگ)، سطح برگ و مقادیر پرولین و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). همچنین، بین مواد ژنتیکی مورد بررسی از نظر مقدار پرولین، پتاسیم، نسبت ریشه به

جدول ۴ تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در تیمارهای واجد و فاقد تنش شوری در شرایط گلخانه

میانگین مربعات															
منابع تغییر	درجه آزادی	پرولین	محتوای پتاسیم	محتوای سدیم	وزن ویژه برگ	نسبت ریشه به اندام هوایی	سطح برگ	طول ریشه (سانتی متر)	آب از دست رفته	محتوای آب نسبی	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	ماده خشک کل	
شوری	۱	۹۳۵۳**	۸۸۷**	۱۱۹۴۴**	۷۸۶**	۱/۲۱**	۵۲۷۹**	۱۲۱**	۰/۳۳**	۲۹۷۳**	۰/۲۱**	۲/۸۳**	۴/۴۳**	۱۸۰**	۲/۴۷**
ژنوتیپ	۱۱	۵۲/۸۴**	۱۴۳**	۱۶۳ <sup>+</sup>	۴۶/۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲**	۵۱/۷۴ <sup>ns</sup>	۱۳/۷*	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۴۲۳**	۰/۰۶**	۰/۱۵*	۰/۴۴**	۱۲/۷**	۰/۶۸**
شوری × ژنوتیپ	۱۱	۳۴/۰۴**	۲۳۹**	۱۲۳ <sup>ns</sup>	۹/۸۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱**	۳۴/۸۱ <sup>ns</sup>	۵/۸۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۱۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۴**	۰/۱۸**	۰/۳۲**	۵/۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۸**
خطا	۴۸	۱۵/۱۹	۱۱/۳۵	۸۶/۲۸	۴۲/۹۶	۰/۰۰۳	۵۸/۲۶	۷/۳۴	۰/۰۰۳	۱۳۳	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۳/۰۹	۰/۱۲۳
ضریب تغییرات (%)		۲۰/۸۱	۶/۷۹	۱۷/۹۵	۴۱/۳	۴/۶۶	۲۵/۱۵	۱۷/۸۵	۱۷/۲۱	۱۷/۶۶	۲۴/۸۶	۲۱/۱۱	۲۴/۳۱	۲۷/۵۶	۲۷/۴۱

\*\*، \* و + به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال یک، پنج و ده درصد.

داده است ولی مقدار پتاسیم حدود ۱۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). به نظر می رسد در بین اسمولیت ها پرولین سریع تر از سایر مواد به تنش واکنش نشان می دهد (Khorshid *et al.* 2018)

اثر متقابل شوری × ژنوتیپ نیز برای مقدار پرولین، پتاسیم، نسبت ریشه به اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ماده خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات نشان داد که تنش شوری مقدار پرولین برگ را حدود چهار برابر افزایش

جدول ۵ مقایسه میانگین صفات مختلف مورد بررسی در محیط های تنش و بدون تنش شوری در شرایط گلخانه

محیط	پرولین (میلی اکی والان / گرم برگ تر)	محتوای پتاسیم (میلی اکی والان / گرم برگ خشک)	محتوای سدیم (میلی اکی والان / گرم برگ خشک)	وزن ویژه برگ (گرم / سانتی متر مربع)	نسبت ریشه به اندام هوایی	سطح برگ (سانتی متر مربع)	طول ریشه (سانتی متر)	آب از دست رفته ه برگ (درصد)	محتوای آب نسبی برگ	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	ماده خشک کل
بدون تنش	۶/۸ <sup>b</sup>	۵۸/۶ <sup>a</sup>	۳۶/۷ <sup>b</sup>	۱۰/۸ <sup>b</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۲۹۷ <sup>a</sup>	۱۳/۱ <sup>b</sup>	۰/۱۷ <sup>a</sup>	۷۳/۳ <sup>a</sup>	۳ <sup>a</sup>	۶	۸ <sup>b</sup>	۶۴ <sup>a</sup>	۱۱ <sup>b</sup>
تنش	۲۹/۵ <sup>a</sup>	۵۱/۵ <sup>b</sup>	۶۴/۴ <sup>a</sup>	۱۷/۸ <sup>a</sup>	۰/۴ <sup>b</sup>	۱۲۹ <sup>b</sup>	۱۵/۶ <sup>a</sup>	۰/۰۳ <sup>b</sup>	۶۰/۵ <sup>b</sup>	۲ <sup>b</sup>	۱۰ <sup>a</sup>	۱۳ <sup>a</sup>	۳۲ <sup>b</sup>	۱۵ <sup>a</sup>

میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

بیشتر است. پرولین به عنوان تنظیم کننده اسمزی بین سیتوپلاسم و واکوئل عمل کرده و با انجام تنظیم اسمزی از آسیب پذیری غشا در برابر گونه های فعال اکسیژن محافظت و

گو-کیانگ و همکاران (Wu *et al.* 2013) مشاهده نمودند که در رقم متحمل چغندر قند، مقدار تجمع پرولین و قندهای محلول در ریشه و اندام هوایی نسبت به دو رقم دیگر

می‌شود که پرولین به‌عنوان یک ماده سازگار برای افزایش سازگاری گیاه تحت شرایط تنش عمل کند.

آزیم‌های آنتی‌اکسیدان را تثبیت می‌کند (Huang *et al.* 2009). در ضمن با تنظیم اسمزی از ساختار درون سلول محافظت می‌نماید (Yousif *et al.* 2010). این موارد سبب

جدول ۶ مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدهای چغندرقد تحت تنش و بدون تنش شوری در گلخانه

ژنوتیپ	پرولین (میلی‌اکی‌والان/گرم برگ تر)		محتوای پتاسیم (میلی‌اکی‌والان/گرم برگ خشک)		نسبت ریشه به اندام‌هوایی		وزن خشک‌ریشه (گرم/بوته)		وزن تر ریشه (گرم/بوته)		وزن خشک اندام‌هوایی (گرم/بوته)		ماده خشک کل (گرم/بوته)
	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	
۱	۶/۶۹ <sup>bc</sup>	۳۵/۷۰ <sup>ab</sup>	۵۳/۱۳ <sup>bcd</sup>	۶۴/۵ <sup>bc</sup>	-/۰۸ <sup>ab</sup>	-/۰۲۷ <sup>def</sup>	۷ <sup>a</sup>	۳ <sup>b</sup>	۱۲ <sup>a</sup>	۱۱ <sup>abc</sup>	۱۴ <sup>a</sup>	۲۱ <sup>a</sup>	۱۸ <sup>bc</sup>
۲	۸/۳۶ <sup>ab</sup>	۳۰/۸۳ <sup>ad</sup>	۴۷/۸۰ <sup>de</sup>	۵۶/۵ <sup>de</sup>	-/۰۸ <sup>ab</sup>	-/۰۲۶ <sup>ef</sup>	۵/۴ <sup>ab</sup>	۲/۸ <sup>bcd</sup>	۹/۳ <sup>ab</sup>	۸/۹ <sup>bc</sup>	۱۱/۶ <sup>abc</sup>	۱۶/۶ <sup>bcd</sup>	۱۵ <sup>b-e</sup>
۳	۶/۱۳ <sup>cd</sup>	۲۷/۹۸ <sup>cbd</sup>	۴۷/۱۳ <sup>e</sup>	۶۰/۹ <sup>cd</sup>	-/۰۵ <sup>b</sup>	-/۰۳۴ <sup>cf</sup>	۱/۹ <sup>c</sup>	۱/۵ <sup>cde</sup>	۳/۸ <sup>c</sup>	۱۲/۹ <sup>ab</sup>	۷/۳ <sup>b-e</sup>	۲۲/۵ <sup>a</sup>	۳۴ <sup>a</sup>
۴	۸/۲۲ <sup>ab</sup>	۳۷/۵۵ <sup>a</sup>	۵۲/۹۶ <sup>b-e</sup>	۷۰/۴ <sup>ab</sup>	-/۰۹ <sup>ab</sup>	-/۰۴۸ <sup>b</sup>	۲/۸ <sup>bcd</sup>	۱/۵ <sup>cde</sup>	۴/۶ <sup>bc</sup>	۱۴ <sup>a</sup>	۵/۹ <sup>cde</sup>	۱۵/۱ <sup>b</sup>	۱۶ <sup>bcd</sup>
۵	۷/۳۸ <sup>abc</sup>	۲۴/۸ <sup>cd</sup>	۴۰/۱ <sup>f</sup>	۷۶/۸ <sup>a</sup>	-/۰۹ <sup>ab</sup>	-/۰۳۹ <sup>bc</sup>	۳/۵ <sup>bc</sup>	۱/۵ <sup>cde</sup>	۶/۸ <sup>bc</sup>	۹/۹ <sup>bc</sup>	۷/۵ <sup>b-e</sup>	۱۰/۹ <sup>bcd</sup>	۱۲ <sup>def</sup>
۶	۴/۳۶ <sup>d</sup>	۲۴/۴۱ <sup>d</sup>	۵۱/۲۶ <sup>b-d</sup>	۳۰/۸ <sup>g</sup>	-/۰۹ <sup>ab</sup>	-/۰۳۸ <sup>bcd</sup>	۱/۶ <sup>cde</sup>	۱/۵ <sup>cde</sup>	۴/۸ <sup>c</sup>	۸/۶ <sup>c</sup>	۵ <sup>de</sup>	۹/۵ <sup>cd</sup>	۱۱ <sup>ef</sup>
۷	۴/۲۱ <sup>d</sup>	۲۵/۲۸ <sup>cd</sup>	۵۶/۱۵ <sup>abc</sup>	۵۴/۳ <sup>de</sup>	-/۰۸ <sup>ab</sup>	-/۰۲۶ <sup>ef</sup>	۲/۳ <sup>c</sup>	۳/۸ <sup>a</sup>	۴/۶ <sup>bc</sup>	۱۱ <sup>abc</sup>	۶/۳ <sup>b-e</sup>	۱۵/۵ <sup>b</sup>	۱۹ <sup>ab</sup>
۸	۸/۸۳ <sup>a</sup>	۳۳/۷۶ <sup>abc</sup>	۵۱/۱۵ <sup>cde</sup>	۴۷/۵ <sup>f</sup>	-/۰۱ <sup>ab</sup>	-/۰۳۶ <sup>ef</sup>	۱/۳ <sup>c</sup>	۱/۳ <sup>c</sup>	۶/۸ <sup>abc</sup>	۷/۸ <sup>c</sup>	۸/۸ <sup>bcd</sup>	۹/۸ <sup>cd</sup>	۱۱ <sup>ef</sup>
۹	۸/۵۲ <sup>bc</sup>	۲۸/۵۷ <sup>a-d</sup>	۵۰/۲۷ <sup>cde</sup>	۵۳/۸ <sup>fe</sup>	-/۰۱۳ <sup>a</sup>	-/۰۳۷ <sup>b-e</sup>	۳/۳ <sup>bc</sup>	۱/۶ <sup>e</sup>	۹/۱ <sup>ab</sup>	۸/۸ <sup>c</sup>	۱۰/۸ <sup>ab</sup>	۹/۶ <sup>cd</sup>	۱۱ <sup>ef</sup>
۱۰	۵/۹۹ <sup>cd</sup>	۳۶/۵۳ <sup>ab</sup>	۵۹/۷۸ <sup>a</sup>	۶۳/۸ <sup>c</sup>	-/۰۸ <sup>ab</sup>	-/۰۳۳ <sup>cf</sup>	۱/۹ <sup>c</sup>	۱/۷ <sup>cde</sup>	۴/۹ <sup>bc</sup>	۱۱/۳ <sup>abc</sup>	۵/۹ <sup>cde</sup>	۷/۸ <sup>cd</sup>	۱۴ <sup>cde</sup>
۱۱	۷/۸۴ <sup>abc</sup>	۲۳/۳۸ <sup>d</sup>	۵۷/۱۴ <sup>ab</sup>	۵۸/۷ <sup>cde</sup>	-/۰۸ <sup>ab</sup>	-/۰۲۴ <sup>f</sup>	۲/۸ <sup>c</sup>	۲/۸ <sup>c</sup>	۷ <sup>abc</sup>	۹/۸ <sup>bc</sup>	۹/۳ <sup>a-d</sup>	۱۴/۳ <sup>cb</sup>	۱۶ <sup>bcd</sup>
۱۲	۶/۴۶ <sup>bc</sup>	۲۵/۴۱ <sup>cd</sup>	۵۱/۳۱ <sup>b-e</sup>	۵۵/۱ <sup>de</sup>	-/۰۱۳ <sup>a</sup>	-/۰۵۹ <sup>a</sup>	۱/۵ <sup>cde</sup>	۱/۱ <sup>e</sup>	۳/۲ <sup>c</sup>	۷/۹ <sup>c</sup>	۳/۹ <sup>e</sup>	۵/۳ <sup>d</sup>	۸/۱ <sup>f</sup>

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

ژنوتیپ‌های متحمل در این مرحله از رشد (هشت برگی)، با تنظیم اسمزی از کاهش قابل توجه عملکرد اندام‌هوایی و مقدار ماده خشک جلوگیری می‌کنند. از طرف دیگر، رقم حساس شیرین دارای مقدار پایین پرولین برگ و نیز ماده خشک در بین مواد ژنتیکی مورد بررسی بوده و نتوانسته است پرولین بیشتری در خود ذخیره نماید تا بتواند شرایط تنش را تحمل کند و لذا کم‌ترین مقدار ماده خشک را به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد این ویژگی می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب برای ارزیابی تحمل به تنش در ژنوتیپ‌های چغندرقد مورد استفاده قرار گیرد. خورشید و همکاران (Khorshid *et al.* 2011) نشان دادند که ژنوتیپ حساس در شرایط آزمایش شوری دارای پایین‌ترین سطح پرولین و ماده خشک بود.

با افزایش تنش شوری، مقدار سدیم برگ تا حدود دو برابر افزایش یافت در حالی که مقدار آب نسبی برگ فقط حدود

مقایسه میانگین صفات در جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدها (جدول ۶) نشان داد که جمعیت‌های ۱، ۳ و ۷ دارای بالاترین مقدار ماده خشک کل در شرایط تنش بودند. مقدار ماده خشک مهم‌ترین معیار اندازه‌گیری شده در شرایط گلخانه بود. خورشید و همکاران (Khorshid *et al.* 2018) گزارش کردند که همبستگی بالایی بین درصد ماده خشک و عملکرد ریشه طی مرحله استقرار و عملکرد ریشه و شکر در مرحله رسیدگی وجود دارد. این صفت در این مراحل رشد می‌تواند به‌عنوان یکی از معیارهای تمایز ژنوتیپ‌ها مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی با مقایسه درصد ماده خشک گیاه در این شرایط (جدول ۶) مشاهده می‌شود که تنش شوری در این مرحله موجب افزایش ماده خشک در اکثر ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌جز رقم شاهد حساس شیرین شد. در رقم حساس از همان مراحل ابتدای رشد، عملکرد اندام‌هوایی کاهش یافت ولی



مدت طولانی در معرض تنش شوری قرار گیرد، پس از تنش اسمزی دچار تنش یونی می‌شود (Parvaiz *et al.* 2008).

۱۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵). شوری روی دو فرایند روابط آبی و روابط یونی در گیاه تأثیر دارد. تا ساعات اولیه تنش، گیاه با تنش اسمزی مواجه است (Munns 2002)، ولی اگر گیاه

جدول ۷ مقایسه میانگین جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدهای چغندر قند در متوسط محیط‌های تحت بررسی در شرایط گلخانه

وزن تر اندام‌هوایی (گرم)	محتوای آب نسبی (درصد)	طول ریشه (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	سطح ویژه برگ (گرم/سانتی‌متر مربع)	محتوای سدیم (میلی‌اکی‌والان/گرم برگ خشک)	ماده ژنتیکی
۷۶ <sup>a</sup>	۵۶/۹ <sup>d</sup>	۱۶/۱ <sup>a</sup>	۲۲۶ <sup>a</sup>	۱۶/۳ <sup>ab</sup>	۵۴/۷ <sup>ab</sup>	۱
۶۱ <sup>ab</sup>	۶۰/۴ <sup>cd</sup>	۱۵/۶ <sup>ab</sup>	۲۳۵ <sup>ab</sup>	۱۶/۱ <sup>ab</sup>	۵۲/۰ <sup>abc</sup>	۲
۵۳ <sup>bc</sup>	۶۰/۶ <sup>cd</sup>	۱۵/۶ <sup>ab</sup>	۲۳۷ <sup>ab</sup>	۱۳/۳ <sup>ab</sup>	۵۱/۹ <sup>abc</sup>	۳
۴۰ <sup>bcd</sup>	۶۲/۲ <sup>bcd</sup>	۱۳/۷ <sup>abc</sup>	۲۰۱ <sup>ab</sup>	۱۳/۰ <sup>b</sup>	۵۱/۴ <sup>abc</sup>	۴
۴۶ <sup>bc</sup>	۷۴/۵ <sup>abc</sup>	۱۶/۳ <sup>a</sup>	۱۹۶ <sup>ab</sup>	۱۱/۱ <sup>b</sup>	۵۵/۵ <sup>a</sup>	۵
۳۳ <sup>cd</sup>	۸۰/۷ <sup>a</sup>	۱۳/۰ <sup>bc</sup>	۱۸۶ <sup>ab</sup>	۱۲/۳ <sup>b</sup>	۵۳/۹ <sup>abc</sup>	۶
۴۷ <sup>bc</sup>	۷۵/۵ <sup>ab</sup>	۱۶/۱ <sup>a</sup>	۲۳۶ <sup>ab</sup>	۱۳/۸ <sup>ab</sup>	۴۹/۶ <sup>abc</sup>	۷
۴۵ <sup>bc</sup>	۶۰/۹ <sup>cd</sup>	۱۳/۹ <sup>abc</sup>	۲۳۷ <sup>ab</sup>	۱۲/۸ <sup>ab</sup>	۴۳/۰ <sup>dc</sup>	۸
۵۵ <sup>ab</sup>	۶۲/۵ <sup>bcd</sup>	۱۳/۴ <sup>abc</sup>	۱۸۸ <sup>ab</sup>	۱۵/۱ <sup>ab</sup>	۳۸/۵ <sup>d</sup>	۹
۴۰ <sup>bcd</sup>	۶۴/۳ <sup>bcd</sup>	۱۱/۷ <sup>c</sup>	۲۰۶ <sup>ab</sup>	۱۲/۶ <sup>b</sup>	۵۱/۹ <sup>abc</sup>	۱۰
۵۵ <sup>ab</sup>	۶۴/۳ <sup>bcd</sup>	۱۳/۶ <sup>abc</sup>	۲۱۵ <sup>ab</sup>	۲۱/۷ <sup>a</sup>	۴۴/۰ <sup>bcd</sup>	۱۱
۲۲ <sup>d</sup>	۷۹/۸ <sup>a</sup>	۱۳/۹ <sup>abc</sup>	۱۵۷ <sup>b</sup>	۱۳/۴ <sup>ab</sup>	۴۸/۴ <sup>a-d</sup>	۱۲

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

است لیکن گیاه حساس قادر به استفاده از این ویژگی نبوده و به‌عنوان یک عامل کاهش‌دهنده تحمل تبدیل شده و سبب گردیده است که اختلاف پتانسیل لازم برای مکش آب از برگ به ریشه حادث نشود و همین امر نیز روی طول ریشه تأثیر گذاشته است. به طوری که ملاحظه می‌شود در رقم حساس شیرین در مقایسه با جمعیت شماره ۱ (متحمل) طول ریشه کمتر است. این امر نشان می‌دهد که رقم شیرین به‌طور ژنتیکی مانع جذب عناصر سدیم، پتاسیم و پرولین در برگ می‌شود و احتمالاً مقدار بیشتر سدیم را در واکوئل ریشه خود نگه‌داری می‌نماید. البته لازم به ذکر است که تحمل به شوری به مقدار سدیم مربوط نیست بلکه به توزیع آن در گیاه ارتباط دارد و اندازه‌گیری مقدار سدیم هم شامل سدیم سیتوسولی و هم شامل سدیم واکوئلی است زیرا در آزمایشی، مقدار سدیم برگ هم در رقم حساس و هم در رقم متحمل به تنش ذرت زیاد بود اما رقم متحمل، سدیم بیشتری از سیتوسول دفع کرد

رقم حساس شیرین به طور متوسط کمترین مقدار پتاسیم، پرولین برگ، وزن تر و وزن خشک ریشه و اندام‌هوایی (جدول ۶) و نیز کمترین مقدار وزن تر اندام‌هوایی و سطح برگ (جدول ۷) را در شرایط تنش به خود اختصاص داد. با این وجود، بالاترین مقدار متوسط محتوای آب نسبی برگ (جدول ۷) در هر دو شرایط در این رقم مشاهده شد. بالا بودن محتوای نسبی آب برگ نشان دهنده وجود آب ذخیره شده بیشتر در اندام‌هوایی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش برای این ژنوتیپ بود؛ لیکن امکان بهره‌مندی از آب موجود در برگ برای مقابله با تنش کم‌آبی و یونی در این ژنوتیپ وجود نداشت. رقم شیرین از نظر متوسط میزان سدیم، طول ریشه و سطح ویژه برگ در هر دو شرایط نیز دارای مقدار بالایی بود. افزایش وزن ویژه برگ در برگ‌های تحت تنش شوری، یک سازگاری مورفولوژیکی در مقابل تنش شوری است (Hajiboland *et al.* 2009) اگر چه داشتن مقدار بیشتر آب در برگ مطلوب

سدیم در شرایط تنش نسبت به بدون تنش جدول ۵). تحت تنش شوری، گیاهان مجبور به مقابله با تنش هستند که به وسیله پتانسیل پایین آب و سمیت یون‌های تجمع یافته در درون گیاه ایجاد می‌شود (Romero *et al.* 2006). کاهش رشد چغندرقد در اثر تنش شوری به اثر یونی ارتباط داده شده است (Al-Karaki 2001). زیرا افزایش تجمع سدیم سبب به هم خوردن تعادل یونی و تنظیم اسمزی شده و در گیاه ایجاد سمیت می‌کند (Turan *et al.* 2009). در ضمن تنظیم اسمزی در گیاه شورزی به علت تجمع یون‌های سدیم و کلر است (Geissler *et al.* 2009). همچنین، گیاهی مانند چغندرقد تنظیم اسمزی را با تجمع سدیم و توزیع آن به واکوئل انجام می‌دهد به طوری که این امر موجب تحریک فعالیت ATPase واکوئلی و افزایش نیروی پروتونی مربوط به آنتی‌پورتر سدیم هیدروژن می‌گردد (Zapata *et al.* 2008). در عین حال در اتریپلکس (Gaylord *et al.* 2008)، برنج، ذرت، چغندرقد و پنبه (Shonjani 2002) و *Chenopodium glaucum* (Duan *et al.* 2004)، کاهش رشد و جوانه‌زنی با تنش اسمزی ارتباط دارد.

## ۲- نتایج مزرعه‌ای (عملکرد و کیفیت ریشه)

بین جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدها از لحاظ عملکرد ریشه، شکر و شکرسفید، ضریب استحصال، سدیم، نیتروژن و درصد قندملاس در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت و برای سایر صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸). اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای صفات عملکرد ریشه، شکر و شکرسفید، از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۸). لیکن این اثر متقابل برای میزان سدیم، نیتروژن مضره، درصد قندملاس و ضریب استحصال شکر در سطح احتمال یک درصد و برای پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸) یعنی محیط توانسته است روی برخی از جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدها اثر بیشتری نسبت به بقیه بگذارد. مقایسه

(Azevedo *et al.* 2004). همچنین، افزایش تنش شوری باعث کاهش وزن تر اندام‌هوایی گیاه (Khorshid and Rajabi 2014). RWC و RWL گردید، اما وزن خشک اندام‌هوایی و وزن خشک و تر ریشه، ماده خشک کل، طول ریشه و وزن ویژه برگ افزایش یافت. افزایش این صفات می‌تواند به این دلیل باشد که گیاه تمامی مواد تولید شده در برگ را در خود ذخیره می‌کند تا به‌تواند در برابر تنش از خود تحمل نشان دهد. از طرفی، با بررسی درصد ماده خشک گیاه در این شرایط مشاهده می‌شود که تنش شوری در این مرحله موجب افزایش ماده خشک در اکثر مواد ژنتیکی به جز رقم حساس شیرین شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تنش شوری در مراحل ابتدایی رشد می‌تواند باعث تحریک رشد بیشتر گیاه چغندرقد شود (Hajiboland *et al.* 2009).

اثر متقابل شوری×ژنوتیپ برای مقدار پرولین برگ، وزن تر و خشک ریشه و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در مرحله استقرار چغندرقد، تنش شوری مقدار پرولین برگ را حدود چهار برابر افزایش و سطح برگ را حدود ۲/۵ برابر کاهش داد (جدول ۵). روند تجمع بیشتر سدیم نسبت به کاهش پتاسیم می‌تواند بیان‌گر اثر سمیت یون سدیم در گیاه باشد. سدیم نه تنها بر اساس قدرت یونی بیشتر در محلول خاک روی جذب پتاسیم اثر می‌گذارد، بلکه بر توانایی انتخابی عمل کردن غشای ریشه نیز مؤثر است (Abdul-Qados 2010). به عبارت دیگر، گیاهان متحمل پتاسیم بیشتری جذب می‌نمایند. در ضمن بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌شود که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای محتوای آب نسبی و آب ازدست‌رفته غیرمعنی‌دار است (جدول ۴). یعنی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف واکنش یکسانی از خود نشان داده‌اند ولی اثر شوری بر هر دو صفت مذکور معنی‌دار شد. یعنی گیاه نه فقط تحت تنش اسمزی (مقدار محتوای آب نسبی برگ در شرایط تنش کمتر از بدون تنش در جدول ۵) بلکه تحت شرایط تنش یونی نیز قرار گرفته است (افزایش شدید مقدار

جمله خورشید و همکاران (Khorshid *et al.* 2014) مطابقت دارد. اگرچه تنش شوری باعث افزایش درصد قند گردید اما عملکرد قندخالص کاهش یافت زیرا عملکرد ریشه در مقایسه با درصد قند تحت تأثیر شدیدتر شوری قرار گرفت. دادخواه (Dadkhah 2005) گزارش کرد که تنش شوری باعث کاهش عملکرد ریشه و افزایش درصد قند، سدیم و نیتروژن مضره ریشه می‌شود. رنجی و همکاران (Ranji *et al.* 2006) نتیجه گرفتند که کاهش عملکرد ریشه موجب بالا رفتن درصد قند ریشه می‌شود. همچنین شهاتا و همکاران (Shehata *et al.* 2000) دریافتند که با افزایش تنش، درصد قند افزایش اما خلوص و عملکرد قند کاهش می‌یابد.

میانگین جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدها در دو محیط برای صفاتی که دارای اثر متقابل معنی‌دار هستند در جدول ۱۱ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که رتبه ژنوتیپ‌ها در دو محیط از نظر صفات مختلف متفاوت می‌باشد. مثلاً از نظر نیتروژن مضره، رتبه ژنوتیپ ۷ در شرایط شوری کمترین و در شرایط بدون تنش نسبتاً بالا است.

در تنش شوری، عملکرد ریشه، شکر و شکر سفید حدود ۵۰ درصد کاهش یافت (جدول ۹) در حالی که این کاهش در مورد سایر صفات مورد مطالعه کمتر بود. افزون بر این، در شرایط تنش شوری صفات عیار قند و سدیم ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۹) که با نتایج سایر محققان از

**جدول ۸** تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف مورد بررسی در شرایط تنش و بدون تنش شوری در مزرعه در میاندواب

میانگین مربعات												
منابع تغییر	درجه آزادی	آب از دست رفته برگ	محتوای نسبی آب برگ	قند ملاس	ضریب استحصال	نیتروژن مضره	پتاسیم	سدیم	عیار قند	عملکرد شکر سفید	عملکرد شکر	عملکرد ریشه
محیط	۱	۰/۴۵	۱۰/۱۵**	۰/۴	۲۶۱*	۱۳/۴۲	۳۴/۲۰**	۴۴/۷۹*	۲۱۸**	۶۱۶**	۱۱۷۴**	۳۸۹۳۷**
تکرار درون محیط	۴	۲۰/۷۲	۳۶/۲	۰/۱۸۷	۲۶/۹۸	۷/۷۱	۱/۵۴	۴/۰۴	۰/۷۹۵	۸/۸۱	۱۱/۴۳	۱۷۵/۷
ژنوتیپ	۱۱	۶۶/۶۸	۱۲۵	۲/۶۶**	۴۷/۳**	۴/۹۸**	۱/۰۵	۱۲/۷۸**	۳/۳۳	۹/۴۱**	۱۷/۷۵**	۴۵۶/۳**
ژنوتیپ × محیط	۱۱	۶۶/۰۹	۸۰/۵	۲/۶۳**	۵۴/۱**	۳/۵۴**	۱/۹۱*	۱۲/۱۸**	۵/۱۶	۲/۷۵	۲/۱۴	۶۴/۶
خطای آزمایشی	۴۴	۳۷/۳۹	۹۳/۹۱	۰/۶۰	۱۷/۰۲	۰/۹۲	۰/۸۱	۲/۵۴	۲/۶۲	۲/۴۰	۳/۱۰	۳۹/۹
ضریب تغییرات (%)		۲۷/۸۷	۱۱/۸۴	۱۸/۱۷	۵/۶۰	۲۵/۷۲	۱۳/۶۱	۲۸/۰۹	۷/۴۱	۱۶/۳۹	۱۴/۳۶	۱۰/۹
کل	۷۱											

\*، \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد

**جدول ۹** مقایسه میانگین محیط‌های تنش و بدون تنش شوری برای صفات مورد مطالعه

آب از دست رفته برگ (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	قند ملاس (درصد)	ضریب استحصال (درصد)	عیار قند (درصد)	نیتروژن مضره (میلی‌کی والان در ۱۰۰ گرم ریشه)	پتاسیم (میلی‌کی والان در ۱۰۰ گرم ریشه)	سدیم (میلی‌کی والان در ۱۰۰ گرم ریشه)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	عملکرد شکر (تن در هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)
۶/۳۳ <sup>a</sup>	۸۵/۶ <sup>a</sup>	۴/۱۷ <sup>a</sup>	۷۵/۹ <sup>b</sup>	۲۰/۱ <sup>b</sup>	۳/۲۹ <sup>a</sup>	۷/۲۹ <sup>a</sup>	۴/۸۸ <sup>b</sup>	۱۲/۴ <sup>a</sup>	۱۶/۳ <sup>a</sup>	۸۱/۴ <sup>a</sup>
۶/۱۶ <sup>a</sup>	۷۸/۱ <sup>b</sup>	۴/۳۲ <sup>a</sup>	۷۷/۷ <sup>a</sup>	۲۶/۶ <sup>a</sup>	۴/۱۶ <sup>a</sup>	۵/۹۱ <sup>b</sup>	۶/۴۶ <sup>a</sup>	۶/۵۳ <sup>b</sup>	۸/۲۲ <sup>b</sup>	۳۴/۹ <sup>b</sup>

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

مواردی که اثر متقابل معنی‌دار است، میانگین‌های مربوط به هر جمعیت یا هیبرید در هر محیط در جدول ۱۱ درج شده‌اند. بیشترین عملکرد ریشه، شکرناخالص و شکر سفید (به ترتیب

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، در مورد صفاتی که اثر متقابل معنی‌دار نیست، میانگین صفات مورد بررسی برای جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدها در جدول ۱۰ و در

تنش‌های محیطی اعم از خشکی و شوری توسط محققان دیگر (Abdel 2004; Jihad-Akbar 2011; Heydari 2005) نیز گزارش شده است. کمتترین آن مربوط به هیبرید ۹ با ۳۴/۳۳ ، ۷/۶ و ۶ تن در هکتار بود (جدول ۱۰). کاهش عملکرد شکر سفید در اثر

جدول ۱۰ مقایسه میانگین جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدهای چغندر قند در متوسط محیط‌های تحت بررسی در مزرعه

ژنوتیپ	آب ازدست‌رفته برگ (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	عملکرد شکر (تن در هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)
۱	۰/۰۵ <sup>b</sup>	۸۹ <sup>a</sup>	۱۰/۷ <sup>a</sup>	۱۱/۷ <sup>b</sup>	۵۴ <sup>cd</sup>
۲	۰/۰۹ <sup>b</sup>	۸۴ <sup>ab</sup>	۹/۱ <sup>b</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۶۳ <sup>b</sup>
۳	۰/۰۶ <sup>b</sup>	۸۵ <sup>ab</sup>	۱۰ <sup>ab</sup>	۱۳ <sup>ab</sup>	۶۰ <sup>bcd</sup>
۴	۰/۱۰ <sup>b</sup>	۸۲ <sup>ab</sup>	۹/۸ <sup>ab</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۶۱ <sup>bcd</sup>
۵	۰/۰۹ <sup>b</sup>	۸۷ <sup>ab</sup>	۱۱ <sup>a</sup>	۱۵ <sup>a</sup>	۷۱ <sup>a</sup>
۶	۰/۱۴ <sup>ab</sup>	۷۹ <sup>ab</sup>	۱۰ <sup>ab</sup>	۱۳ <sup>ab</sup>	۶۳ <sup>b</sup>
۷	۰/۲۶ <sup>a</sup>	۸۳ <sup>ab</sup>	۹/۹ <sup>ab</sup>	۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲ <sup>bc</sup>
۸	۰/۱۰ <sup>b</sup>	۷۶ <sup>ab</sup>	۹/۳ <sup>ab</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۵۸ <sup>bcd</sup>
۹	۰/۰۹ <sup>b</sup>	۸۵ <sup>ab</sup>	۶ <sup>c</sup>	۸ <sup>c</sup>	۳۴ <sup>e</sup>
۱۰	۰/۰۸ <sup>b</sup>	۷۹ <sup>ab</sup>	۸/۸ <sup>b</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۵۵ <sup>cd</sup>
۱۱	۰/۰۷ <sup>b</sup>	۷۳ <sup>b</sup>	۱۰ <sup>ab</sup>	۱۳ <sup>ab</sup>	۶۱ <sup>bcd</sup>
۱۲	۰/۱۳ <sup>b</sup>	۸۰ <sup>ab</sup>	۹/۴ <sup>ab</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۵۵ <sup>d</sup>

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

جدول ۱۱ مقایسه میانگین جمعیت‌های اصلاحی و هیبریدهای چغندر قند در سطوح تنش و بدون تنش شوری در مزرعه

ژنوتیپ	قند ملاس (درصد)		ضریب استحصال (درصد)		نیترژن مضره (میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم ریشه)		پتاسیم (بدون تنش / تنش)		سدیم (بدون تنش / تنش)	
	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش
۱	۴/۳ <sup>ab</sup>	۸۰/۵ <sup>a-d</sup>	۷۵/۴ <sup>abc</sup>	۳/۱ <sup>efd</sup>	۳/۸ <sup>abc</sup>	۵/۴ <sup>cd</sup>	۷/۷ <sup>ab</sup>	۳/۹ <sup>ef</sup>	۴/۷ <sup>abc</sup>	۳/۲ <sup>ef</sup>
۲	۳/۴ <sup>b</sup>	۸۶/۱ <sup>ab</sup>	۷۰/۹ <sup>c</sup>	۴/۶ <sup>bcd</sup>	۴/۵ <sup>a</sup>	۶/۳ <sup>bc</sup>	۷/۲ <sup>ab</sup>	۶/۶ <sup>cd</sup>	۵/۴ <sup>abc</sup>	۴/۵ <sup>cd</sup>
۳	۳/۹ <sup>b</sup>	۷۵/۷ <sup>ef</sup>	۷۸/۵ <sup>a</sup>	۵/۶ <sup>b</sup>	۴/۱ <sup>ab</sup>	۵/۶ <sup>bcd</sup>	۷/۹ <sup>ab</sup>	۸/۹ <sup>bc</sup>	۳/۱ <sup>c</sup>	۵/۲ <sup>bc</sup>
۴	۳/۶ <sup>b</sup>	۸۲/۱ <sup>a-d</sup>	۷۸/۹ <sup>a</sup>	۲/۹ <sup>ef</sup>	۲/۷ <sup>bcd</sup>	۵/۴ <sup>cd</sup>	۶/۷ <sup>b</sup>	۴/۹ <sup>def</sup>	۳/۹ <sup>bc</sup>	۳/۵ <sup>bc</sup>
۵	۴/۵ <sup>ab</sup>	۷۹/۵ <sup>a-d</sup>	۷۳/۶ <sup>abc</sup>	۳/۴ <sup>c-f</sup>	۲/۵ <sup>cd</sup>	۵/۸ <sup>bcd</sup>	۶/۳ <sup>b</sup>	۶/۱ <sup>de</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>cde</sup>
۶	۳/۹ <sup>b</sup>	۷۵/۸ <sup>ef</sup>	۷۷/۵ <sup>abc</sup>	۳/۳ <sup>c-f</sup>	۲/۸ <sup>bcd</sup>	۵/۷ <sup>bcd</sup>	۷/۱ <sup>b</sup>	۵/۷ <sup>de</sup>	۴/۶ <sup>abc</sup>	۳/۹ <sup>de</sup>
۷	۴/۳ <sup>ab</sup>	۸۲/۹ <sup>abc</sup>	۷۳/۵ <sup>abc</sup>	۲/۹ <sup>f</sup>	۲/۳ <sup>cd</sup>	۵/۶ <sup>bcd</sup>	۷/۹ <sup>ab</sup>	۴/۸ <sup>def</sup>	۴/۸ <sup>abc</sup>	۳/۵ <sup>def</sup>
۸	۴/۵ <sup>ab</sup>	۸۷/۱ <sup>a</sup>	۷۳/۱ <sup>ab</sup> c	۱/۹ <sup>f</sup>	۳/۴ <sup>a-d</sup>	۵/۱ <sup>d</sup>	۷/۴ <sup>ab</sup>	۲/۵ <sup>f</sup>	۵/۷ <sup>abc</sup>	۲/۵ <sup>f</sup>
۹	۳/۹ <sup>b</sup>	۸۰/۹ <sup>a-d</sup>	۷۸/۷ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>bc</sup>	۳/۶ <sup>a-d</sup>	۶/۵ <sup>ab</sup>	۷/۲ <sup>ab</sup>	۶/۳ <sup>de</sup>	۴/۳ <sup>abc</sup>	۴/۶ <sup>cd</sup>
۱۰	۵/۵ <sup>a</sup>	۷۲/۹ <sup>f</sup>	۷۱/۱ <sup>bc</sup>	۵/۱ <sup>b</sup>	۴/۳ <sup>ab</sup>	۶/۲ <sup>bc</sup>	۸/۹ <sup>a</sup>	۱۰/۱ <sup>ab</sup>	۶/۹ <sup>ab</sup>	۵/۸ <sup>b</sup>
۱۱	۳/۸ <sup>b</sup>	۷۲/۴ <sup>f</sup>	۷۹/۱ <sup>a</sup>	۷/۲ <sup>a</sup>	۲/۷ <sup>bcd</sup>	۷/۴ <sup>a</sup>	۶/۲ <sup>b</sup>	۱۱/۸ <sup>a</sup>	۴/۸ <sup>abc</sup>	۶/۹ <sup>a</sup>
۱۲	۳/۴ <sup>b</sup>	۸۰/۶ <sup>a-d</sup>	۷۸/۷ <sup>a</sup>	۴/۵ <sup>b-e</sup>	۲/۱ <sup>d</sup>	۵/۸ <sup>bcd</sup>	۶/۹ <sup>b</sup>	۵/۹ <sup>de</sup>	۳/۲ <sup>c</sup>	۴/۳ <sup>cde</sup>

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

### نتیجه گیری

با مقایسه نتایج مزرعه و گلخانه مشاهده گردید که جمعیت ۱ و هیبرید ۷ در شرایط تنش شوری دارای مقادیر بالاتری از پرولین، پتاسیم، سدیم، وزن ویژه برگ، سطح برگ، طول ریشه و ماده خشک کل و مقادیر پایین تر نسبت ریشه به اندام هوایی و درصد آب نسبی برگ بود. در شرایط مزرعه نیز جمعیت ۳ و هیبرید ۷ دارای مقادیر پایین تر ناخالصی ها (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره)، درصد قند ملاس و آب از دست رفته برگ و مقادیر بالاتر عملکرد ریشه، ضریب استحصال و محتوای نسبی برگ بودند. از طرفی رقم حساس شیرین در گلخانه دارای کمترین مقدار ماده خشک کل و پرولین، طول ریشه، سطح برگ و وزن ویژه برگ و دارای بالاترین مقدار آب نسبی برگ بود. این رقم در شرایط مزرعه نیز دارای عملکرد نسبتاً پایینی بود. پس می توان نتیجه گرفت که میزان پرولین، وزن ویژه برگ، سطح برگ، طول ریشه، ماده خشک کل و مقادیر پایین نسبت ریشه به اندام هوایی و درصد آب نسبی برگ می تواند به عنوان معیارهایی برای شناسایی ژنوتیپ های چغندر قند متحمل به تنش شوری برای غربال ژنوتیپ ها در گلخانه و نیز در مزرعه مورد استفاده قرار گیرند. با بررسی درصد ماده خشک گیاه، پرولین و پتاسیم مشاهده می شود که تنش شوری در مرحله استقرار گیاه موجب افزایش ماده خشک، پرولین و پتاسیم در مواد ژنتیکی متحمل و مقادیر پایین تر این صفات در رقم حساس شد. همچنین هیبرید MSC2\*FS7 و توده FS2 از نظر عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص و عملکرد شکر سفید برتر از سایر ژنوتیپ ها تشخیص داده شدند. ژنوتیپ حساس شیرین دارای پایین ترین مقادیر عملکرد ریشه در شرایط تنش بود.

تمامی ناخالصی های موجود در ریشه از جمله سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره در داخل درصد قند ملاس قرار می گیرند و رابطه بالایی بین این صفات وجود دارد. تجمع این عناصر سبب اختلال در فرایند استحصال شکر از چغندر قند می شود. نتایج نشان می دهد که در شرایط تنش، کمترین میزان نیتروژن مضره به هیبریدهای ۷ و ۸، درصد قند ملاس به جمعیت ۱ و هیبرید ۸ و بالاترین مقدار ضریب استحصال شکر به هیبرید ۸ تعلق داشت. در این آزمایش، جمعیت ۱ دارای بالاترین مقدار عملکرد ریشه و شکر سفید، عیار قند و محتوای نسبی آب برگ، کمترین مقدار شاخص آب از دست رفته برگ و نیز مقدار پایین محتوای سدیم نسبت به سایر مواد ژنتیکی مورد بررسی بود (جدول ۱۰). این جمعیت دارای محتوای پتاسیم بسیار بالاتری نسبت به سدیم در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود که نشان می دهد ریشه گیاه مانع از جذب سدیم اضافی به داخل خود به سبب افزایش پتاسیم شده و این امر سبب تحمل بالای گیاه به تنش شوری و افزایش عملکرد گیاه شده بود. گو-کیانگ و همکاران (Wu et al. 2013) گزارش کردند که شاخص  $Na^+/K^+$  در ریشه رقم متحمل کمتر از دو رقم دیگر است. همچنین، علی و همکاران (Ali et al. 2000) سازوکارهای تحمل به شوری در چغندر قند را شناسایی نمودند که از جمله آنها می توان به جایگزینی بیشتر K برگ نسبت به Na و انباشت K نسبت به سدیم در برگ های جوان در مقایسه با برگ های پیر اشاره نمود.

**References:****منابع مورد استفاده:**

- Abbasi Z, Arzani A, Majidi MM. Evaluation of genetic diversity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) crossing parents using agro-morphological traits and molecular markers. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2014; 16(6): 1397-1411.
- Abdel-Mawly, Zanouny I. Response of sugar beet (*Beta vulgaris*) to potassium application and irrigation with saline water. *Assiut University Bulletin for Environmental Research*. 2004; 7(1): 123-136.
- Abdul Qados AMS. Effect of arginine on growth, nutrient composition, yield and nutritional value of mung bean plants grown under salinity stress. *Nature and Science*. 2010; 8: 30-42.
- Ali SH, El-Shamey IZ, Eisa SS. Sodium, potassium balance and adaptation of sugar beet to salt stress. *Annals of Agricultural Science (Cairo)*. 2000; 1(Special issue): 41-56.
- Al-Karaki GN. Germination, sodium, and potassium concentrations of barley seeds as influenced by salinity. *Journal of Plant Nutrition*. 2001; 24(3): 511-522.
- Ashour NI, Thalooth AT. Effect of saline irrigation on photosynthetic apparatus and yield of sugar beet plants. U.A.R. *Journal of Botany*. 1971; 14: 221-231.
- Ashraf MY, Wu L. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 1994; 13(1): 17-42.
- Azevedo Neto AD, Prisco JT, Enéas-Filho J, Lacerda CF, Silva JV, Costa PH, Gomes-Filho E. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 2004; 16(1): 31-38.
- Barrs HD, Weatherley PE. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1962; 15(3): 413-428.
- Bates LS, Waldren RP, Teare ID. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 1973; 39(1): 205-207.
- Beatty KD, Ehlig CF. A technique for testing and selecting for tolerance in sugar beet. *Journal of American Society of Sugar Beet Technologists*. 1993; 17: 295-299.
- Dadkhah AR. Response of root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris*) to salt stress. *Iran Agricultural Research*. 2005; 24(1): 33-41.
- Draycott AP. *Sugar Beet* (Vol. 474). 2006; Oxford: Blackwell Publishing. pp. 514
- Duan D, Liu X, Ajmal Khan M, Gul B. Effect of salt and water stress on the germination of *Chenopodium glaucum* L. seed. *Pakistan Journal of Botany*. 2004; 36(4): 793-800.
- Gaylord B, Egan TP. How salts of sodium, potassium and sulfate affect the germination and early growth of *Atriplex canthocarpa* (*Chenopodiaceae*). In: Khan, MA and Weber DJ (Eds.). *Ecophysiology of High Salinity in Tolerant Plants*. Springer. 2008; pp. 1-9.

- Geissler N, Hussin S, Koyro HW. Interactive effect of NaCl salinity and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte *Aster tripolium* L. *Environmental and Experimental Botany*. 2009; 65(2-3): 220-231.
- Hajiboland R, Joudmand A, Fotouhi K. Mild salinity improves sugar beet (*Beta vulgaris* L.) quality. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*. 2009; 59(4): 295-305.
- Hamada AM, El-Enany AE. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum*. 1994; 36(1): 75-81.
- Huang Y, Bie Z, Liu Z, Zhen A, Wang W. Protective role of proline against salt stress is partially related to the improvement of water status and peroxidase enzyme activity in cucumber. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2009; 55(5): 698-704.
- Jehad-Akbar MR. Response of sugar beet to saline irrigation water in different growth stages. *Journal of Sugar Beet*. 2011; 27(1): 53-66. (in Persian, abstract in English)
- Kafi M, Borzuehi A, Salehi A, Kamandi A, Masumi A, Nabati. *Physiology of environmental stresses in plants*. Jihad-e-Daneshgahi Press. 2009; pp. 502. (In Persian)
- Khorshid A, Bernousi I, Fotuhi K. Breeding for salinity tolerance in population 8001 in sugar beet. 2011. Final research report. Sugar Beet Seed Institute. (in Persian, abstract in English)
- Khorshid AM, Niazkhani M, Bernousi I, Rajabi A. Improving salinity tolerance in an open-pollinated sugar beet population. *International Journal of Farm and Allied Sciences*. 2014; 3(6): 696-701.
- Khorshid A, Rajabi A. Investigation on quantity and quality characters of advanced sugar beet breeding populations in drought and salinity stress and non-stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 2014; 7(9): 532-536.
- Khorshid, AM, Moghadam F, Bernousi I, Khayamim S, and Rajabi, A. Comparison of some physiological responses to salinity and normal conditions in Sugar Beet. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2018; 52(4): 362-367
- Muns A, Prinsen E, Bauw G, Van Montagu M. Antagonistic effects of abscisic acid and jasmonates on salt stress-inducible transcripts in rice roots. *Plant Cell*. 1997; 9(12): 2243–2259.
- Ober ES, Luterbacher MC. Genotypic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*. *Annals of Botany*. 2002; 89(7): 917-924.
- Pakniyat, H, Armion M. Sodium and proline accumulation as osmoregulators in tolerance of sugar beet genotypes to salinity. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2007; 10(22): 4081-4086.
- Parvaiz A, Satyawati S. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants- a review. *Plant, Soil and Environment*. 2008; 54(3): 89-99.
- Ranji Z, Majidd I, Hashemi A, Ghalavand A. Study on proline accumulation in the leaves of tolerant and sensitive sugar beet lines to salinity. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 1997; 28 (1): 95-87. (In Persian with English abstract).

- Ranji Z, Ebrahimian H, Khorshid A. Screening new sugar beet cultivars under salinity in greenhouse and field trials. Research report. Sugar Beet Seed Institute. 2000. (In Persian).
- Romero-Aranda MR, Jurado O, Cuartero J. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*. 2006; 163(3): 847-855.
- Sayed S, Eisa H, Safwat A. Biochemical, Physiological and Morphological Responses of Sugar Beet to Salinity. Department of Agricultural Botany and Biochemistry. Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, Egypt. 1999; 1-15.
- Shehata, MM, Azer SA, Mostafa SN. The effect of soil moisture on some sugar beet varieties. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 2000; 78(3):1141-1160.
- Shonjani S. Salt sensitivity of rice, maize, sugar beet and cotton during germination and early vegetative growth. Inaugural dissertation. Institute of Plant Nutrition. Justus Leibig University, Giessen. 2002; pp. 164
- Smart RE, Bingham GE. Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology*. 1974; 53: 258-260.
- Turan MA, Awad Elkarim AH, Taban N, Taban S. Effect of salt stress on growth, stomata resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. *African Journal of Agricultural Research*. 2009; 4(9): 893-897.
- Wu GQ, Liang N, Feng RJ, Zhang JJ. Evaluation of salinity tolerance in seedlings of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars using proline, soluble sugars and cation accumulation criteria. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013; 35(9): 2665-2674.
- Yang RC, Jana S, Clarke JM. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought responsive characters of durum wheat. *Crop Science*. 1991; 31(6): 1484-1491.
- Yousif BS, Liu LY, Nguyen NT, Masaoka Y, Saneoka H. Comparative studies in salinity tolerance between New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and chard (*Beta vulgaris*) to salt stress. *Agricultural Journal*. 2010; 5(1): 19-24.
- Zapata PJ, Serrano M, Pretel MT, Bottela MA. Changes in free polyamine concentration induced by salt stress in seedling of different species. *Plant Growth Regulators*. 2008; 56(2): 167-177.