DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jsb.2012.869

تنظیم اسمزی چغندرقند در شرایط تنش شوری

Osmotic Adjustment in Sugar Beet Plant under Salinity Stress

فادی عباس[۱]، احمد مهّنا[۲]، قاسم اللحّام[۳] و انتصار الجباوی[۴*]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۷

ف. عباس، ا. مهنا، ق. اللخام و ا. الجباوی. ۱۳۹۱. تنظیم اسمزی چغندرقند در شرایط تنش شوری. **مجله چغندرقند ۲۸(۱): ۸۰-۶۷**

چکیده

تحقیق حاضر در مرکز تحقیقات کشاورزی دیرالزور وابسته به کمیسیون عالی تحقیقات علمی کشاورزی (GCSAR) سوریه در فصول زراعی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۹ انجام گرفت و طی آن، نقش Na^+، K^+، Na^+/K^+، تجمع کربوهیدرات‌ها در برگ‌ها و عیار قند در تنظیم اسمزی در شرایط تنش شوری در ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند (پنج ژنوتیپ منوژرم و پنج ژنوتیپ مولتی‌ژرم) بررسی شد. بوته‌های چغندرقند با آب شور که هدایت الکتریکی آن در سال اول ۸/٦-۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و در سال دوم ۸/٤-۱۰/٤ دسی‌زیمنس بر متر بود، آبیاری شدند. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث افزایش مقدار Na^+ برگ‌ها و ریشه‌های تمام ژنوتیپ‌ها شد اما مقدار افزایش آن در برگ‌ها بیش از ریشه‌ها بود. مقدار K^+ در برگ‌ها و ریشه‌های تمام ژنوتیپ‌ها کاهش یافت اما میزان این کاهش در ریشه‌ها کمتر از برگ‌ها بود که احتمالاً به خاطر جایگزینی Na^+ با K^+ در این شرایط بود. بااین‌حال، در شرایط تنش شوری غلظت مواد محلول غیرآلی (Na^+ و K^+) در برگ‌ها بیشتر از ریشه‌ها بود. ژنوتیپ کاویمرا (مولتی‌ژرم) به خاطر مقدار بالای Na^+ در برگ‌ها و ریشه‌هایش به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ شناسایی شد درحالی‌که حساس‌ترین ژنوتیپ تیگریس (مولتی‌ژرم) بود که کمترین تجمع Na^+ در برگ‌ها و ریشه‌ها را داشت. به طور کلی، تجمع قندهای محلول در برگ‌ها در ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های غیرمتحمل بیشتر بود. نتایج نشان داد بین عیار قند ریشه‌ها و تنش شوری همبستگی وجود ندارد. آنالیز همبستگی نشان داد که مقدار Na^+ و سپس قندهای محلول مهم‌ترین مواد برای تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌های چغندرقند در شرایط تنش شوری بودند. علاوه بر این، می‌توان مقدار ساکارز و مقدار Na^+ ریشه‌های چغندرقند را اصلی‌ترین مواد محلول برای تنظیم پتانسیل اسمزی دانست.

واژه‌های کلیدی: تنظیم اسمزی، تنش شوری، چغندرقند، ژنوتیپ، سوریه

۱- GCSAR، مرکز تحقیقات علمی کشاورزی حمص، سوریه، fadiab77@gmail.com

۲- GCSAR، واحد تحقیقات ذرت، دمشق، سوریه

۳- استاد گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه البعث، حمص، سوریه

۴- GCSAR، واحد تحقیقات چغندرقند، دوما، دمشق، سوریه * - نویسنده مسئول dr.entessara@yahoo.com

مقدمه

شوری آب و خاک چالشی جهانی برای محیط زیست است که تولید گیاهان زراعی را در بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار یا به عبارت دیگر، ۲۵ تا ۳۳ درصد سطح کل زمین‌های زراعی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rengasamy 2010). کمبود جهانی منابع آب، آلودگی محیط زیست و افزایش شوری اراضی و منابع آب ویژگی‌های برجستهٔ قرن بیست و یکم هستند (Djilianov et al. 2005). این مشکل در مناطق زراعت فاریاب بسیار شدیدتر است (Zhu 2001) و این در حالی است که این مناطق یک‌سوم غذای جهان را تولید می‌کنند (Zhang et al. 2010) و تصفیه آب بسیار شور دریا (Flowers 2004) در آن‌ها پدیده‌ای رایج است. بااین‌حال، در بسیاری از مناطق دنیا، شوری در زراعت دیم نیز رو به افزایش است (Rengasamy 2006). توسعه‌ی گیاهان با تحمل بیشتر به شوری به عنوان بخشی از راه‌حل این مشکل پیشنهاد شده است (Zhu 2001).

گیاهان برای مبارزه با شوری، واکنش‌های متفاوتی از خود بروز می‌دهند. اشرف (Asheaf 2004) و سایرام و تیاگی (Sairam and Tyagi 2004) به بررسی جزئیات مکانیسم‌های تحمل به شوری در گونه‌های مختلف پرداخته‌اند.

بدون شک، تنظیم اسمزی در مواجهه با تنش شوری به عنوان یکی از مکانیسم‌های مهم و مؤثر تحمل به شوری در گیاهان زراعی شناخته شده است. تحقیقات حاکی از اثرات تنظیم اسمزی پرولین، گلیسین، بتائین و یون‌ها بر توازن آب و تحمل شوری در پنبه (Rathert 1983)، اسفناج (Di Martino et al. 2003)، گندم (Abdel-Aziz and Reda 2000)، لوبیا (Shabala et al. 2000)، لوبیای چشم‌بلبلی (Freitas et al. 2001)، چغندرقند (Katerji et al. 1997)؛ (Heuer et al. 1981; Ghoulam et al. 2002)، گل مینای دریایی شوری‌پسند (Ueda et al. 2003) و سورگوم (AL-Lahham et al. 2006) هستند.

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) از تیرهٔ *Chenopodiaceae)* دارای نیاکان شوری‌پسند است. آستانهٔ تحمل این گیاه به شوری بالاست (۷ دسی‌زیمنس بر متر) (Katerji et al. 1997). این گیاه در طول جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه نسبت به شوری حساس ولی در مراحل بعد نسبت به آن متحمل است، هرچند ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند از این نظر با هم تفاوت‌هایی دارند (Sadeghian et al. 2000; Ghoulam et al.; 2002; Abbas et al. 2009).

اعضای تیرهٔ *Chenopodiaceae* ازجمله چغندرقند به دلیل دارا بودن مکانیسم‌های تنظیم اسمزی ناشی از تجمع Na^+ و Cl^- در واکوئل‌ها و سیتوپلاسم‌شان می‌توانند با شوری مقابله کنند (Subbarao et al. 2001; Ghoulam et al.; 2002). ژنوتیپ‌های چغندرقند Na^+ را جذب کرده و آن را جهت تنظیم و سازگاری پتانسیل اسمزی‌شان با خاک، در بافت برگ‌هایشان ذخیره می‌کنند

(Flowers 1988). شاید همین پدیده دلیل تحمل چغندرقند به شوری باشد.

چُلوج و همکاران (Ghoulam et al. 2008) مکانیسم تنظیم اسمزی در چغندرقند در شرایط کمبود آب را به این صورت تشریح کردند که غلظت کاتیون‌های تک‌ظرفیتی (K^+ , Na^+) در دمبرگ‌ها و سطح یون‌های دوظرفیتی (Ca^{2+}, Mg^{2+}) در برگ‌های بالغ و مسن کاهش می‌یابد. غلظت کاتیون‌ها در ریشهٔ اصلی تحت تأثیر کمبود آب قرار نمی‌گیرد. در اثر خشکی، نسبت کاتیون‌های تک‌ظرفیتی به کاتیون‌های دوظرفیتی در برگ‌های جوان و دمبرگ‌ها به شکل معنی‌داری افزایش می‌یابد.

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تنش شوری بر تجمع Na^+، K^+، Na^+/K^+ و کربوهیدارت‌ها در برگ‌ها و عیار قند ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند و تعیین نقش این اسمولیت‌ها بر تنظیم اسمزی بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، دو آزمایش مزرعه‌ای از ابتدا تا اواسط اوت کشت شدند. آزمایش‌ها در کمیسیون عالی تحقیقات علمی کشاورزی (CGSAR) در مرکز تحقیقات کشاورزی دیرالزور واقع در شرق سوریه انجام گرفت. این منطقه به عنوان یک منطقهٔ خشک شناخته می‌شود و لذا شیوهٔ رایج تولید چغندرقند در آنجا آبیاری است. این مطالعه در فصول زراعی سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ جهت ارزیابی واکنش ده ژنوتیپ چغندرقند (پنج ژنوتیپ منوژرم و پنج ژنوتیپ مولتی‌ژرم) (جدول ۱) در شرایط تنش شوری و شرایط عادی (شاهد) اجرا شد. ژنوتیپ‌های موردآزمایش از شرکت‌های مختلف اصلاح بذر تأمین شده بودند. مزرعه با ۴۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۱۸۰ کیلوگرم فسفر به صورت P_2O_5 در هکتار و ۱۸۵ کیلوگرم پتاسیم به صورت K_2O در هکتار در زمان کاشت و بعد از تنک کوددهی شد. آنالیز مکانیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی انجام شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. تمام عملیات زراعی دیگر به صورت مرسوم در منطقه انجام گرفت. عملیات برداشت ۲۱۰ روز بعد از کاشت با ۲± روز اختلاف بین فصل‌ها انجام گرفت.

جدول ۱ کشور تولیدکننده خاستگاه، ژرمیته و میزان تحمل به شوری ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد مطالعه

ردیف	نام ژنوتیپ	خاستگاه	ژرمیته	سطح پلوئیدی	تیپ	تحمل به شوری
۱	دیتا	بلژیک	منوژرم	دیپلوئید	N	متحمل
۲	بریگیتا	آلمان	منوژرم	دیپلوئید	NZ	متحمل
۳	پروگرس	امریکا	منوژرم	دیپلوئید	N	نیمه‌متحمل
۴	ریفل	بلژیک	منوژرم	دیپلوئید	N	حساس
۵	کانسپت	امریکا	منوژرم	دیپلوئید	NE	حساس
۶	تیگریس	دانمارک	مولتی‌ژرم	پلی‌پلوئید	N	حساس
۷	مونته‌بالدو	آلمان	مولتی‌ژرم	تری‌پلوئید	N	متحمل
۸	پرستیبل	بلژیک	مولتی‌ژرم	پلی‌پلوئید	NE	نیمه‌متحمل
۹	وائد	آلمان	مولتی‌ژرم	دی‌پلوئید	N	متحمل
۱۰	کاویمرا	آلمان	مولتی‌ژرم	تری‌پلوئید	N	متحمل

جدول ۲ برخی خصوصیات خاک محل آزمایش

سال نمونه‌برداری	توزیع اندازه ذرات			نتایج تجزیه عصارهٔ خاک		
	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	کربنات کلسیم (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر)	اسیدیته
۲۰۰۸	۳۳/۳	۳۶/۴	۳۰/۳	۱۹/۴	۱/۸	۸/۱
۲۰۰۹	۲۹/۳	۴۰/۷	۲۹/۶	۲۰/۷	۱/۹	۸/۲

در این آزمایش، گیاهان با آب شور آبیاری شدند که هدایت الکتریکی آن در سال اول ۸/۶ تا ۱۰ و در سال دوم ۸/۴ تا ۱۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. لازم به ذکر است که سه آبیاری اول برای سبز شدن بوته‌ها با آب بدون محدودیت شوری بود و پس از آن از آب شور در طول فصل زراعی استفاده شد. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. اندازهٔ هر کرت ۲۴ متر مربع بود که شامل ردیف کاشت به طول ۸ متر با فاصلهٔ بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بو ته ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بودند.

در زمان برداشت، نمونه‌های تازه‌ای از ریشه و برگ از هر کرت برداشت شد تا مقدار Na^+ و K^+ ریشه‌ها و برگ‌ها، مقدار کربوهیدرات برگ‌ها و عیار قند ریشه‌ها تعیین شود.

مقدار Na^+ و K^+ مطابق AOAC (۲۰۰۰) تعیین شد و برای این کار از برگ‌هایی استفاده شد که در آون در دمای ۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و با استفاده از یک هاون پودر شده بودند. نمونهٔ خشک برگ‌ها به وزن ۰/۵ گرم در بوته چینی در کورهٔ الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد تا تبدیل به خاکستر شود. سپس این خاکستر در فلاسک حجمی ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شد و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک دو نرمال به آن افزوده شد و با آب مقطر در حال جوش مخلوط شد و از کاغذ صافی واتمن شمارهٔ ۲ عبور داده شد. مقدار Na^+ و K^+ توسط نورسنج شعله‌ای اندازه‌گیری شده و بر حسب میلی‌گرم بر هر گرم وزن خشک ثبت شد.

قندهای محلول (کربوهیدرات‌ها) در مخلوط قبلی با استفاده از نورسنج طیفی در ۶۲۰ نانومتر تعیین شد (Spiro 1966).

عیار قند ریشه‌ها توسط عیار سنج و با اضافه کردن استات سرب به خمیر تازه ریشه مطابق دستورالعمل لادوکته (Le Docte 1927) تعیین شد.

تجزیهٔ آماری داده‌ها

داده‌ها با استفاده از برنامهٔ GenStat جهت برآورد معنی‌داری تفاوت‌های میان ژنوتیپ‌های مورد آزمون ازنظر صفات موردمطالعه (Na^+، K^+، Na^+/K^+، تجمع کربوهیدرات‌ها در برگ‌ها و عیار قند ریشه‌ها) تجزیه شد. میانگین تیمارها توسط آزمون LSD در سطوح پنج

و یک درصد مطابق والر و دانکن (Waller and Duncan 1969) مقایسه شدند. ضرایب همبستگی سادهٔ میان صفات اندازه‌گیری شده نیز برآورد شد.

نتایج و بحث

مقدار Na^+

در شرایط تنش شوری، مقدار Na^+ در برگ‌های تمام ژنوتیپ‌ها در مقایسه با شاهد بیش از هفت برابر (۷۷۸/۷۵ درصد) افزایش یافت. درواقع، ژنوتیپ‌ها از این نظر تفاوت معنی‌داری ($p<0.01$) با هم داشتند و افزایش مقدار Na^+ در برگ‌ها بین ۵۹۹/۰۵ درصد در تیگریستیگریس تا ۹۶۸/۵۳ درصد در دیتا متغیر بود (جدول ۳).

مقدار Na^+ در ریشه‌ها نیز در تمام ژنوتیپ‌ها به طور کلی به مقدار ۴۳۲/۳۸ درصد افزایش یافت. مقدار افزایش این یون در ریشه‌ها بین ۲۱۶/۸۱ درصد در تیگریس تا ۴۸۴/۸۷ درصد در کاویمرا متغیر بود (جدول ۳).

جدول ۳ مقدار Na^+ در برگ‌ها و ر یشه‌های ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط تنش شوری

	مقدار Na^+ (میلی‌گرم بر گرم)			
	شرایط تنش		درصد افزایش یا کاهش نسبت به شاهد	
ژنوتیپ*	برگ‌ها	ریشه	برگ‌ها	ریشه
دیتا	۵۲/۱۷ bc	۳/۴۷b	۹۶۸/۵۳	۴۲۶/۱۸
بریگیتا	۴۷/۷۲de	۳/۴۳b	۷۶۸/۴۶	۵۵۲/۸۷
پروگرس	۴۶/۰۷e	۳/۲۶b	۹۵۸/۰۶	۵۲۴/۲۶
ریفل	۳۸/۰۲f	۲/۷۴c	۷۳۷/۹۶	۴۷۰/۹۷
کانسپت	۳۸/۷۲f	۲/۶۴c	۶۵۵/۳۹	۳۵۶/۷۷
تیگریس	۳۸/۰۷f	۱/۹۶d	۵۹۹/۰۵	۲۱۶/۸۱
مونته‌بالدو	۴۸/۵۲de	۳/۲۹b	۸۵۴/۳۷	۴۶۷/۱۷
پرستیبل	۴۶/۴۰de	۳/۲۵b	۶۳۶/۵۸	۳۸۶/۱۲
وائد	۴۹/۴۷cd	۳/۵۵b	۶۸۴/۰۶	۴۳۷/۸۰
کاویمرا	۵۵/۴۲a	۴/۳۱a	۹۲۵/۰۳	۴۸۴/۸۷
میانگین	۴۵/۹۵	۳/۱۹	۷۷۸/۷۵	۴۳۲/۳۸

* اعداد دارای حروف یکسان در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌داری هستند($p<۵٪$).

تغییرات جذب Na^+ می‌تواند به دلیل نوعی سازگاری چندگانه به یون‌های سمّی که به صورت همزمان در درون گیاه عمل می‌کنند، بوده باشد (Tester and Davenport 2003) که واکنش معمول در میان اعضای تیرهٔ *Chenopodiaceae* (گیاهان شوری‌پسند) می‌باشد و طی آن گیاه با تجمع Na^+، پتانسیل اسمزی بافت‌هایش را تنظیم می‌کند (Eisa and Ali 2001).

این واکنش‌ها در نقطهٔ مقابل واکنش‌های جو (به عنوان یک گیاه گلیکوفیت) قرار دارد. در این گیاه، Na^+ دفع می‌شود و ژنوتیپ‌های متحمل به شوری آن Na^+ کمتری در اندام های هوایی جمع می‌کنند (Pakniyat et al. 2003). به نظر می‌رسد که در چغندرقند، بیان همزمان ناقل پروتئین‌دار غشای تونوپلاست (پورت H^+-ATPase و آنتی‌پورت Na^+/H^+) در واکوئل‌های سلول‌های برگ ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های غیرمتحمل بیشتر است (Parks et al. 2002).

مقدار K^+

مقدار K^+ در برگ‌های تمام ژنوتیپ‌ها به طور متوسط به میزان ۳۱/۰۹ درصد کاهش یافت به‌طوری‌که این کاهش بین ۱۴/۸۰ درصد در ریفل تا ۴۳/۳۶ درصد در وائد متغیر بود و تفاوت ژنوتیپ‌ها از این نظر بسیار معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ۴). در ریشه‌ها نیز روند مشابهی مشاهده شد اما با سرعت کمتر، مگر در دیتا که در آن مقدار K^+ تحت تنش شوری به مقدار ۷/۱۹ درصد افزایش یافت. این نتایج مشابه نتایج مطالعات وارن و همکاران (Warne et al. 1990) و عبدالمتقالی (Abd-El-Motagally 2004) است. این امر شاید به خاطر نقش Na^+ در تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌های چغندرقند (Lindhauer et al. 1990) و جایگزینی K^+ به جای Na^+ باشد. بااین‌حال، غلظت مواد محلول غیرآلی (Na و K) در برگ‌ها بیشتر از ریشه‌ها بود.

جدول ٤ مقدار K^+ در برگ‌ها و ریشه‌های ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط تنش شوری

	مقدار K^+ (میلی‌گرم بر گرم)			
	شرایط تنش		درصد افزایش یا کاهش نسبت به شاهد	
ژنوتیپ*	برگ‌ها	ریشه	برگ‌ها	ریشه
دیتا	۳۷/۰۲cde	۱۰/۸۷a	-۴۰/۹۴	۷/۱۹
بریگیتا	۳۰/۸۰g	۹/۷۹ab	-۳۲/۰۶	-۳/۲۴
پروگرس	۳۴/۸۸ef	۹/۰۱bc	-۲۵/۵۷	-۱/۰۱
ریفل	۴۵/۷۳a	۱۰/۳۷a	-۱۴/۸۰	-۴/۳۸
کانسپت	۳۶/۱۳def	۸/۹۳bc	-۲۷/۱۵	-۸/۸۷
تیگریس	۳۸/۷۷bcd	۸/۵۲c	-۲۴/۲۰	-۱/۹۱
مونته‌بالدو	۳۳/۳۰fg	۸/۵۵c	-۲۷/۲۱	-۶/۴۷
پرستیبل	۴۱/۱۳b	۹/۸۸ab	-۳۴/۱۳	-۱۱/۸۰
وائد	۳۵/۲۲def	۹/۶۵abc	-۴۳/۳۶	-۲/۷۰
کاویمرا	۴۰/۳۵bc	۹/۶۲abc	-۴۱/۴۸	-۰/۸۸
میانگین	۳۷/۳۳	۹/۵۲	-۳۱/۰۹	-۳/۴۱

* اعداد دارای حروف یکسان در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌داری هستند($p<۵٪$).

نسبت Na^+/K^+

نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار ($p<0.01$) بین ژنوتیپ‌های چغندرقند ازنظر نسبت Na^+/K^+ بود (جدول ۵). این نسبت در ژنوتیپ‌های ریفل و تیگریس به ترتیب با مقدار ۰/۸۳۳ و ۰/۹۶۶ کمتر بود، درحالی‌که در مورد ژنوتیپ‌های بریجیتا، مونته‌بالدو، دیتا، کاویمرا و وائد نسبت‌های بالاتری ثبت شد (به ترتیب ۱/۵۵۵، ۱/۴۶۴، ۱/۴۱۸، ۱/۴۱۵ و ۱/۳۸۲). گروه اول را می‌توان حساس به شوری و گروه دوم را متحمل به شوری دانست (Abbas et al. 2010). در ریشه‌ها نیز روند مشابهی مشاهده شد ولی با آهنگ آهسته‌تر. این نسبت بین ۰/۲۵۷ درمورد تیگریس تا ۰/۴۶۸ در کاویمرا متغیر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نسبت Na^+/K^+ غشای سیتوپلاسمی در ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های غیرمتحمل بالاتر بود. گزارش پاک‌نیت و آرمیون (Pakniyat and Armion 2010) نیز نتیجهٔ این مقاله را تأیید می‌کند.

جدول ۵ نسبت Na^+/K^+ در برگ‌ها و ریشه‌های ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط تنش شوری

ژنوتیپ*	مقدار Na^+/K^+ (میلی‌گرم بر گرم)			
	شرایط تنش		درصد افزایش یا کاهش نسبت به شاهد	
	برگ‌ها	ریشه	برگ‌ها	ریشه
دیتا	۱/۴۱۸ab	۰/۳۵۵bcd	۱۷۲۲/۹۲	۴۳۷/۷۲
بریگیتا	۱/۵۵۵a	۰/۳۶۷bc	۱۱۸۳/۷۸	۵۹۵/۴۷
پروگرس	۱/۳۲۹b	۰/۴۱۰a	۱۳۳۳/۸۰	۶۱۱/۸۷
ریفل	۰/۸۳۳e	۰/۲۷۷cd	۸۸۵/۳۳	۵۲۵/۱۵
کانسپت	۱/۰۸۱cd	۰/۳۲۴bcd	۹۶۱/۵۶	۴۵۵/۱۴
تیگریس	۰/۹۶۶de	۰/۲۵۷d	۸۴۷/۲۶	۲۵۷/۹۵
مونته‌بالدو	۱/۴۶۴a	۰/۴۲۳a	۱۲۱۸/۱۶	۵۵۰/۶۰
پرستیبل	۱/۱۳۳c	۰/۳۴۴bcd	۱۰۲۱/۸۹	۴۶۹/۹۰
وائد	۱/۴۱۵ab	۰/۴۰۰ab	۱۲۹۷/۴۱	۵۰۵/۲۰
کاویمرا	۱/۳۸۲b	۰/۴۶۸a	۱۶۵۸/۰۸	۵۱۰/۹۳
میانگین	۱/۲۵	۰/۳۶۳	۱۲۱۳/۰۲	۴۸۴/۷۹

* ستون‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

قندهای محلول برگ‌ها

ژنوتیپ‌ها ازنظر تجمع قندهای محلول در برگ‌ها در تنش شوری اختلافات معنی‌داری ($p<0.01$) داشتند (جدول ۶). مقدار قندهای محلول برگ‌ها از ۶۰/۸۶ میلی‌گرم در گرم در پرستیب تا ۹۶/۸۳ میلی‌گرم در گرم در دیتا متغیر بود. به رغم این که به‌طور متوسط ۵۲/۱۰ درصد قند محلول در برگ‌های تمام ژنوتیپ‌ها به دست آمد، اما اختلاف آن‌ها معنی‌دار نبود. باوجوداین، تجمع قندهای محلول در برگ‌های ژنوتیپ‌های متحمل (دیتا، بریجیتا، مونته‌بالدو و کاویمرا) نسبت به ژنوتیپ‌های غیرمتحمل (ریفل، کانسپت و تیگریس) بیشتر بود. این نتایج مشابه

نتایج شانون (Shannon 1977) می‌باشد. او دریافت که ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش شوری از نظر مقدار قندهای محلول واکنش‌های مختلفی از خود نشان دادند. اللهام و همکاران (Al-Lahham et al. 2006) با بررسی سایر گیاهان زراعی نشان داد که در سورگوم (*Sorghum bicolar* L.) قندهای محلول نقش مهمی در فرایند تنظیم اسمزی در شرایط تنش شوری ایفاء می‌کنند. این نکته را شاید به‌توان با توجه به افزایش فعالیت‌های آنزیمی بویژه آمیلازها یا با توجه به صرف انرژی بیشتر در سلول‌ها برای مقاومت در مقابل عدم توازن یونی توجیه کرد (Schawrz and Gale 1981).

جدول ٦ تجمع قندهای محلول در برگ‌ها و ریشه‌های ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط تنش شوری

ژنوتیپ*	شرایط تنش		درصد افزایش یا کاهش نسبت به شاهد	
	تجمع قندهای محلول در برگ (میلی‌گرم در گرم)	عیار قند (٪)	تجمع قندهای محلول در برگ (میلی‌گرم در گرم)	عیار قند
دیتا	a ۹۶/۸۳	a ۱۷/۲۵	۶۴/۹۰	۷/۱۲
بریگیتا	ab ۹۲/۳۳	a ۱۷/۰۹	۵۷/۳۰	۹/۹۳
پروگرس	cd ۷۹/۹۴	a ۱۷/۰۸	۶۱/۸۰	۱۲/۲۹
ریفل	de ۷۵/۱۱	bc ۱۵/۶۴	۴۵/۸۰	۵/۸۵
کانسپت	ef ۶۷/۹۴	b ۱۶/۰۷	۴۰/۲۰	۱۰/۰
تیگریس	de ۷۲/۵۶	d ۱۴/۵۶	۲۷/۶۰	۶/۵۷
مونته‌بالدو	abc ۸۸/۷۸	bc ۱۵/۳۷	۶۴/۱۰	۷/۶۰
پرستیبل	f ۶۰/۸۶	d ۱۴/۸۲	۴۶/۶۰	۹/۶۴
وائد	cde ۷۷/۷۰	c ۱۵/۰۷	۵۴/۷۰	۴/۷۹
کاویمرا	bcd ۸۱/۲۱	c ۱۵/۲۴	۵۷/۹۰	۶/۷۷
میانگین	۷۹/۳۳	۱۵/۸۲	۵۲/۱۰	۸/۰۶

* ستون‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

عیار قند

داده‌های مربوط به عیار قند (جدول ۶)حاکی از وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش شوری ($p<0.01$) بود. متوسط عیار قند بین ۱۴/۴۶ درصد در تیگریس تا ۱۷/۲۵ درصد در دیتا متغیر بود. عیار قند نسبت به شرایط شاهد به طور متوسط ۸/۰۶ درصد افزایش یافت. در شرایط شاهد، ژنوتیپ‌ها ازنظر افزایش عیار قند تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) داشتند. در مقایسه با شاهد، ژنوتیپ منوژرم متحمل بینابین یعنی پروگرس بالاترین مقدار افزایش قند ریشه (۱۲/۲۹ درصد) را از خود نشان داد و کمترین افزایش (۴/۷۹ و ۶/۵۷ درصد) به ترتیب در ژنوتیپ‌های مولتی‌ژرم حساس وائد و تیگریس و ژنوتیپ منوژرم ریفل (۵/۸۵ درصد) مشاهده شد. شاید این امر به خاطر ژرمیته باشد. همچنین معلوم شد که ژنوتیپ‌های منوژرم در مقایسه با ژنوتیپ‌های مولتی‌ژرم، عیار قند بیشتری داشتند.

ضرایب همبستگی ساده

ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج حاکی از همبستگی منفی بین مقدار Na^+ و K^+ در برگ‌ها (r = -0.24) و هم چنین بین مقدار Na^+ و K^+ در ریشه‌ها (r = -0.01) بود. هم در مورد برگ‌ها و هم درمورد ریشه‌ها، همبستگی مثبت بالایی بین Na^+ و Na^+/K^+ و همبستگی منفی بالایی بین K^+ و Na^+/K^+ مشاهده شد که مشابه نتایج عیسی و علی (Eisa and Ali 2001) است. آن‌ها نیز گزارش کردند که این دو یون در برگ‌های چغندرقند بعد از تنش شوری دارای همبستگی خطی منفی بودند. همچنین دریافتند که افزایش تجمع Na^+ و کاهش مقدار K^+ حاکی از نقش بسیار مهم Na^+ در تنظیم پتانسیل اسمزی چغندرقند در شرایط تنش شوری بود.

آنالیز همبستگی حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقدار Na^+ و قندهای محلول در برگ‌ها بود ($p<0.05$ ،$r = 0.32$) که نشان می‌دهد مقدار قندها و Na^+ در شرایط تنش شوری افزایش یافت. می‌توان از این دو شاخص برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل در یک جمعیت چغندرقند بهره برد.

مقدار Na^+ و قندهای محلول ریشه‌ها همبستگی مثبت با هم داشتند ($p<0.05$ ،$r = 0.35$) که نشان می‌دهد مقدار قندها و Na^+ در شرایط تنش شوری افزایش یافت و این دو در تنظیم اسمزی تحت شرایط تنش شوری نقش ایفاء کردند.

جدول ۷ ضرایب همبستگی ساده بین مقدار اسمولیت‌های برگ‌ها و ریشه ژنوتیپ‌های چغندرقند در شرایط نرمال و تنش شوری

پارامترها	برگ‌ها				ریشه			
	Na^+	K^+	Na^+/K^+	قندهای محلول	پارامترها	Na^+	K^+	Na^+/K^+	عیار قند
تحت شرایط نرمال									
Na^+	۱/۰۰				Na^+	۱/۰۰			
K^+	۰/۴۱	۱/۰۰			K^+	۰/۰۷	۱/۰۰		
Na^+/K^+	۰/۳۶	*۰/۶۸	۱/۰۰		Na^+/K^+	**۰/۷۹	*-۰/۵۵	۱/۰۰	
قندهای محلول	-۰/۲۱	-۰/۰۹	-۰/۰۳	۱/۰۰	عیار قند	-۰/۰۲	۰/۱۵	-۰/۱۳	۱/۰۰
تحت شرایط تنش شوری									
Na^+	۱/۰۰				Na^+	۱/۰۰			
K^+	-۰/۲۴	۱/۰۰			K^+	-۰/۰۱	۱/۰۰		
Na^+/K^+	**۰/۷۹	**-۰/۷۸	۱/۰۰		Na^+/K^+	**۰/۸۶	*-۰/۵۱	۱/۰۰	
قندهای محلول	*۰/۳۲	-۰/۲۸	۰/۴۱	۱/۰۰	عیار قند	*۰/۳۵	-۰/۱۵	*۰/۳۸	۱/۰۰

*،**- معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

نتیجه‌گیری

چغندرقند به خوبی قادر است در واکنش به تنش شوری، پتانسیل اسمزی خود را تغییر دهد. این مورد توسط لیندهائر و همکاران (1990) نیز قبلاً گزارش کردند که نمک‌های غیرآلی مانند پتاسیم، سدیم و منیزیم نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌های چغندرقند داشتند درحالی‌که در ریشه، عیار قند در پتانسیل اسمزی نقش مهمتری داشت. یافته‌های محققان فوق با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

ژنوتیپ‌های چغندرقند برای مقابله با مسمومیت Na^+ این عامل را در واکوئل‌های سلول‌های برگ خود جمع می‌کنند و به این ترتیب پتانسیل اسمزی خود را در شرایط تنش شوری تنظیم می‌کنند. به‌علاوه، ژنوتیپ‌های چغندرقند در شرایط مشابه، قندهای بیشتری در برگ‌ها و در ریشه‌های خود جمع می‌کنند تا بتوانند پتانسیل اسمزی را تنظیم کنند. این یافته‌ها مشابه یافته‌های تحقیقی است که بر روی آتریپلکس به عنوان گیاه شورپسند انجام شده است و به تیرهٔ *Chenopodiaceae* تعلق دارد (Glenn et al. 1994).

ازنظر تحمل ژنوتیپ‌ها، متحمل‌ترین ژنوتیپ کاویمرا و غیرمتحمل‌ترین آن‌ها تیگریس بود. این یافته نیز مشابه یافتهٔ عباس و همکاران (Abbas et al. 2010) بود. کاویمرا بالاترین مقدار Na^+ را در برگ‌ها و ریشه‌هایش داشته درحالی‌که تیگریس پایین‌ترین مقدار را داشت.

با توجه به مقدار همبستگی، می‌توان مقدار Na^+ را به عنوان ماده محلول اصلی برای تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌های چغندرقند در شرایط شوری دانست و ماده محلول اصلی پس از آن، قندهای محلول است. به علاوه، هم مقدار سوکروز و هم مقدار Na^+ ریشه‌های چغندرقند را نیز می‌توان به عنوان محلول‌های اصلی برای تنظیم پتانسیل اسمزی در نظر گرفت.

منابع مورد استفاده:

References:

Abbas F, Mohanna A, Al-Lahham G, Al-Jbawi E. 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. 2009. 2-3/8/2009. Proceeding. 34 P.

Abbas F, Mohanna A, Al-Lahham G, Al-Jbawi E, AL-Jasem Z. Evaluation the Response of Some Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Genotypes under Saline Water Irrigation Conditions. Under published in Arab Journal for Dry Environments. ACSAD. 2010.

Abdel-Aziz SM, Reda MMA. Osmotic adjustment for two wheat varieties. Egyptian Journal of Agricultural Researches. 2000. 78: 993-1004.

Abd-El-Motagally FMF. Evaluation of two sugar beet cultivars (*Beta vulgaris* L.) for growth and yield under drought and heat conditions . Phd thesis. Institute of Plant Nutrition University Giessen,Germany. 2004. 143 p.

Al-Lahham G, Sabbouh M, Ibrahim AS. Study the tolerance types of some Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes to salinity stress at early growth stages. Damascus University Journal of Agricultural Sciences. 2006. 22(1): 255-270.

AOAC. *Association of Official Analytical Chemistry Officinal Methods of Analysis*. 17th. Ed, Washington, DC USA. 2000. 2(44): 1- 43.

Ashraf M. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora. 2004. 199: 361-376.

Di Martino C, Delfine S, Pizzuto R, Loreto F, Fuggi A. Free amino acids and glycine betaine in leaf osmoregulation of spinach responding to increasing salt stress. New Phytologist. 2003. 158 (3l): 455–463.

Djilianov D, Georgieva T, Moyankova D, Atanassov A, Shinozaki K, Smeeken SCM, Verma DPS, Murata N. Improved abiotic stress tolerance in plants by accumulation of osmoprotectants- Gene transport approach. 20th Anniversary Agro Bio Institute-Biotechnol. and Biotechnol. Eq. 19/2005. 2005. Special Issue. 63-71.

Eisa Sayed S, Ali SH. Biochemical, Physiological and Morphological Responses of Sugar Beet to Salinization Departments of Agricultural Botany and Biochemistry Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, Egypt. 2001. pp: 1-15.

Flowers TJ. Physiology of halophytes. Plant Soil, 1985. 89: 41-56.

Freitas JBS, Chagas RM, Almeida IMR, Cavalcanti FR, Silveira JAC. Expression of physiological traits related to salt tolerance in two contrasting cowpea cultivars. Document Embrapa Meio-Norte. 2001. 56: 115-118.

Ghoulam C, Foursy A, Fares K. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation of osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Journal of Environment and Experimental Botany. 2002. 47: 39-50.

Glenn EP, Olsen MW, Frye RJ, Moore DW. How much sodium accumulation is necessary for salt tolerance of subspecies of halophyte *Atriplex canescense*? Plant Cell Environ. 1994. 17: 711-719.

Heuer B, Plaut Z. Photosynthesis and osmotic adjustment of two sugar beet cultivar grown under saline conditions. Journal of Experimental Botany. 1981. 40: 437-440.

Katerji N, Van-Hoorn JW, Hamdy A, Mastroili M. 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. 1997. 34: 557-569.

Le Docte A. Commercial determination of sugar in beet root using the Shacks-Le Docte process, Int. Sug. J. 1927. 29: 488-92.[C.F. Sugar Beet Nutrition, April 1972 Applied Science Publishers LTD, London. A.P. Draycott].

Lindhauer MG, Haeder HE, Beringer H. Osmotic potentials and solute concentrations in sugar beet plants cultivated with varying potassium/sodium ratios. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 1990. 153, 25-32.

Pakniyat H, Kazemipour A, Mohammadi GA. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hurdeum vulgare* L.) and wild (*H. spontaneum* C. Koch) barley genotypes from Iran. Iran Agric. Res. 2003. 22: 45-62.

Pakniyat H, Armion M. Sodium and proline accumulation as osmo-regulators in tolerance of sugar beet genotypes to salinity. Pak. Journal of Biological Sciences. 2007. 10: 4081-4086.

Parks GE, Dietrich MA, Schumaker KS. Increase vacuolar Na^+/H^+ exchange activity in *Salicornia bigelovii* Torr. in response to NaCl. Journal of Experimental Botany. 2002. 53: 1055-1065.

Rathert G. Effects of high salinity stress on mineral and carbohydrate metabolism of two cotton varieties. Plant and Soil. 1983. 73, 247-256.

Rengasamy P. World salinization with emphasis on Australia. Journal of Experimental Botany. 2006. 57: 1017–1023.

Rengasamy P. Soil processes affecting crop production in salt affected soils. Functional Plant Biology. 2010. 37: 613–620.

Sadeghian SY, Fazli H, Mohammadian R, Taleghani DF, Mesbah M. Genetic variation for drought stress in sugar beet. Journal of Sugar Research. 2000. 37: 35-77.

Sairam RK, Tyagi A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Journal of Current Science. 2004. 86: 407-421.

Schwarz M, Gale J. Maintenance respiration and carbon balance. Journal of Experimental Botany. 1981. 32: 933-941.

Shabala S, Babourina O, Newman I. Ion-specific mechanisms of osmo-regulation in bean mesophyll cells. Journal of Experimental Botany. 2000. 51: 1243-1253.

Shannon MC. Testing Salt Tolerance Variability Among Tall Wheatgrass Lines . Agronomy Journal. 1977. Vol. 70, 719- 722 .

Spiro RG. Analysis of sugars found in glycoproteins. Methods Enzymol. 1966. 8:3-26.

Subbarao GV, Wheeler RM, Levine LH, Stutte GW. Glycine betaine accumulation, ionic and water relations of red beet at contrasting levels of sodium supply. Journal of Plant Physiology. 2001. 158: 767-776.

Tester M, Davenport R. Na^+ tolerance and N^+ transport in higher plants. Ann. Bot. 2003. 91: 503-527.

Ueda A, Kanechi M, Uno Y, Inagaki N. Photosynthetic limitations of a halophyte sea aster (*Aster tripolium* L.) under water stress and NaCl stress. Journal of Plant Research. 2003. 116: 65-70.

Waller RA, and Duncan DB. A bays rule for the symmetric multiple comparison problem.

American Statistical Association Journal. 1969. 1485-1503 pp.

Warne P, Guy RD, Roltins L, Reid DM. The effect of sodium sulphate and sodium chloride on growth, morphology, photosynthesis and water use efficiency of *Chenopodium rubrum*. Canadian Journal of Botany. 1990. 68: 999-1006.

Zhang JL, Flowers TJ, Wang SM. Mechanisms of sodium uptake by roots of higher plants. Plant and Soil. 2010. 326: 45–60.

Zhu JK. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 2001. 6: 66–71.