بررسی تغییرات تجمع برخی تنظیم کننده‌های اسمزی معدنی و آلی در ارقام مختلف چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) تحت تنش شوری

نفیسه اسدی نسب*، پیمان حسیبی، حبیب اله روشنفکر و موسی مسکرباشی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۵)

چکیده

این آزمایش به منظور مطالعه تنظیم‌کننده‌های اسمزی چغندرقند تحت تنش شوری و تعیین بهترین روش جهت غربال ارقام متحمل و حساس، در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸، در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اجرا شد. تعداد سه رقم چغندرقند (BR۱، جلگه و رسول)، تحت سه سطح شوری از منبع کلریدسدیم (NaCl)، شامل شاهد (صفر)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت (P ≤۰/۰۱). با افزایش شوری، محتوای نسبی آب برگ (RWC) و مقدار پتاسیم کاهش نشان دادند. درصورتی که، صفاتی هم‌چون نفوذپذیری نسبی غشاء (RMP)، محتوای سدیم، پرولین و قندهای محلول در برگ‌های تمام ارقام، افزایش یافتند. ارزیابی تحمل و حساسیت ارقام با استفاده از شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان داد که در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، ارقام رسول، BR۱ و جلگه به ترتیب متحمل، نیمه‌متحمل و حساس بودند. با توجه به نتایج هم‌بستگی صفات وزن خشک ریشه دارای بیشترین هم‌بستگی معنی‌دار با شاخص حساسیت به تنش بوده بنابراین در شرایط تنش شوری، وزن خشک ریشه در مرحله گیاهچه‌ای می‌تواند به عنوان معیار مناسبی جهت انتخاب ارقام متحمل مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، چغندرقند، محتوای نسبی آب برگ، نسبت پتاسیم به سدیم، نفوذپذیری نسبی غشا.

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nafisehasadi@gmail.com

مقدمه

شوری یکی از بازدارنده‌های مهم مؤثر بر عملکرد گیاهان در نواحی خشک و نیمه خشک است. گیاهان در شرایط تنش شوری مکانیزم‌های پیچیده‌ای را به منظور سازگاری با تنش اسمزی و یونی به کار می‌گیرند. یکی از این مکانیزم‌ها، تنظیم اسمزی توسط تجمع مواد محلول مانند گلایسین بتائین و پرولین می‌باشد (۷ و۳۲). در شرایط تنش، کاهش سمیت یون‌ها در سیتوپلاسم، از طریق جلوگیری از جریان سدیم یا تجمع آنها در واکوئل صورت می‌گیرد (۶ و۱۱). تنظیم اسمزی سیتوپلاسمی در گیاهان عالی از طریق تجمع مواد آلی مختلف مثل گلایسین، بتائین، پرولین، قندها و سایر مواد تنظیم‌کننده اسمزی انجام می‌شود که سبب افزایش فشار اسمزی سیتوپلاسمی می‌شوند (۱، ۲۹، ۳۱ و۳۳). اگرچه سدیم جزء عناصر ضروری برای رشد گیاه به شمار نمی‌رود، ولی وجود آن در شرایطی که شوری خاک کمتر از آستانه کاهش عملکرد باشد، برای رشد برخی گیاهان مفید است (۱۳).

سدیم در چغندرقند و پنبه می‌تواند جایگزین بیشتر یا همه پتاسیم مورد نیاز شود، که این امر ظاهراً به علت نقش این عنصر در تعادل یونی می‌باشد (۱۸). پتاسیم مشارکت زیادی در کاهش پتانسیل اسمزی در نوک ریشه دارد. این کاهش پتانسیل، پیش‌نیازی برای فشار آماس و نیروی رانش محلول در آوندهای چوبی و تعادل آبی گیاهان محسوب می‌شود (۱۹). رنجی و پرویزی (۲۴) بیان داشتند که سدیم یک عنصر ضروری برای گیاه نیست و مقدار زیاد آن در گیاه باعث مسمومیت سلول می‌شود. سایرام و تیاجی (۲۷) بیان کردند که در موجودات زنده از باکتری‌ها تا گیاهان پیشرفته، ارتباطی قوی بین افزایش سطوح پرولین و کمبود آب ناشی از شوری محیط وجود دارد. خاوری نژاد و همکاران (۱۷) عنوان کردند که در غلظت ۲۵ میلی‌مولار کلریدسدیم، میزان قندهای محلول در برگ‌های واریته‌های ET_5 و C_{3-3} چغندرقند در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی دار داشت. ندجیمی و داوود (۲۱) اثر منبع شوری سولفات‌سدیم را بر رشد و تجمع پرولین و برخی از دیگر پارامترها در *Atriplex halimus* مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند شوری وزن تر، وزن خشک و محتوای نسبی آب بافت را کاهش و محتوای پرولین و قندهای محلول را افزایش داد. غلام و همکاران (۱۰) بیان کردند که غلظت‌های بالای کلریدسدیم باعث افزایش تراوش مواد محلول در برگ چغندرقند گردید. کاهش هدایت روزنه‌ای در واکنش به کمبود آب، منجر به بهبود کارایی مصرف آب می‌شود (۲۵). ویت‌کاسکی و لامونت (۳۰) عنوان کردند گیاهان با کاهش سطح برگ تحت تنش شوری، مانع از دست دادن آب می‌شود. بهمرام (۵) در بررسی تنش خشکی در ارقام بهاره گندم بیان کرد که یکی از روش‌ها برای اندازه‌گیری مقاومت ارقام به تنش خشکی، ارزیابی شاخص حساسیت به تنش می‌باشد. تنش شوری مشکلی بزرگ در کشاورزی، به ویژه کشت‌های آبی می‌باشد.

با توجه به این‌که بخش وسیعی از اراضی کشاورزی کشور دارای شوری بالاتر از حد تحمل برای بسیاری از گیاهان زراعی است و از سوی دیگر استمرار پدیده خشک‌سالی، گرم شدن جهانی و افزایش پدیده گرد و غبار به غلظت املاح شوری در خاک‌های زراعی می‌افزاید، با استفاده از شیوه‌های معمول و رایج کشت، بهره برداری بهینه و اقتصادی در دراز مدت از این اراضی امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرفی مدیریت اراضی شور از طریق زهکشی و استفاده از آبیاری پیشرفته اغلب هزینه هنگفتی را طلب می‌نماید، لیکن استفاده از ارقام متحمل به شوری یکی از راه‌های بسیار موثر اقتصادی زراعت در اراضی با شوری متوسط است. در نتیجه برای تهیه ارقام متحمل به شوری نخستین گام، ارزیابی منابع ژنتیکی در دسترس می‌باشد. بدین منظور پژوهش حاضر به منظور مطالعه برخی تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک چغندرقند، تغییرات برخی تنظیم‌کننده‌های اسمزی (آلی و معدنی) و هم‌چنین تعیین روشی مناسب جهت غربال ژنوتیپ‌های متحمل و حساس این گیاه تحت تنش شوری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش سه رقم مختلف چغندرقند شامل BR_1 (مولتی ژرم)، جلگه و رسول (منوژرم)، تهیه شده از مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، تحت سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) از منبع شوری کلریدسدیم (مارک MERK، ساخت کشور آلمان) قرار گرفتند. این طرح به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی متعادل با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با متوسط دما و رطوبت به ترتیب ۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۳۷٪، در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. در این آزمایش برای هر تیمار شش گلدان و در مجموع تعداد ۱۶۲ گلدان در نظر گرفته شد. کشت در گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۴۱/۵ و قطر ۳۳ سانتی‌متر صورت گرفت. پس از تهیه خاک (جدول۱) گلدان‌ها (ترکیبی از خاک مزرعه، ماسه بادی و کود حیوانی به نسبت ۵:۱:۱) و کاربرد کودهای (اوره، فسفات‌آمونیوم و سولفات‌پتاسیم هر یک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، در هر گلدان ۱۰ بذر کشت گردید (اسفندماه ۱۳۸۹). در مرحله چهار برگی عمل تنک انجام شد و تعداد گیاهچه‌ها به پنج گیاه در هر گلدان کاهش یافت. شوری ۳۵ روز پس از کاشت اعمال شد (۸-۶ برگ حقیقی) و تا ۹۰ روز پس از کاشت ادامه یافت (۱۰). به منظور اجتناب از تجمع املاح افزایش سطح شوری به صورت پلکانی و با اعمال شوری ۵۰ میلی‌مولار صورت گرفت تا به سطح تیمار مورد نظر رسید.

نمونه‌برداری‌ها از پنج روز پس از اعمال تنش آغاز گردید و تا ۹۰ روز پس از کاشت ادامه یافت. صفاتی هم‌چون محتوای نسبی آب برگ (RWC)(Relative Water Content) و نفوذپذیری نسبی غشا ((Relative Membrance Permeability (RMP) از برگ گیاه، هفته‌ای یک‌بار (در مجموع هشت مرحله) و وزن خشک اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، تعداد برگ، محتوای پرولین (Proline)، سدیم، پتاسیم و کل قندهای محلول برگ(Total Soluble Sugar) و شاخص حساسیت به تنش (SSI)(Salinity Susceptibility Index) با استفاده از ماده خشک ریشه، در ۹۰ روز پس از کاشت مورد ارزیابی واقع شدند. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی، در مرحله گیاهچه‌ای نمونه‌های تازه گیاهی (پنج گیاه) از هر تیمار برداشت و با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰°c+ قرار گرفته و پس از آن دوباره توزین و سپس وزن تک بوته محاسبه شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه Leaf Area Meter (مارک ΔT، ساخت کشور انگلستان)، برگ‌های پنج نمونه گیاهی از هر تیمار جدا شده و سپس میانگین سطح برگ تک بوته محاسبه شد. ارزیابی محتوای نسبی آب برگ با استفاده از آخرین برگ توسعه یافته به روش ریچی و همکاران (۲۶) با استفاده از فرمول زیر صورت گرفت:

$$RWC = (W_f - W_d)/(W_t - W_d) \times 100٪$$

که در این فرمول:

W_f= وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، W_d= وزن خشک برگ پس از قرار گرفتن در آون و W_t= وزن اشباع برگ پس از قرار گرفتن به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر، بودند.

با هدف اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشاء، روش ژائو و همکاران (۳۴) مورد استفاده قرار گرفت. به این صورت که قطعات برگ (آخرین برگ توسعه یافته) به اندازه یک سانتی‌مترمربع جدا شده و در فالکون‌های حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۰/۸ گرم وزن تازه برگ) قرار گرفتند. پس از ۳۰ ثانیه ورتکس نمونه‌ها هدایت الکتریکی (EC_0) هر نمونه با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴°c+ نگهداری و پس از آن هدایت الکتریکی (EC_1) اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها ۱۵ دقیقه در اتوکلاو (۱۱۰°c+) قرار داده شد و پس از خنک شدن در دمای اتاق، مجدداً هدایت الکتریکی آنها (EC_2) اندازه‌گیری شد. نفوذپذیری نسبی غشاء با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{Relative Membrance Permeability } (\%) = ((EC_1-EC_0)/(EC_2-EC_0)) \times 100$$

اندازه‌گیری محتوای سدیم و پتاسیم برگ به روش هامادا و النای (۱۲) با استفاده از ماده خشک گیاهی از طریق واکنش با اسیداستیک گلایسیال توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (مارک JENWAY، ساخت کشور انگلستان) صورت گرفت. میزان پرولین موجود در برگ با استفاده از ماده خشک گیاهی بر اساس واکنش با معرف ناین‌هیدرین و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مارک Ionic، ساخت کشور آمریکا) در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد (۴). هم‌چنین اندازه‌گیری میزان کل قندهای محلول برگ با استفاده از ماده خشک گیاهی به روش فنل اسیدسولفوریک توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مارک Ionic، ساخت کشور آمریکا) در طول موج ۴۸۵ نانومتر صورت گرفت (۲۸).

برای ارزیابی شاخص حساسیت به تنش با استفاده از روش فیشر و مائورر (۹) از فرمول زیر استفاده شد:

SSI=1-(ys/yp)/Si Si=1-(Ys/Yp)

که دراین فرمول: SSI= شاخص حساسیت به تنش، Si= شدت سختی محیط، yp= میانگین ماده خشک ریشه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، ys= میانگین ماده خشک ریشه هر ژنوتیپ در محیط تنش، Yp= میانگین ماده خشک ریشه کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و Ys= میانگین ماده خشک ریشه کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش است. هرچه میزان شاخص حساسیت به تنش در رقم پایین‌تر باشد، نشان گر متحمل بودن آن رقم به شرایط تنش می‌باشد و به طور کلی: SSI =۰-۰/۵ متحمل، SSI = ۰/۵-۱ نیمه‌متحمل، SSI =۱-۱/۵ نیمه‌حساس و SSI=۱/۵-۲/۵ حساس در نظر گرفته شد (۹).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری MSTATC (تجزیه واریانس) و SPSS (هم‌بستگی صفات) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و به منظور مقایسه میانگین صفات، از خطای استاندارد میانگین (SE) استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص حساسیت به تنش

شاخص حساسیت به تنش برای وزن خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول۲) و ژنوتیپ‌های متحمل و حساس تعیین شدند. در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین میزان شاخص حساسیت به تنش در ژنوتیپ رسول (۰/۴۴) و بیشترین میزان در ژنوتیپ جلگه (۱/۷۰) مشاهده شد (جدول۲). بر اساس شاخص حساسیت به تنش در غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، ارقام رسول و BR_1 به ترتیب در گروه متحمل و نیمه‌متحمل قرار گرفتند. در حالی‌که رقم جلگه در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار، نیمه‌حساس و در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار حساس ارزیابی شد.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

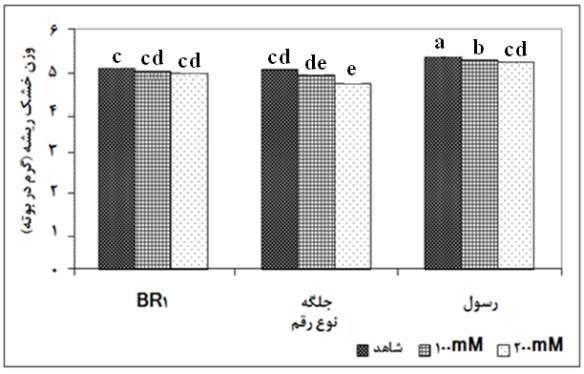
شوری وزن خشک ریشه (شکل ۱) و اندام هوایی (شکل ۲) را کاهش داد. از لحاظ وزن خشک ریشه، اثرات رقم، سطوح شوری (در سطح۱٪) و برهمکنش رقم سطوح شوری (در سطح ۵٪) اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳). هم‌چنین از لحاظ وزن خشک اندام هوایی اثرات سطوح شوری (در سطح ۱٪) و برهمکنش رقم و سطوح شوری (در سطح ۵٪) معنی‌دار شدند. رقم رسول کمترین کاهش در وزن خشک ریشه و اندام هوایی (به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۹ گرم کاهش ماده خشک ریشه و اندام هوایی نسبت به شاهد) را با افزایش شوری نشان داد (شکل‌های ۱ و ۲). در حالی‌که وزن خشک ریشه و اندام هوایی در رقم جلگه بیشتر تحت تأثیر شوری قرار گرفت (۰/۳۴ و ۱/۵۴ گرم کاهش نسبت به شاهد). در غلظت شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیشترین و کمترین میزان‌های وزن خشک ریشه (به ترتیب ۵/۱۸ و ۴/۶۵ گرم بر بوته) و اندام هوایی (به ترتیب ۱۶/۰۴ و ۱۵/۴۳ گرم بر بوته) در ارقام رسول و جلگه به دست آمد. در مطالعه حاضر کاهش وزن خشک اندام هوایی (۴/۵۱٪) طی تنش شوری بیشتر از وزن خشک ریشه (۳/۷۲٪) بود (شکل‌های ۱و۲). یکی از تأثیرات مضر شوری بر رشد گیاهان، اختلال در فراهمی

جدول ۱. نتایج آزمون خاک

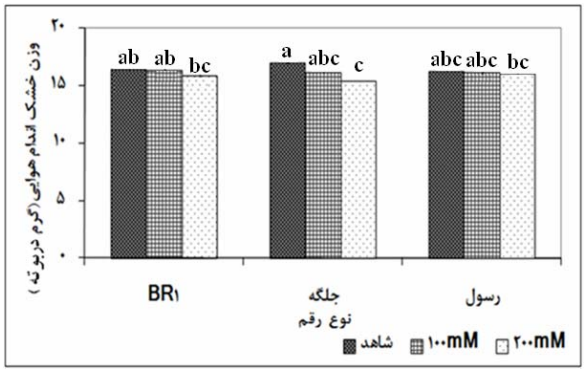
مواد آلی (درصد)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (میلی گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۲/۵۶	۴۱	۲۴۴	۶۳	۸/۰۴	۱/۴۰

جدول۲. ارزیابی تحمل و حساسیت نسبت به تنش شوری سه ژنوتیپ چغندرقند بر اساس شاخص حساسیت به تنش با استفاده از ماده خشک ریشه

شاخص حساسیت به تنش	۱۰۰ میلی مولار	۲۰۰ میلی مولار	حساسیت در ۱۰۰ میلی‌مولار	حساسیت در ۲۰۰ میلی مولار
۱BR	۰/۶۸	۰/۵۶	نیمه متحمل	نیمه متحمل
جلگه	۱/۲۴	۱/۷۰	نیمه حساس	حساس
رسول	۰/۴۱	۰/۴۴	متحمل	متحمل



شکل ۱. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر میانگین وزن خشک ریشه سه رقم تجاری چغندرقند



شکل ۲. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر میانگین وزن خشک اندام هوایی سه رقم تجاری چغندرقند

حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می باشند.

جدول ۳. میانگین مربعات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ و محتوای نسبی آب برگ سه ژنوتیپ چغندرقند در شرایط اعمال تیمار شوری

	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	سطح برگ	تعداد برگ	محتوای نسبی آب برگ
بلوک	۲	۰/۰۱^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۲۲۱۶/۹۹^{ns}	۱/۳۷^{ns}	۱۰/۶۶^{ns}
رقم	۲	۰/۱۷**	۰/۰۱^{ns}	۵۷/۹۹^{ns}	۳/۳۷**	۹۲۴/۷۳**
سطوح شوری	۲	۰/۱۱**	۱/۳۱**	۳۰۸۱/۲۴**	۳/۵۹**	۱۲۰۱/۳۹**
رقم × سطوح شوری	۴	۰/۰۱*	۰/۳۸*	۱۶۷/۵۴^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۲۲۵/۵۷**
خطا	۱۶	۰/۰۰	۰/۱۲	۳۶۸/۲۸	۰/۴۹	۳۴/۴۱

* و **: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns: فاقد اختلاف معنی دار

اسمیلات‌های فتوسنتزی می‌باشد. هم‌چنین کاهش در وزن خشک ریشه گیاه می‌تواند به دلیل اختلال در جذب موادغذایی لازم برای رشد به دلیل کاهش توسعه سیستم ریشه‌ای صورت گیرد. تغذیه عناصر معدنی گیاه متأثر از شوری بوده و در اثر شوری جذب انتخابی یون‌ها توسط ریشه مختل می‌شود، همین‌طور تغییراتی از نظر جذب عناصر معدنی توسط اندام هوایی و ریشه حاصل شده و میزان انتقال مواد درون گیاه کاهش می‌یابد. از طرف دیگر تجمع یون‌هایی که ممکن است در متابولیسم اختلال ایجاد کنند، افزایش می‌یابد. چنین یافته‌هایی در نتایج مطالعات غلام و همکاران (۱۰) و جمیل و همکاران (۱۴) نیز مشاهده شد. در بین ارقام مورد آزمایش در شرایط تنش، ارقام رسول و BR_1 نسبت به رقم جلگه وزن خشک بیشتری تولید نمودند.

سطح برگ و تعداد برگ

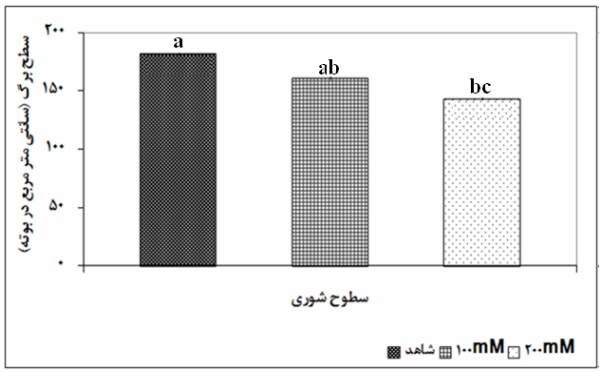
سطح برگ در شرایط تنش در مقایسه با شاهد کاهش یافت (شکل ۳). اگرچه از لحاظ سطح برگ اثر سطوح شوری در سطح ۱٪ معنی دار شد، اما اثر رقم و برهمکنش رقم و سطوح شوری معنی‌دار نشد (جدول ۳). اثرات رقم و هم‌چنین سطوح شوری بر تعداد برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود، ولی اختلاف برهمکنش رقم و سطوح شوری معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج نشان داد که شوری از توسعه برگ ممانعت نموده و سطح برگ بیشتر از تعداد برگ از تنش شوری متأثر گردید (شکل‌های ۳و۴). اثر شوری بر سطح برگ (۲۱/۷۲٪ کاهش) بیشتر از اثر آن بر ماده خشک برگ (۴/۵۱٪ کاهش) بود (شکل‌های ۲و۳)، چنین وضعیتی ممکن است ناشی از کاهش رشد و توسعه سلول‌های برگ در اثر تجمع نمک در برگ، کاهش انرژی مفید فتوسنتزی در رشد اندام‌ها، افزایش تنفس و یا انتقال ضعیف مواد غذایی مؤثر در رشد برگ‌ها از ریشه باشد. در رقم متحمل رسول، عدم کاهش تعداد برگ به منزله تسهیم املاح مضر جذب شده بین اندام‌های برگی و کاهش اثر سمیت این املاح می‌باشد. نتایج به دست آمده در مطالعات جمیل و همکاران (۱۴) و غلام و همکاران (۱۰) نیز موید چنین پاسخ‌هایی می‌باشد.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

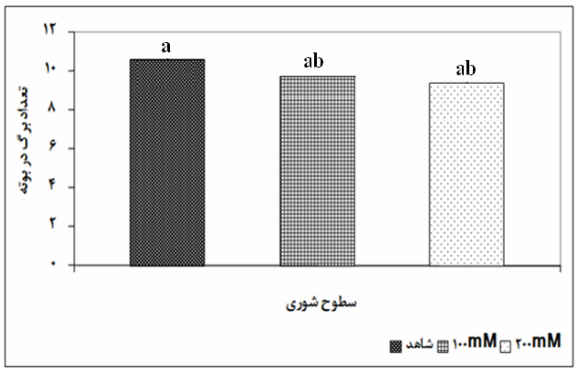
محتوای نسبی آب برگ با افزایش سطوح شوری در مقایسه با شاهد کاهش معنی دار ($P\leq ۰/۰۱$) نشان داد (شکل ۵). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم ارقام BR_1 و جلگه با میزان‌های ۶۱/۶۱ و ۳۴/۹۰ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ را نشان دادند. کاهش محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد در رقم جلگه (۵۳/۳۸٪ کاهش) نسبت به سایر ارقام شدیدتر بود، که حساسیت بیشتر این رقم را به شوری نشان داد. بیشتر بودن محتوای نسبی آب برگ در رقم BR_1 در تمامی سطوح شوری نسبت به سایر ارقام موید حفظ بهتر رطوبت برگ‌های این رقم جهت حفظ فعالیت‌های حیاتی گیاه بوده که در نتیجه منجر به کاهش کمتر سطح برگ (به عنوان منبع عمده فتوسنتزکننده) و تجمع ماده خشک در این رقم گردیده است. کاهش در محتوای نسبی آب برگ به دلیل خشکی فیزیولوژیک در نتیجه‌ی تنش شوری، کاهش در فشار آماس و در نتیجه محدود شدن کارایی مصرف آب برای فرآیند توسعه سلولی گردید (۱۶). از سویی دیگر سطوح شوری بالا موجب ممانعت از توسعه ریشه شده و این امر ظرفیت جذب آب توسط گیاه را کاهش داده است. توانایی حفظ فشار آماس در گیاه یکی از واکنش‌های گیاه جهت سازگاری به شوری می‌باشد. این نتایج در آزمایش معاونی و همکاران (۲۰) نیز دیده شد. در صورتی‌که جمیل و همکاران (۱۴) عنوان کردند که با افزایش غلظت شوری، محتوای نسبی آب برگ تغییری پیدا نکرد.

نفوذپذیری نسبی غشا (RMP)

کمترین مقدار نفوذپذیری نسبی غشاء سلولی برگ در شرایط شاهد دیده شد (شکل۶). حضور کلریدسدیم در محیط ریشه نفوذپذیری نسبی غشا را در مقایسه با شاهد به طور

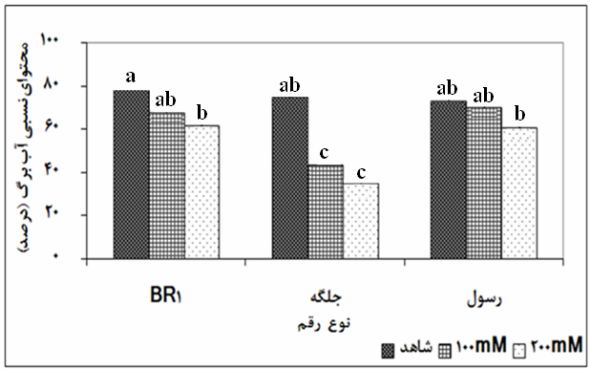


شکل ۳. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر سطح برگ سه رقم تجاری چغندرقند

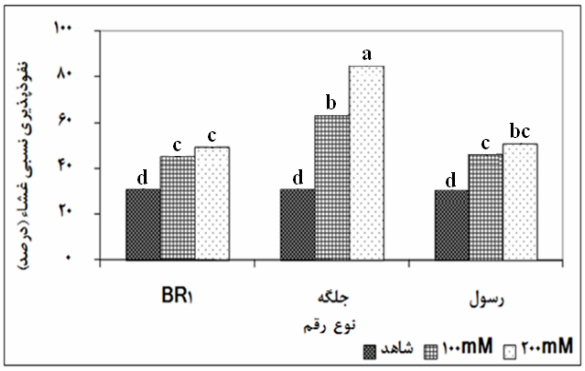


شکل ۴. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر تعداد برگ در هر بوته سه رقم تجاری چغندرقند

حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می باشند.



شکل ۵. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر محتوای نسبی آب برگ سه رقم تجاری چغندرقند



شکل ۶. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر نفوذپذیری نسبی غشاء برگ سه رقم تجاری چغندرقند

حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد فاقد اختلاف آماری معنی دار می باشند.

معنی‌دار افزایش داد. در این آزمایش اثرات رقم، شوری و برهمکنش رقم و شوری بر نفوذپذیری نسبی غشا در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم ارقام BR۱ و جلگه به ترتیب با میزان‌های ۴۹/۱۲ و ۸۴/۶۴ درصد، کمترین و بیشترین نفوذپذیری نسبی غشا را نشان دادند (شکل ۶). بالا رفتن نفوذپذیری نسبی غشا پلاسمایی سلول‌های برگ به معنای از دست رفتن قدرت انتخابی غشاء سلولی در برابر یون‌ها و در نتیجه تجمع بیشتر املاح مضر جذب شده در بافت‌های برگی است، که خود منجر به کاهش بیشتر فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه می‌گردد (۱۵). در شرایط تنش شوری گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر (Reactive Oxygen Species (ROS)) در سلول افزایش یافته و با اسیدهای چرب غیراشباع در غشای پلاسمایی سلول واکنش داده و موجب پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غشا شده و در نتیجه غشای سلولی خاصیت انتخابی خود را از دست داده و محتویات سلولی به بیرون نشت می‌کند (نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد). اگرچه گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر در شرایط نرمال از طریق تنفس نوری و بتااکسیداسیون اسیدهای چرب تولید می‌شوند، ولی درشرایط تنش شوری مقدار آنها در سلول افزایش می‌یابد (۳۱). روند افزایش نفوذپذیری غشا در همه ارقام با افزایش میزان شوری اتفاق افتاد، ولی رقم BR۱ در همه سطوح افزایش کمتری را نشان داد که می‌تواند به توانایی

جدول ۴. میانگین مربعات نفوذپذیری نسبی غشاء، مقادیر پتاسیم، سدیم، پرولین و قندهای محلول سه ژنوتیپ چغندرقند در شرایط اعمال تیمار شوری

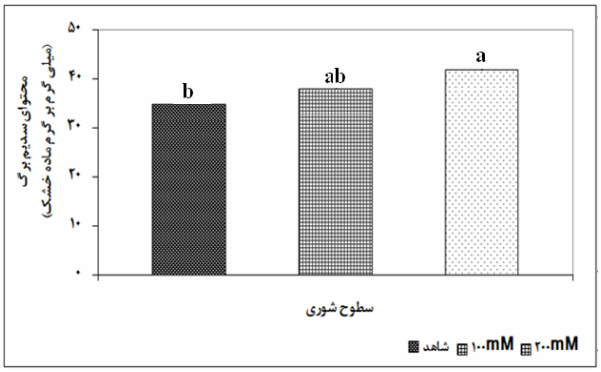
	درجه آزادی	نفوذپذیری نسبی غشا	پتاسیم	سدیم	نسبت پتاسیم به سدیم	پرولین	میزان کل قندهای محلول
بلوک	۲	۱۲/۲۹^{ns}	۰/۹۵^{ns}	۳/۹۸^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۸/۳۷^{ns}	۱/۰۰^{ns}
رقم	۲	۷۳۷/۱۲**	۲۱/۱۷**	۸/۲۵^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۳۶۹/۴۷**	۱۵۳۲/۴۷**
سطوح شوری	۲	۱۹۲۹/۷۲**	۷۰/۷۷**	۱۰۹/۶۲**	۰/۴۱**	۱۳۲۴۲/۲۵**	۴۴۵/۸۵**
رقم × سطوح شوری	۴	۶۲۵/۸۶**	۱۰/۶۹**	۷/۵۵^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۴۱۱۵/۶۹**	۳۷/۰۴^{ns}
خطا	۱۶	۲۹/۸۳	۰/۹۶	۳/۲۱	۰/۰۱	۱۶/۶۰	۱۵/۵۰

*و **: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns : فاقد اختلاف معنی دار

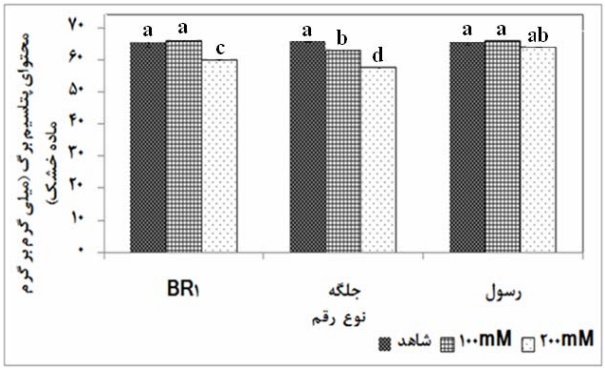
ژنتیکی این رقم در تحمل شوری و کاهش در تولید اکسیژن فعال و ممانعت از افزایش غلظت یون‌های سمی در سیتوپلاسم در شرایط تنش مربوط باشد. غلام و همکاران (۱۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

محتوای سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم

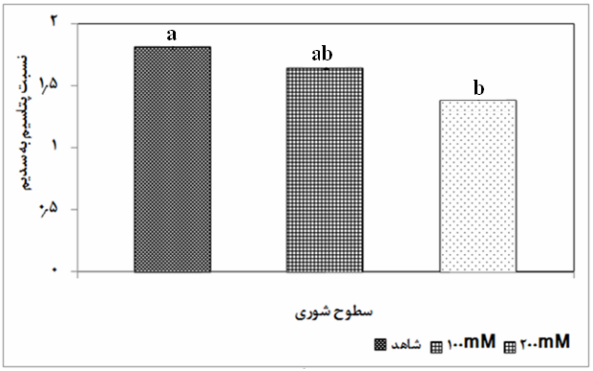
تیمارهای شوری موجب افزایش تجمع سدیم در اندام هوایی گردیدند (شکل ۷)، در صورتی که با افزایش سطح شوری مقدار پتاسیم کاهش نشان داد (شکل ۸). با توجه به جدول تجزیه واریانس، سطوح مختلف شوری برای این دو صفت در سطح ۱٪ اثرات معنی‌دار داشتند (جدول ۴). از لحاظ پتاسیم اثرات رقم، شوری و برهمکنش آنها (در سطح ۱٪) معنی‌دار شد (جدول ۴). مقدار پتاسیم نیز در هر سه رقم با افزایش سطوح شوری کاهش نشان داد (شکل ۸). در سطح شوری ۲۰۰ میلی-مولار مقدار پتاسیم در دو رقم BR_1 و رسول بیشتر از رقم جلگه بود. بیشترین و کمترین میزان پتاسیم به ترتیب ۶۳/۹۴ و ۵۷/۴۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم در ارقام رسول و جلگه به دست آمد. با توجه به جدول تجزیه واریانس به لحاظ نسبت پتاسیم به سدیم تنها اثر سطوح شوری در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد. با افزایش سطح شوری، نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافت (شکل ۹). به نظر می‌رسد که چغندرقند با افزایش مقدار سدیم در ارقام متحمل منجر به کاهش پتانسیل اسمزی سلول شده (۲۲) و از این طریق جذب رطوبت از محیط ریشه را افزایش داده است. هم‌چنین افزایش سدیم علاوه بر تنظیم‌کنندگی پتانسیل اسمزی، با انتقال سدیم از سیتوپلاسم به واکوئل مقدار سدیم در سیتوپلاسم را کاهش داده است (۱۰). سدیم در سیتوپلاسم موجب ایجاد سمیت و افزایش گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر می‌شود. از مهم‌ترین آثار افزایش شوری در محیط خاک، افزایش غلظت سدیم در داخل گیاه می‌باشد. سدیم در محیط خارج از ریشه و هم‌چنین در داخل گیاه بیشترین تغییرات را در تغذیه معدنی گیاه به وجود می‌آورد (۱۶). پتاسیم یک عنصر مورد نیاز در تغذیه گیاهی است که برای حفظ تمامیت غشاء و فعالیت آنزیمی در سیتوپلاسم مورد نیاز است. کمبود پتاسیم می‌تواند به دلیل کمبود آن در محیط ریشه و یا کاهش جذب آن توسط سلول‌های ریشه در اثر رقابت با سدیم در شرایط شور باشد. عامل مهم دیگر در کاهش جذب پتاسیم، اثرات آنتاگونیستیکی سدیم و کلسیم بر پتاسیم است (۱۳). سدیم موجب کاهش جذب پتاسیم و کاهش رشد و عملکرد در گیاهان می‌گردد. در حالی‌که در چغندرقند، سدیم می‌تواند جایگزین پتاسیم شود. رقم جلگه کمترین مقدار پتاسیم در اندام هوایی را به خود اختصاص داد (شکل ۸). در پژوهش حاضر رقم متحمل رسول توانست، نسبت بالایی از پتاسیم به سدیم را در سیتوپلاسم حفظ کند. در رقم رسول مقادیر پتاسیم در دو



شکل ۷ . تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر محتوای سدیم برگ سه رقم تجاری چغندرقند



شکل ۸. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر محتوای پتاسیم برگ سه رقم تجاری چغندرقند



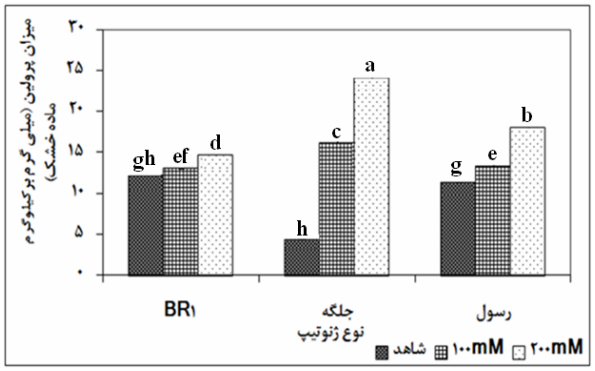
شکل ۹. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ سه رقم تجاری چغندرقند

حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد فاقد اختلاف آماری معنی دار می باشند.

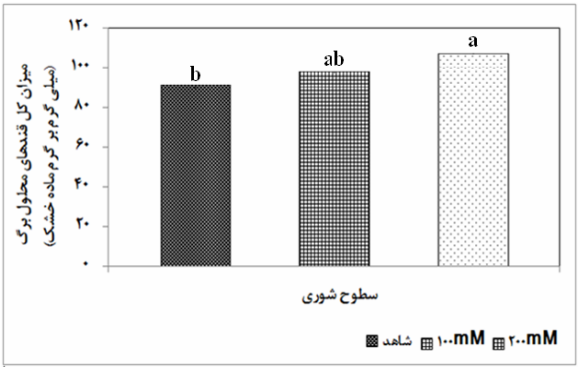
سطح شوری با شاهد تفاوت چشمگیری را نشان ندادند، در حالی‌که در رقم جلگه این کاهش بیشتر بود. هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال انتخابی مواد که در اثر نامناسب بودن شرایط شیمیایی محیط خاک ایجاد شود، می‌تواند از طریق فراهم شدن نسبت نامناسب پتاسیم به سدیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه تأثیر منفی بگذارد. به نظر می‌رسد در گیاهان متحمل به شوری، جذب پتاسیم حتی در شوری‌های زیاد ادامه یافته است. پاکنیت و آرمیون (۲۲) و دادخواه و گریفیتز (۸) نیز نتایج مشابهی را عنوان کردند.

پرولین

پرولین با افزایش سطوح شوری افزایش معنی‌داری یافت (شکل ۱۰). از لحاظ اسیدآمینه پرولین اثر رقم، سطوح شوری و برهمکنش رقم و سطوح شوری در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم ارقام جلگه و BR۱ با میزان‌های ۲۴/۱۵ و ۱۴/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پرولین را نشان دادند (شکل ۱۰). مقایسه میزان پرولین در ارقام متحمل و حساس نشان داد که رقم حساس سطح بیشتری از تجمع پرولین را داشت. پرولین در زمان تنش شوری علاوه بر از بین بردن رادیکال‌های آزاد (۲)، موجب تثبیت غشاءهای فسفولیپیدی نیز می‌شود (۳). به نظر می‌رسد که در ارقام متحمل میزان تجمع یون‌های سمی در سیتوپلاسم به حدی نرسیده که موجب افزایش زیاد، در میزان پرولین گردد. در حالی‌که رقم حساس به



شکل ۱۰. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر محتوای پرولین سه رقم تجاری چغندرقند



شکل ۱۱. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر میزان کل قندهای محلول برگ سه رقم تجاری چغندرقند

حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد فاقد اختلاف آماری معنی دار می باشند.

دلیل عدم توانایی مدیریت یون‌های سمی (تقسیم‌بندی در واکوئل) موجب افزایش مقدار یون‌ها در سیتوپلاسم شده و سلول‌ها جهت حفاظت از خود و جهت مقابله با یون‌های سمی و پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غشا و آسیب‌های سلولی ناچار به افزایش پرولین شده‌اند. اگرچه نتایج این آزمایش با گزارشات ندجیمی و داوود (۲۱) و پاک نیت و آرمیون (۲۲) مطابقت داشت، ولی رنجی (۲۳) گزارش نمود که در محیط‌های غیر کنترل‌شده مانند مزرعه شور و معمولی تفاوت معنی‌داری بین رگه‌ها از نظر مقدار پرولین به چشم نمی‌خورد (البته در پنج ساعت ابتدای آزمایش تفاوت معنی‌دار وجود داشت).

میزان کل قندهای محلول

در ارقام مورد بررسی با افزایش شوری میزان کل قندهای محلول افزایش نشان داد (شکل ۱۱). در این آزمایش از لحاظ میزان کل قندهای محلول، اثرات رقم و شوری در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، ولی برهمکنش بین رقم و سطوح شوری معنی‌دار به دست نیامد (جدول ۴). گیاهان، تنظیم اسمزی سیتوپلاسمی را از طریق تجمع مواد آلی مختلف هم‌چون قندهای محلول و سایر مواد تنظیم‌کننده اسمزی انجام می‌دهند که موجب افزایش فشار اسمزی ستوپلاسمی می‌گردد (۳۱،۲۹،۱ و۳۳). افزایش قندهای محلول در برگ‌های ارقام متحمل (BR۱ و رسول) بیشتر از رقم حساس (جلگه) دیده شد که این امر بدین مفهوم است که ارقام متحمل با افزایش در قندهای محلول به تنظیم اسمزی بهتر و در نتیجه جذب بیشتر آب پرداخته‌اند. نتایج آزمایش حاضر با نتایج خاوری‌نژاد و همکاران (۱۷) و ندجیمی و داوود (۲۱) مطابقت داشت.

با توجه به نتایج جدول هم‌بستگی صفات (جدول ۵)، در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، عنصر پتاسیم هم‌بستگی منفی و معنی‌داری با نفوذپذیری نسبی غشاء (r=-۰/۸۳**) نشان داد. پتاسیم با حفظ غشا و فعالیت آنزیمی در سیتوپلاسم توانسته، از نشت الکترولیت‌ها ممانعت نماید. در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار هم‌بستگی منفی معنی‌داری بین نسبت پتاسیم به سدیم و کل قندهای محلول (r=-۰/۶۷*) دیده شد. کمبود پتاسیم سنتز نشاسته را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۵). این موضوع نشان داد که به دلیل کاهش سنتز نشاسته (ناشی از کاهش پتاسیم) تجمع قندهای محلول افزایش یافت (جدول۵). در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار (جدول ۶) وزن خشک ریشه هم‌بستگی بالایی با پتاسیم نشان داد (r=۰/۸۷**). این امر ممکن است به این دلیل باشد که پتاسیم با حفظ ساختار غشاء، فعالیت‌های آنزیمی و محتوای نسبی آب برگ، توانست وزن خشک را بهبود بخشد. در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار هم‌بستگی مثبت وزن خشک ریشه و اندام هوایی (r=۰/۹۳**) نشان داد که

جدول ۵. ضرایب هم‌بستگی بین صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ، محتوای نسبی آب برگ، نفوذپذیری نسبی غشاء، پتاسیم، سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، قندهای محلول و پرولین سه ژنوتیپ چغندرقند در شرایط کاربرد ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم.

	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته)	سطح برگ (سانتی متر مربع بر بوته)	تعداد برگ	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	نفوذپذیری نسبی غشاء (درصد)	پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	سدیم (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	نسبت پتاسیم به سدیم	قندهای محلول (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)
وزن خشک اندام هوایی	۰/۰۲ ns										
سطح برگ	۰/۰۱ ns	-۰/۴۹ ns									
تعداد برگ	۰/۵۳ ns	۰/۱۱ ns	۰/۳۳ ns								
محتوای نسبی آب برگ	۰/۶۷ *	۰/۲۸ ns	۰/۰۶ ns	۰/۲۵ ns							
نفوذپذیری نسبی غشاء	-۰/۴۰ ns	۰/۰۷ ns	-۰/۲۴ ns	-۰/۱۷ ns	-۰/۷۰ *						
پتاسیم	۰/۶۴ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۲ ns	۰/۱۹ ns	۰/۸۱**	-۰/۸۳**					
سدیم	۰/۵۳ ns	۰/۳۰ ns	-۰/۱۲ ns	-۰/۰۴ ns	۰/۸۱**	-۰/۷۹ *	۰/۷۹ *				
نسبت پتاسیم به سدیم	۰/۳۶ ns	۰/۴۴ ns	۰/۱۹ ns	۰/۱۷ ns	-۰/۶۶*	۰/۶۱ ns	۰/۵۰ ns	-۰/۹۳**			
قندهای محلول	۰/۸۴**	۰/۲۹ ns	۰/۰۵ ns	۰/۴۳ ns	۰/۹۳**	-۰/۶۹ *	۰/۸۱ **	۰/۸۳**	-۰/۶۷ *		
پرولین	-۰/۵۹ ns	-۰/۶۲ ns	-۰/۰۵ ns	-۰/۳۲ ns	-۰/۷۶ *	۰/۳۵ ns	-۰/۵۰ ns	-۰/۵۰ ns	۰/۳۹ ns	-۰/۷۸ *	
شاخص حساسیت به تنش	-۰/۷۸ *	-۰/۴۳ ns	۰/۰۴ ns	-۰/۳۶ ns	-۰/۶۲ ns	۰/۴۵ ns	-۰/۶۶ ns	-۰/۶۵ ns	۰/۵۰ ns	-۰/۸۳**	۰/۷۷ *

*و **: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns : فاقد اختلاف معنی دار.

به نظر می‌رسد حفظ اندام هوایی (اندام‌های فتوسنتزی گیاه)، از طریق افزایش در توانایی فتوسنتزی گیاه توانست موجب بهبود در وزن خشک ریشه گردد. هم‌چنین نتایج هم‌بستگی صفات در سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم نشان داد که سدیم بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی تأثیر معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری

تیمار شوری بر تمام پارامترهای مورد بررسی موثر بود. بر اساس نتایج حاصل از شاخص حساسیت به تنش ارقام رسول، BR_1 و جلگه به ترتیب ارقام متحمل، نیمه‌متحمل و حساس ارزیابی شدند. رقم متحمل از طریق افزایش در مواد تنظیم‌کننده اسمز (سدیم، پتاسیم، پرولین، قندهای محلول) جذب آب توسط ریشه را بهبود بخشید و از طریق حفظ سطح برگ و توانایی کنترل مواد سمی (از طریق تجمع در واکوئل) توانستند ماده خشک بیشتری را تولید کنند (۹ و۱۵). با توجه به نتایج به دست آمده از هم‌بستگی صفات، وزن خشک ریشه می‌تواند به عنوان ملاکی مناسب جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری چغندرقند در مرحله گیاهچه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت محترم گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز برای کمک در فراهم نمودن امکانات مورد نیاز و هم‌چنین اعضای محترم مؤسسه چغندرقند برای کمک در تهیه بذرهای مورد نیاز، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. Albert, R. and M. Popp. 1977. Chemical composition of halophytes from the Neusieder Lake region in Austria. *Oecologia* 27:157-170.
2. Ashraf, M. and M. R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59: 206-216.
3. Ashraf, M. and T. Mcneilly. 2004. Salinity tolerance in brassica oilseeds. *Plant Sciences* 23(2): 1-18.
4. Bates, I. S., R. P. Waldern and I. D. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
5. Behmaram, R. 2002. Study of drought tolerance in spring-type canola (*Brassica napus*) cultivars. Agricultural Research Center of Golestan, Iran. Application of new technologies and technology transfer and crop improvement for dry areas. Web site: http://www. Icarda. Org / Publication/ 8th-ICDD-AbstractsBook/ Theme10.pdf.
6. Binzel, M. L., F. D. Hess, R. A. Bressan and P. M. Hasegawa. 1988. Intracellular compartmentation of ions in salt adapted tobacco cells. *Plant Physiology* 86: 607–614.
7. Bohnert, H. J., H. Su and B. Shen. 1999. Molecular mechanisms of salinity tolerance. PP. 29–60. *In*: Shinozaki, K., Yamaguchi- Shinozaki, K. (Eds.), Molecular Responses to Cold, Drought, Heat and Salt Stress in Higher Plants. University of Arizona.
8. Dadkhah, A. and H. Grrifiths. 2006. The effect of salinity on growth, inorganic ions and dry matter partitioning in sugar beet cultivars. *Journal of Agricultural science Technology* 8:199-210.
9. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Plant Physiology* 29: 897-912
10. Ghoulam, C., A. Foursy and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 47: 39-50.
11. Hajibagheri, M. A., D. M. Harvey and T. J. Flowers. 1987. Quantitative ion distribution within root cells of salt-sensitive and salt-tolerant maize varieties. *New Phytology* 105: 367–379.
12. Hamada, A. M. and A. E. EL-enany. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum* 36: 75-81.
13. Haydari-Sharifabad, H. 2001. Plant and Salinity. Forests and Rangeland Researches Pub. Tehran, Iran. PP. 199.
14. Jamil, M., R. Shafiqand and E. S. Rha. 2007. Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll

content In sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). *Pakistan Journal of Bottany* 39(3): 753-760.
15. Kafi, M. and A. Mahdavi-Damghani. 2000. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in plants. Iran, Mashhad Univ. Press., Mashhad.
16. Katerji, N., J.W. van Hoorn, A. Hamdy, M. Mastrorilli and E. Mou Karzel. 1997. Osmotic adjustment of sugar beets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Agricultural Water Management* 34: 57–69.
17. Khavari-Nejad, R. A., F. Najafi and S. Khavari-Nejad. 2008. Growth and some physiological parameters of four sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars as affected by salinity. *Pakistan Journal of Biological Siences* 11(10): 1390-1393.
18. Koochaki, A. and GH. Sarmadnia. 1999. Physiology of crop plants. PP. 400. *In*: Gardner, F.P., R. Pearce and R. Mitchell(Eds.), Jahad Daneshgahi Pub., Mashhad.
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
20. Moaveni, P., Z. Ranji and GH. Noormohammadi. 2004. Study of some physiological parameters of organic compounds for identification of salt tolerant and sensitive genotypes in sugar beet. *Iranian Journal of Crop Siences* 6(1): 12-24.
21. Nedjimi, B. and Y. Daoud. 2006. Effect of Na_2SO_4 on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii through in vitro culture. *Annales de Biologia* 28: 35-43.
22. Pakniyat, H. and M. Armion. 2007. Sodium and proline accumulation as osmoregulators in tolerance of sugar beet genotypes to salinity. *Pakistan Journal Botany* 10(22): 4081-4086.
23. Ranji, Z. 1997. Investigation of some agronomic and physiologic characters of salt tolerant sugar beet cultivars. PhD. Thesis, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
24. Ranji, Z. and M. Parvizi. 1996. Selection of salinity tolerant sugar beet genotypes in compare to yield potential and succeptibility coefficient in saline and common soils. *Journal of Sugar Beet* 12(1,2): 19-28.
25. Raschke, K. 1976. How stomata resolve the dilemma of opposing priorities. Philosophical Transaction of the Royal Society of London, 273: 551-560.
26. Ritchie, S. W., H. T. Nguyen and A. S. Halody. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 30:105-111.
27. Sairam, R. K. and A. Tyagi. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science* 86(3): 407-421.
28. Shlegl, H. G. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Plant Science* 41:47-51.
29. Strogonov, B. P. 1964. Physiological basis of salt tolerance of plants. *Basic Life Sciences* 1(8): 283-290.
30. Witkowski, E. T. F. and B. B. Lamont. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* 88: 486-490.
31. Wyn Jones, R. G., R. Storey, R. A. Leigh, N. Ahmad and A. Pollard. 1977. A hypothesis on cytoplasmic osmoregulation. PP. 112. *In*: Marre, E. and O. Ciferri(Eds.), Regulation of Cell Membrane Activities in Plants. Elsevier Pub., Amesterdam.
32. Yeo, A. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany* 49: 915–929.
33. Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1984. Mechanisms of salinity resistance in rice and their role as physiological criteria in plant breeding. PP. 151- 170. *In*: Staples. R.C. and G. H. Toenniessen. Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement, John Wiley Pub., New York
34. Zhao, Y., D. Aspinall and L. G. Paleg. 1991. Protection of membrane integrity in *Medicago sativa* L. by glycinebetaine against the effects of freezing. *Journal of Plant Physiology* 140: 541-543.