



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۵ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۲
صفحه‌های ۷۹-۹۴

مطالعه برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک سه رقم چغندر قند (Beta vulgaris L.) به تنش شوری

نفیسه اسدی‌نسب^{۱*}، پیمان حبیبی^۲، حبیب‌اله روشنفکر^۳، موسی مسکرباشی^۴

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه شهید چمران اهواز
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۴. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۵/۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۷

چکیده

به منظور مطالعه برخی تغییرات فیزیولوژیک چغندر قند تحت تنش شوری، در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹، تعداد سه رقم مولتی ژرم چغندر قند (۱۳۰۳۰، ۲۲۳۹۳ و IC)، در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران، تحت سه سطح شوری از منبع کلرید سدیم، شامل شاهد (صفر)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی مطالعه شدند. بذور در گلدان‌های پلاستیکی کشت شدند و تیمار شوری از ۳۰ روز پس از کاشت، اجرا شد. گیاهان ۶۰ روز پس از اجرای تیمار شوری برداشت و ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اعمال سطوح مختلف شوری، بر تمام صفات ارزیابی شده تأثیر معنی‌دار داشت. نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با افزایش شوری، وزن خشک ریشه، اندام هوایی و همچنین، سطح برگ به‌طور معنی‌دار کاهش یافتند، اما شوری اثر معنی‌دار بر تعداد برگ نداشت. همچنین، با افزایش سطح شوری، کاهش در محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای مشاهده شد. در صورتی که، نفوذپذیری نسبی غشا و محتوای پرولین در برگ‌های تمام ارقام افزایش نشان داد. غلظت‌های زیاد کلرید سدیم موجب کاهش پتانسیل اسمزی شد. افزایش در پرولین نتوانست نشت الکترولیت‌ها را کاهش دهد و موجب بهبود وضعیت آبی گیاه شود، لذا، در گیاه چغندر قند پرولین و نقش آنتی‌اکسیدانی آن نتوانست، محافظت غشاهای پلاسمایی در برابر خسارت ناشی از تنش را فراهم کند. با توجه به نتایج این آزمایش، وزن خشک ریشه در مرحله گیاهچه‌ای، ۹۰ روز پس از کاشت، با تحمل به شوری سه رقم مطالعه شده ارتباط داشته است.

کلیدواژه‌ها: پتانسیل اسمزی، پرولین، شاخص حساسیت به تنش، محتوای نسبی آب، نفوذپذیری نسبی غشا.

۱. مقدمه

چغندر قند از گیاهان متحمل به شوری محسوب می‌شود، در حالی که، در زمان جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه به شوری حساس است [۵]. مشکلات شوری برای گیاهان عالی بر اثر مقدار زیاد نمک‌های سدیم به‌خصوص کلرید سدیم [۱۷] و یا سولفات سدیم [۲۱] است، این منابع شوری در خاک‌های نواحی خشک و ساحلی و منابع آب سطحی و زیرزمینی گسترش یافته‌اند [۱۷]. بعضی محققان در مطالعات خود نشان دادند که در تنش شوری ارقام مقاوم به شوری توانایی چشمگیری در جمع کردن یون‌های معدنی همچون پتاسیم داشتند که این توانایی آن‌ها را قادر به کاهش هر چه بیشتر پتانسیل اسمزی سلول‌ها کرده و در نتیجه باعث جذب آب بیشتر از سلول‌های ریشه و حفظ مقدار آب در بافت‌های تحت تنش شده بود [۲۴]. نتایج برخی آزمایش‌ها نشان داد که شوری موجب تخریب و توقف سنتز پروتئین و کاهش محتوای نسبی آب برگ و عملکرد ریشه و در نهایت، کاهش عملکرد و کاهش تحمل نسبت به شوری در گیاه چغندر قند می‌شود [۲۳]. بیشتر گیاهان زمانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند، با تنظیم اسمزی می‌توانند از کاهش فشار تورژسانس جلوگیری کنند [۱۰]. به دنبال وقوع کمبودهای لحظه‌ای آب و به منظور ایجاد تعادل بین میزان دفع آب از سطح برگ (تعرق) و میزان تأمین آب از راه ریشه گیاهان، با افزایش تولید آبسزیک اسید اقدام به بستن روزنه‌ها می‌کنند که بسته‌شدن روزنه‌ها دسترسی به دی اکسید کربن را محدود می‌کند [۱]. تحقیقات انجام‌شده بر روی گیاهان زراعی مختلف بیانگر این واقعیت است که با افزایش شوری نسبت ساقه به ریشه به‌طور معنی‌دار در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد [۱۳، ۳۱]. کاهش مقدار آب مصرفی در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش قابلیت دسترسی ریشه به آب است. بر اثر کمبود آب خاک ناشی از خشکی و یا

بر اثر تجمع یون‌های اضافی و کاهش پتانسیل آب خاک و ایجاد خشکی فیزیولوژیکی، یا افزایش مقاومت در مسیر جریان آب در داخل گیاه مانند کاهش تعداد آوندها و قطر آوندها [۱۵] و یا افزایش مقاومت روزنه و کاهش تعرق [۲۰] قابلیت دسترسی به آب از طریق ریشه کاهش می‌یابد. در این شرایط گیاهان از ساز و کارهای مختلف برای سازگاری از جمله بستن روزنه‌ها به منظور جلوگیری از تعرق استفاده می‌کنند [۴]. کاهش در هدایت روزنه‌ای با حساسیت به شوری مرتبط است [۲۷]. بعضی محققان بیان کردند که با افزایش شوری، فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای کاهش و محتوای کلروفیل برگ افزایش یافتند [۲]. نتایج برخی مطالعات نشان داد که افزایش غلظت نمک کلرید سدیم در محیط ریشه باعث افزایش نفوذپذیری نسبی غشای برگ شد [۱۶]. افزایش شوری می‌تواند موجب افزایش سدیم و همچنین، افزایش پرولین و گلاسیسین بتائین شود [۲۶]. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات بعضی محققان، ارزیابی تحمل مواد ژنتیکی بر اساس شاخص تحمل به شوری^۱ برای عملکرد ریشه مناسب است [۱۲]. این پژوهش به منظور غربال ارقام چغندر قند و همچنین، مطالعه برخی تغییرات فیزیولوژیک این گیاه تحت تنش شوری صورت گرفت. با توجه به شرایط مناسب آب و هوایی و همچنین، وجود اراضی مناسب در استان خوزستان، کشت چغندر قند در این استان مقرون به صرفه است [۷]. در نتیجه می‌توان با بهره‌برداری صحیح و استفاده از ارقام متحمل به شوری نسبت به توسعه سطح کشت محصولاتی مانند چغندر قند گامی اساسی برای از بین بردن وابستگی به محصول شکر برداشت.

1. Salinity Tolerance Index

۲. مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد سه رقم مختلف چغندرقد (مولتی ژرم) شامل ۱۳۰۳۰ (والد گرده‌افشان، تراپلوئید)، ۲۲۳۹۳ (والد گرده‌افشان، دیپلوئید) و IC (هیبرید، تریپلوئید)، بنا به نظر اعضای محترم هیأت علمی مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه بذر چغندرقد کرج و اعضای محترم مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد و همچنین، به دلیل اطلاعات اندک موجود از صفات فیزیولوژیکی آن‌ها در بررسی‌های انجام‌شده انتخاب و از مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه بذر چغندرقد تهیه شدند. تحت سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) از منبع شوری کلرید سدیم (مارک مرک^۱، ساخت آلمان) قرار گرفتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی متعادل با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. در این آزمایش هر تیمار شامل ۶ گلدان بود و در مجموع تعداد ۱۶۲ گلدان در نظر گرفته شد. کشت در گلدان‌های پلاستیکی منفذدار، به منظور زهکشی آب گلدان‌ها، به ارتفاع ۴۱/۵ و قطر ۳۳ سانتی‌متر انجام شد. پس از تهیه خاک گلدان‌ها و کوددهی (اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم هر یک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار براساس توصیه کودی منطقه، با احتساب مساحت هر گلدان محاسبه و اجرا شد)، در هر گلدان ۱۰ بذر کشت شد. در مرحله ۴ برگگی عمل تنک انجام شد و تعداد گیاهچه‌ها به ۵ گیاه در هر گلدان کاهش یافت. شوری ۳۰ روز پس از کاشت (۶-۴ برگگی) به صورت مخلوط با آب آبیاری، در گلدان‌ها اعمال شد و تا ۹۰ روز پس از کاشت (۱۲ برگگی) ادامه یافت. شوری خاک قبل از اجرای آزمایش از طریق آتشویی خاک گلدان‌ها به ۱/۴۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. برای کنترل هدایت

الکتریکی خاک گلدان، تعداد ۶ گلدان اضافه (بدون گیاه) در نظر گرفته شد که هم‌زمان با گلدان‌های کشت‌شده، تیمارهای شوری در آن‌ها اجرا و هر ۱۰ روز یک‌بار با نمونه‌برداری از خاک گلدان‌های مذکور، هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در صورت بیشتر بودن هدایت الکتریکی خاک این گلدان‌ها از تیمار مورد نظر با استفاده از آب تصفیه‌شده آشویی اجرا شد تا هدایت الکتریکی به میزان تیمار مورد نظر رسید. پس از اعمال تیمارهای شوری، میزان شوری در شرایط اعمال ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در شرایط اعمال ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ۱۶/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. به منظور اجتناب از تجمع املاح، افزایش سطح شوری به صورت پلکانی انجام شد؛ با ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آغاز شد تا به سطح شوری مورد نظر رسید. اندازه‌گیری‌ها ۹۰ روز پس از کاشت (۱۲ برگگی) صورت گرفت. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی، نمونه‌های تازه گیاهی (۵ گیاه) از هر تیمار برداشت شد و سپس، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰°C+ قرار گرفت و پس از آن توزین و سپس، وزن تک بوته محاسبه شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ با دستگاه سنجش سطح برگ^۲ (مارک دلتا تی^۳، ساخت انگلستان)، برگ‌های ۵ نمونه گیاهی از هر تیمار جدا شد و سپس، میانگین سطح برگ تک‌بوته در نظر گرفته شد. به منظور ارزیابی غلظت کلروفیل، با دستگاه سنجش غلظت کلروفیل^۴ (مارک مینولتا^۵، ساخت ژاپن)، ۵ گیاه از هر تیمار در نظر گرفته شد و غلظت کلروفیل آن‌ها با استفاده از دستگاه قرائت شد و، سپس، میانگین محاسبه شد (شایان ذکر است که نمونه‌برداری نباید از روی رگبرگ‌ها انجام شود). هدایت

2. Leaf Area Meter

3. ΔT

4. SPAD 502 Chlorophyll Meter

5. Minolta

1. MERK

عصاره آن گرفته شد. عصاره حاصل با دستگاه اسمومتر (مارک وسکور^۶، ساخت آمریکا) قرائت و عدد حاصل با استفاده از فرمول به مگاپاسکال تبدیل شد:

$$\psi_s = \text{MRIT}$$

در این فرمول ψ_s = پتانسیل اسمزی، M = مولاریته عدد حاصل از اسمومتر تقسیم بر ۱۰۰۰، R = ثابت گازها برابر $0.083143 \text{ J/mol}^\circ\text{C}$ ، ضریب یونیزاسیون برابر ۱ و T = دما بر حسب کالوین هستند [۲۲].

در نهایت، شاخص حساسیت به تنش^۷ با استفاده از فرمول زیر ارزیابی شد [۱۴].

$$\text{SSI} = 1 - (y_s/y_p) / (S_i/S_i) = 1 - (Y_s/Y_p)$$

در این فرمول: SSI = شاخص حساسیت به تنش، S_i = شدت سختی محیط، y_p = میانگین ماده خشک ریشه هر رقم در محیط بدون تنش، y_s = میانگین ماده خشک ریشه هر رقم در محیط تنش، Y_p = میانگین ماده خشک ریشه همه ارقام در محیط بدون تنش و Y_s = میانگین ماده خشک ریشه همه ارقام در محیط تنش است. به طور کلی: $0/5 - \text{SSI} = 0$ متحمل، $1 - \text{SSI} = 0/5$ نیمه متحمل، $1 - \text{SSI} = 1/5$ حساس در نظر گرفته شد [۱۴]. میزان پرولین موجود در برگ با استفاده از ماده خشک گیاهی، براساس واکنش با معرف ناین هیدرین و با دستگاه اسپکتروفتومتر (مارک آیونیک^۸، ساخت آمریکا) در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد [۱۱]. تجزیه و تحلیل‌های آماری با نرم‌افزارهای آماری ام اس تی سی^۹ و سس^{۱۰} و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام شد. مقایسه میانگین صفات، با استفاده از آزمون ال اس دی^{۱۱} و در سطح خطای ۱ درصد محاسبه شد.

روزنه‌ای^۱، با دستگاه پرومتر (مدل ای ال ای^۲، ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ^۳ با استفاده از فرمول زیر به دست آمد:

$$\text{RWC} = (W_f - W_d) / (W_t - W_d) \times 100\%$$

در این فرمول: W_f = وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، W_d = وزن خشک برگ پس از قرارگرفتن در آون و W_t = وزن اشباع برگ پس از قرارگرفتن به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر بودند [۲۸].

با هدف اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشا^۴، روش زیر استفاده شد. به این صورت که قطعات برگ (آخرین برگ توسعه‌یافته) به اندازه ۱ سانتی‌متر مربع جدا شدند و در فالكون‌های 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 دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای 4°C + نگه‌داری و پس از آن هدایت الکتریکی (EC_1) اندازه‌گیری شد. سپس، نمونه‌ها ۱۵ دقیقه در اتوکلاو (110°C) قرار داده شد و پس از خنک‌شدن در دمای اتاق، مجدد هدایت الکتریکی آن‌ها (EC_2) اندازه‌گیری شد. نفوذپذیری نسبی غشا با فرمول زیر محاسبه شد [۳۳]:

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

به منظور اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی برگ^۵ به صورت زیر عمل شد. ابتدا برگ جدا شده از گیاه به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در سردخانه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس، برگ در هاون چینی قرار داده شد و مقداری نیتروژن مایع به آن افزوده و کاملاً خرد شده و

6. WESCOR
7. Salinity Susceptibility Index
8. Ionic
9. MSTATC
10. SPSS
11. LSD

1. Stomatal Conductance
2. ELE
3. Relative Water Content
4. Relative Membrane Permeability
5. ψ_s

جدول ۱. نتایج آزمون خاک

پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته (دسی‌زیمنس بر متر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۲۴۴	۴۱	۶۳	۸/۰۴	۱/۴۰

۳. نتایج و بحث

۱.۳. وزن خشک ریشه و اندام هوایی

تنش شوری، وزن خشک ریشه (شکل ۱) و اندام هوایی (شکل ۲) را به‌طور معنی‌دار کاهش داد. هرچند از لحاظ وزن خشک ریشه، ارقام، سطوح شوری و برهم‌کنش ارقام و سطوح شوری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۲)، از لحاظ وزن خشک اندام هوایی فقط تفاوت سطوح شوری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشت. ارقام ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ به ترتیب کمترین کاهش در وزن خشک اندام هوایی و ریشه را نشان دادند. در حالی که، وزن خشک ریشه و اندام هوایی در رقم IC بیشتر تحت تأثیر شوری قرار گرفت. کاهش در وزن خشک اندام هوایی در رقم ۱۳۰۳۰ معنی‌دار نبود. در غلظت شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیشترین و کمترین میزان‌های وزن خشک ریشه، به ترتیب ۵/۸۳ و ۴/۷۲ گرم بر بوته و اندام هوایی، به ترتیب ۱۷/۰۸ و ۱۴/۹۹ گرم بر بوته، به ترتیب در ارقام ۱۳۰۳۰ و IC به‌دست آمد. کاهش در وزن خشک ریشه گیاه ممکن است به علت اختلال در جذب مواد غذایی لازم برای رشد به دلیل کاهش توسعه سیستم ریشه‌ای باشد. یکی از آثار مضر شوری بر رشد گیاهان، اختلال در فراهمی اسمیلات‌های فتوسنتزی است. در شرایط شوری، گیاه چغندر قند نسبت معینی از انرژی خود را صرف نگه‌داری بافت‌ها می‌کند و باقی‌مانده آن نیز صرف مراحل رویشی از جمله تشکیل شاخساره می‌شود، بنابراین، به‌طور کلی انرژی کمتری برای رشد ریشه اختصاص می‌یابد. چنین یافته‌هایی در نتایج مطالعات دیگر

نیز مشاهده شد [۳۱، ۲۳]. در بین ارقام مورد آزمایش رقم ۱۳۰۳۰ در شرایط تنش شوری نسبت به دو رقم دیگر کاهش کمتری در وزن خشک نشان داد که احتمالاً به دلیل تحمل بیشتر آن نسبت به تنش شوری اعمال شده است.

۲.۳. سطح برگ و تعداد برگ

سطح برگ چغندر قند پس از گذشت دو ماه از زمان اعمال تنش در تمام ارقام در مقایسه با شاهد کاهش یافت (شکل ۳). نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که، ارقام و سطوح شوری در سطح احتمال ۱ درصد دارای تفاوت معنی‌دار بود، ولی برهم‌کنش ارقام و سطوح شوری اختلاف آماری معنی‌دار نشان نداد (جدول ۱). ارقام ۲۲۳۹۳ و IC به ترتیب کمترین و بیشترین میزان کاهش سطح برگ را در سطوح بالای تنش در مقایسه با شاهد نشان دادند. در رقم ۲۲۳۹۳ کاهش در سطح برگ در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود. این رقم توانست سطح برگ خود در سطوح بالای شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) را حفظ کند. در این آزمایش تحت تنش شوری تعداد برگ در گیاه در مقایسه با شاهد کاهش یافت (شکل ۴). از لحاظ تعداد برگ، سطوح شوری و برهم‌کنش ارقام و سطوح شوری در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند (جدول ۲). ارقام ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ کمترین و IC بیشترین تأثیر را از تنش شوری نشان دادند. نتایج نشان داد که غلظت کلرید سدیم توسعه برگ را کاهش داد و سطح برگ، بیشتر از تعداد برگ از تنش شوری متأثر شد. کاهش سطح برگ گیاه بیشتر به دلیل توسعه نیافتن برگ‌ها و متوقف شدن رشد آن‌ها

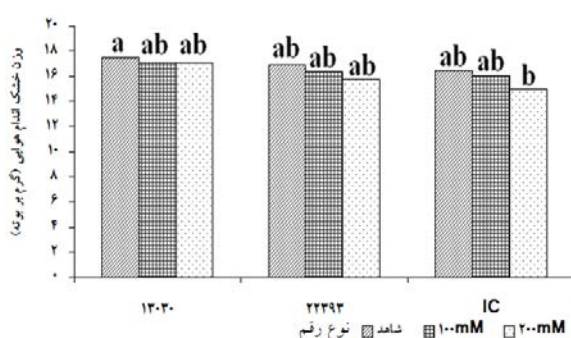
چنین تغییرات و ساز و کارهایی است [۲]. در این آزمایش کاهش سطح برگ در رقم ۱۳۰۳۰ ناشی از توسعه نیافتن برگ‌ها و در رقم IC ناشی از کاهش تعداد آن‌ها بوده است. با توجه به منابع موجود، افزایش سطح پلوئیدی سبب بزرگ‌شدن سلول‌ها، اندازه روزنه‌ها، رشد رویشی بیشتر، ساقه‌های درشت‌تر، برگ‌های کلفت‌تر و در کل افزایش اندازه قسمت‌های رویشی می‌شود [۶۸]. نتایج موجود در شکل ۳ نیز این امر را نشان می‌دهد، ولی با توجه به نتایج مشاهده‌شده در شکل ۴، به نظر می‌رسد که سطح پلوئیدی بر تعداد برگ مؤثر نبوده است.

بوده است. اثر شوری بر سطح برگ بیشتر از اثر آن بر ماده خشک بود، زیرا تجمع نمک در اندام هوایی از طریق جریان تعرق اتفاق می‌افتد که بیشتر در برگ‌های پیر رخ می‌دهد. چنین وضعیتی ممکن است ناشی از کاهش رشد و توسعه سلول‌های برگ بر 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 طریق ریشه باشد. از سوی دیگر کاهش نیافتن تعداد برگ به منزله تسهیم املاح مضر جذب‌شده بین اندام‌های برگ‌گی و کاهش اثر این املاح است. نتایج مطالعه دیگر محققان نیز مؤید

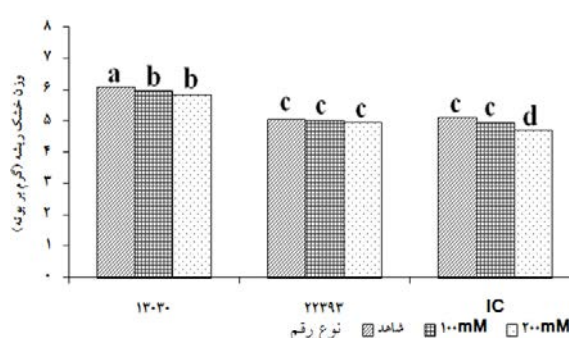
جدول ۲. تجزیه واریانس صفات بررسی‌شده در سه رقم چغندر قند در شرایط کاربرد سطوح مختلف کلرید سدیم

درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	سطح برگ	تعداد برگ	نقوذپذیری نسبی عشا	مجموعه نسبی آب برگ	هدایت روزنه‌ای	عدد SPAD	سانسبل اسمزی	برولین
۳	۰۰۰۱ ^{bs}	۱۰۲۷ ^{bs}	۱۸۲۰۶۵ ^{bs}	۰۰۰۴۸ ^{bs}	۲۰۴۲ ^{bs}	۱۶۰۱۹ ^{bs}	۰۰۰۱ ^{bs}	۳۰۵۳ ^{bs}	۰۰۰۲ ^{bs}	۳۱۶۶۰ ^{bs}
۲	۳۰۱۸ ^{ab}	۴۰۴۲ ^{bs}	۸۲۱۶۰۶۲۵ ^{ab}	۲۰۲۶ ^{bs}	۲۴۸۰۱۳ ^{ab}	۵۵۰۰۲۰ ^{ab}	۰۰۰۸ ^{ab}	۶۰۷۵ ^{bs}	۳۰۶۱ ^{ab}	۹۵۷۱۰۱۳ ^{ab}
۲	۰۰۱۹ ^{ab}	۲۰۳۰ ^{bs}	۹۳۸۹۱۵۴ ^{ab}	۳۰۵۹ ^{ab}	۱۱۷۰۰۰۳ ^{ab}	۲۴۶۷۰۱۱ ^{ab}	۰۰۰۷ ^{ab}	۱۷۰۳۷ ^{bs}	۵۰۰۳ ^{ab}	۲۲۰۲۰۶۰ ^{ab}
۴	۰۰۰۲ ^{ab}	۰۰۳۰ ^{bs}	۱۳۳۰۶۳۷ ^{ab}	۰۰۸۱ ^{ab}	۸۸۰۷۰ ^{ab}	۱۲۵۰۰ ^{ab}	۰۰۰۰ ^{ab}	۳۰۹۰ ^{bs}	۰۰۶۷ ^{ab}	۱۱۱۰۰۷۴ ^{ab}
۱۶	۰۰۰	۰۰۰	۴۲۰۲۲۰۱۹	۰۰۹۴	۱۵۰۹۷	۱۴۰۷۷ ^{ab}	۰۰۰	۳۰۹۶	۰۰۰۴	۴۳۳۰۱۴

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. NS بدون اختلاف معنی‌دار.



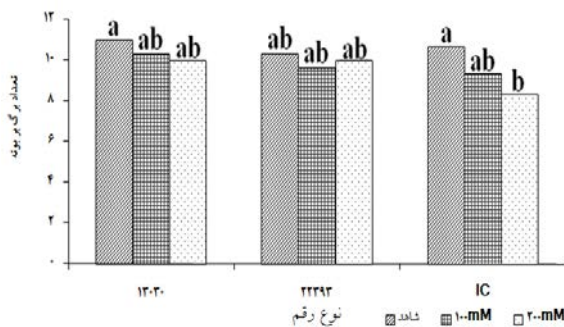
شکل ۲. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر ماده خشک اندام هوایی



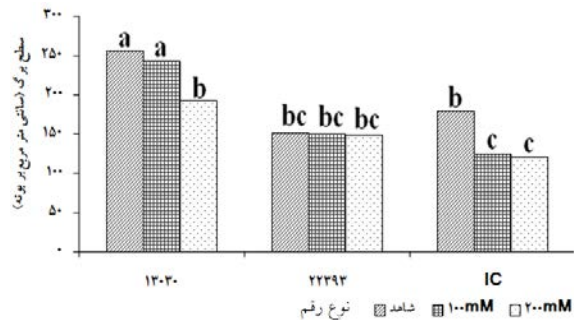
شکل ۱. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر وزن خشک ریشه

(حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.)

مطالعه برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک سه رقم چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به تنش شوری



شکل ۴. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر تعداد برگ



شکل ۳. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر سطح برگ

(حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف آماری معنی دار ندارند).

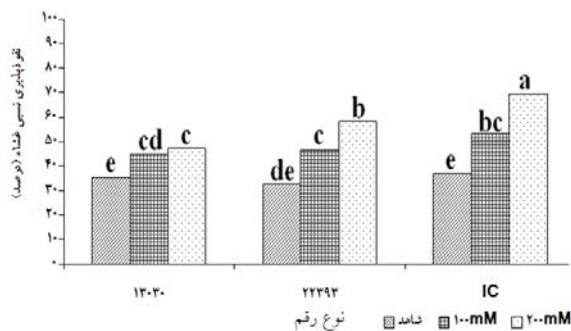
دیگری عنوان کردند که با افزایش غلظت شوری، محتوای نسبی آب برگ تغییری پیدا نکرد [۱۸].

۴.۳. نفوذپذیری نسبی غشا

کمترین مقدار نفوذپذیری نسبی غشای پلاسمایی سلول‌های برگ، در شرایط شاهد مشاهده شد (شکل ۶). حضور کلرید سدیم در محیط ریشه نفوذپذیری نسبی غشا را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی دار افزایش داد. با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۲)، از لحاظ صفت نفوذپذیری غشا، اثرات رقم، سطوح شوری و برهم‌کنش ارقام و سطوح شوری بر نفوذپذیری نسبی غشا در سطح ۱ درصد معنی دار شدند. در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ارقام ۱۳۰۳۰ و IC به ترتیب با مقادیر ۶۹/۲۴ و ۴۶/۹۲ درصد کمترین و بیشترین نفوذپذیری نسبی غشا را نشان دادند (شکل ۶). افزایش نفوذپذیری نسبی غشای پلاسمایی سلول‌های برگ به معنای ازدست‌رفتن قدرت انتخابی غشای سلولی در برابر یون‌ها و در نتیجه عبور و تجمع بیشتر املاح مضر جذب‌شده در بافت‌های برگ است که خود به کاهش بیشتر در فعالیت‌های فتوسنتزی و تولید انرژی کافی برای رشد اندام‌های گیاه منجر می‌شود.

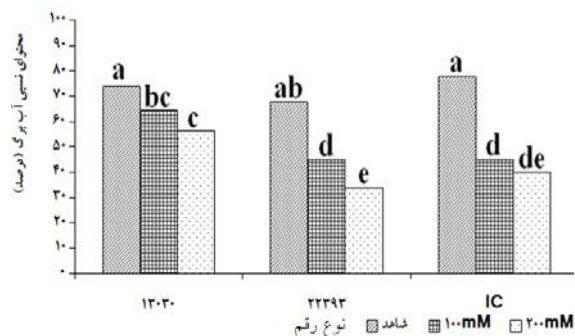
۳.۳. محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ با افزایش سطوح شوری در مقایسه با شاهد کاهش معنی دار یافت (شکل ۵). از لحاظ محتوای نسبی آب برگ، در میان ارقام، سطوح شوری و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد، اختلاف معنی دار مشاهده شد (جدول ۲). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم رقم ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ با مقادیر ۵۶/۱۶ و ۳۳/۵۰ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ را نشان دادند. کاهش محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد در رقم IC (۷۷/۴۴ درصد در شاهد و ۳۹/۶۴ درصد در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) نسبت به سایر ارقام شدیدتر بود که حساسیت بیشتر این رقم به ازدست‌دادن آب را نشان داد. بیشتر بودن محتوای نسبی آب برگ در رقم ۱۳۰۳۰ و در تمامی سطوح شوری نسبت به سایر ارقام مؤید حفظ رطوبت برگ برای حفظ فعالیت‌های حیاتی گیاه بود که به کاهش کمتر رشد برگ و تجمع بیشتر ماده خشک در این رقم منجر شده است. کاهش در محتوای نسبی آب برگ به دلیل خشکی فیزیولوژیک در نتیجه تنش شوری، کاهش در فشار تورگر را نشان داد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج آزمایش‌های بعضی دیگر از محققان مشابهت داشت [۲۳]. در حالی که، منابع



شکل ۶. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر نفوذپذیری نسبی غشا

(حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف آماری معنی دار ندارند).



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

سلولی افزایش یافت، لذا، محتویات سلولی به مقدار زیادی به خارج از سلول نشت کردند. در دیگر آزمایش‌ها نیز نتایج مشابهی گزارش شد [۱۶].

۵.۳. هدایت روزنه‌ای

در تیمار شاهد، بالاترین مقدار هدایت روزنه‌ای مشاهده شد. با افزایش سطوح شوری هدایت روزنه‌ای کاهش یافت (شکل ۷). از لحاظ هدایت روزنه‌ای در میان ارقام و سطوح شوری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی دار مشاهده شد، اما اختلاف برهم‌کنش ارقام و سطوح شوری معنی دار نبود (جدول ۲). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، ارقام IC و ۱۳۰۳۰ به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش در میزان هدایت روزنه‌ای را در مقایسه با شاهد نشان دادند (شکل ۷). در شرایط تنش شوری به دلیل ایجاد نوعی خشکی (خشکی فیزیولوژیک) و افزایش هورمون آبسزیک اسید، گیاه به منظور حفظ محتوای آب سلول‌های خود و کاهش تعرق با بستن روزنه‌ها مقاومت روزنه‌ای را افزایش و هدایت روزنه‌ای را کاهش می‌دهد. در شرایط تنش هدایت روزنه‌ای با هورمون آبسزیک اسید همبستگی منفی دارند و افزایش این هورمون هدایت روزنه‌ای را

در شرایط تنش شوری گونه‌های اکسیژن واکنشگر^۱ در سلول افزایش می‌یابند و با اسیدهای چرب غیراشباع در غشای سلول واکنش می‌دهند و موجب پراکسیداسیون اسیدهای چرب می‌شوند و غشای سلولی خاصیت انتخابی خود را از دست می‌دهد. در نتیجه محتویات سلولی به بیرون نشت می‌کند و نشت الکتروولت‌ها افزایش می‌یابد. گونه‌های اکسیژن واکنشگر در شرایط نرمال از طریق تنفس نوری و بتااکسیداسیون اسیدهای چرب تولید می‌شوند، ولی در شرایط تنش شوری مقدار آن‌ها در سلول افزایش می‌یابد [۳۲]. افزایش نفوذپذیری نسبی غشا در همه ارقام با افزایش میزان شوری اتفاق افتاد، ولی رقم ۱۳۰۳۰ در همه سطوح شوری افزایش کمتری داشت که می‌تواند به توانایی ژنتیکی آن در تحمل شوری، کاهش در تولید گونه‌های اکسیژن واکنشگر و ممانعت از افزایش غلظت یون‌های سمی در سیتوسول در شرایط تنش مرتبط باشد. در این آزمایش رقم حساس به دلیل نداشتن توانایی خروج و تقسیم‌بندی^۲ عناصر سمی در اندام هوایی خود باعث افزایش گونه‌های اکسیژن فعال شده و نفوذپذیری غشای

1. Reactive Oxygen Species or ROS
2. Compartmentalization

۷.۳. پتانسیل اسمزی

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۲)، از لحاظ پتانسیل اسمزی اثر رقم در سطح ۵ درصد و اثر سطوح شوری و برهم‌کنش رقم و سطوح شوری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. در شرایط تنش شوری، پتانسیل اسمزی در برگ‌های تمام ارقام در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد (شکل ۹). ارقام ۱۳۰۳۰ و IC به ترتیب با پتانسیل اسمزی ۳/۷۹- و ۵/۸۶- مگاپاسکال بیشترین و کمترین مقدار را در شرایط اعمال ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نشان دادند (شکل ۹). گیاه به منظور حفظ پتانسیل تورگر، پتانسیل اسمزی خود را در واکنش به کاهش پتانسیل آب محیط کاهش می‌دهد [۳۰]. ارقام متحمل کاهش کمتری در پتانسیل اسمزی نشان دادند و به نظر می‌رسد که کاهش پتانسیل اسمزی به دلیل متراکم شدن محتوای سلول‌های مزوفیل، افزایش در تنظیم‌کنندگان اسمزی هم‌چون قندها و پرولین و همچنین، کاهش در محتوای نسبی آب برگ داده است. کاهش در پتانسیل اسمزی در ارقام متحمل را می‌توان به تجمع یون‌های معدنی در اندام هوایی مربوط دانست؛ بدین معنی که آن‌ها توانسته‌اند یون‌های سمی را مدیریت و در واکوئل ذخیره کنند. یکی از عوامل مهم در کاهش پتانسیل اسمزی در ارقام متحمل را می‌توان به تجمع سدیم در بافت‌های گیاه مربوط دانست. رقم ۲۲۳۹۳ می‌تواند پتانسیل اسمزی خود در شرایط تنش را بهتر حفظ کند. نتایج با آزمایش‌های قبلی دیگر محققان هماهنگی داشت [۲۴].

۸.۳. پرولین

پرولین با افزایش سطح شوری در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (شکل ۱۰). از لحاظ اسیدآمینه پرولین اثر رقم، سطوح شوری و برهم‌کنش رقم و سطوح شوری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد

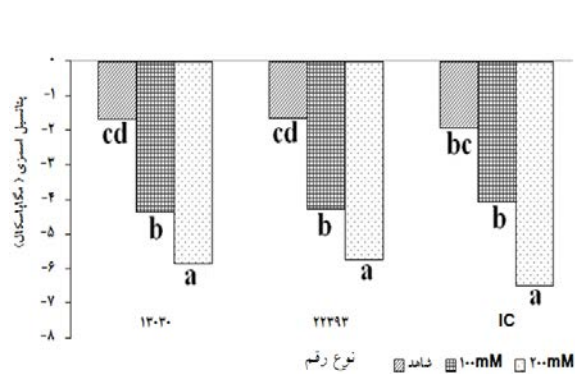
کاهش می‌دهد [۳]. آزمایش‌های دیگر نیز مؤید چنین نتایجی است [۱]. هرچند نتایج موجود در شکل ۷ نشان می‌دهد که سطح پلوئیدی بر هدایت روزنه‌ای مؤثر بوده است، با افزایش سطح پلوئیدی، افزایش اندازه روزنه‌ها و از سوی دیگر کاهش تعداد روزنه در واحد سطح برگ روی می‌دهد [۱۹، ۲۹]. در نتیجه سطح پلوئیدی نمی‌تواند به‌عنوان معیاری مستقل برای توجیه نتایج استفاده شود.

۶.۳. عدد SPAD

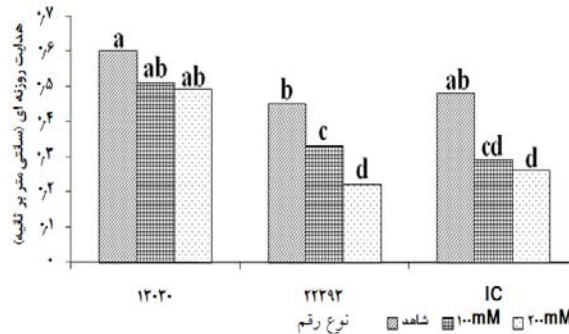
در تیمارهای شاهد کمترین مقدار عدد SPAD مشاهده شد. هرچند با افزایش سطح شوری عدد SPAD افزایش یافت (شکل ۸)، فقط اختلاف سطوح شوری در سطح احتمال ۵ درصد بر عدد SPAD معنی‌دار شد (جدول ۲). ارقام ۲۲۳۹۳ و IC با عدد SPAD، ۴۷/۱ و ۴۵ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عدد SPAD را در شرایط اعمال ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نمایش دادند (شکل ۸). به‌طور کلی شوری در دامنه‌ای مشخص می‌تواند باعث افزایش عدد SPAD شود، ولی پس از آن به علت تخریب کلروپلاست‌ها و تأثیرات سوء بر کلروفیل کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج این آزمایش با افزایش شوری عدد SPAD افزایش یافته است، زیرا شوری باعث افزایش غلظت پروتوپلاسم سلول می‌شود و در نتیجه به واسطه افزایش غلظت سلول‌های مزوفیل و همچنین، کاهش اندازه، حجم سلول‌ها و سطح برگ، مقدار عدد SPAD (غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ) را افزایش می‌دهد. در آزمایش دیگر محققان نتایج مشابهی گزارش شده است [۲]. همچنین، محققان دیگری بیان کردند که افزایش شوری تا سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش غلظت کلروفیل در سویا شد [۲۵].

به نظر می‌رسد که در ارقام متحمل میزان یون‌های سمی در سیتوسول به حدی نرسیده است که موجب افزایش زیاد در میزان پرولین شود؛ در حالی که، رقم حساس به دلیل عدم توانایی مدیریت یون‌های سمی (تقسیم‌بندی در واکنش) موجب افزایش مقدار یون‌ها در سیتوسول شده و سلول‌ها برای حفاظت از خود و مقابله با یون‌های سمی و پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غشا و آسیب‌های سلولی ناچار به افزایش پرولین شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده با آزمایش‌های دیگر محققان مطابقت داشت [۲۶].

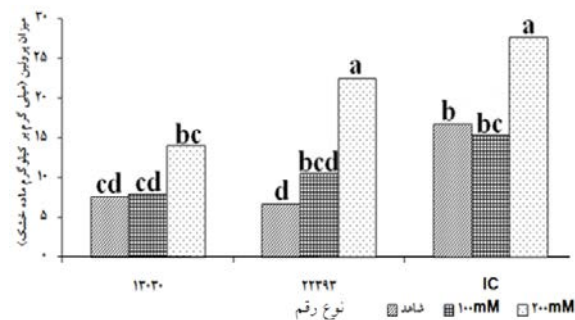
(جدول ۲). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ارقام IC و ۱۳۰۳۰ با مقادیر ۲۷/۵۷ و ۱۳/۹۷ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پرولین را نشان دادند (شکل ۱۰). مقایسه مقدار پرولین در ارقام متحمل و حساس نشان داد که رقم حساس سطح بیشتری از تجمع پرولین را داشت. احتمالاً ارقام حساس برای مقابله با شوری پرولین بیشتری را بیوستتر می‌کنند. پرولین در زمان تنش شوری علاوه بر از بین بردن رادیکال‌های آزاد [۹]، موجب تثبیت غشاهای فسفولیپیدی نیز می‌شود [۱۰].



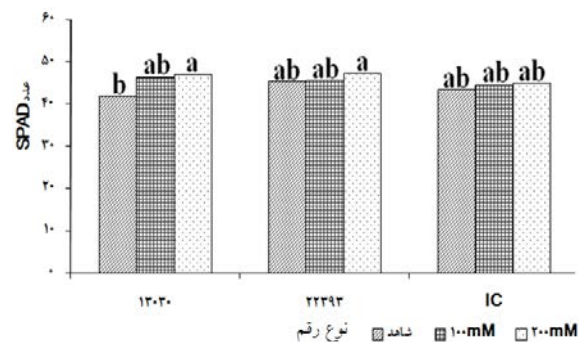
شکل ۹. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر پتانسیل اسمزی



شکل ۷. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر هدایت روزنه‌ای



شکل ۱۰. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر محتوای پرولین



شکل ۸. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر عدد SPAD

(حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.)

۹.۳. شاخص حساسیت به تنش

شاخص حساسیت به تنش برای وزن خشک ریشه ارزیابی (جدول ۳) و ارقام متحمل و حساس تعیین شدند. در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین میزان شاخص حساسیت به تنش در رقم ۲۲۳۹۳ (۰/۵۳) و بیشترین میزان آن در رقم IC (۱/۷۶) مشاهده شد (جدول ۳). براساس شاخص حساسیت به تنش در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، ارقام ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ در گروه متحمل و IC در گروه نیمه‌حساس قرار گرفتند. در حالی که، در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار ارقام ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ در گروه نیمه‌متحمل و IC در گروه حساس واقع شدند. بنابراین، از این شاخص می‌توان به منظور تعیین ارقام متحمل استفاده کرد.

براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول همبستگی صفات (جدول ۴) در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار، وزن خشک ریشه در سطح ۱ درصد با سطح برگ همبستگی بالایی ($r=0/96^{***}$) را نشان داد. در نتیجه افزایش سطح برگ (به‌عنوان سطح فتوسنتزکننده) و افزایش تولید اسمیلات‌ها و ذخیره آن در ریشه، وزن خشک ریشه افزایش یافت. همچنین، در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار (جدول ۵) وزن خشک ریشه با پتانسیل اسمزی ($r=0/98^{***}$)، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۱ درصد نشان داد (با احتساب علامت منفی). این امر نشان داد که در شرایط کاربرد کلرید سدیم، گیاه از طریق حفظ پتانسیل اسمزی، تجمع ماده خشک را بهبود بخشید. همبستگی مثبت و معنی‌دار نفوذپذیری نسبی غشا با پرولین ($r=0/95^{***}$) نشان داد که

پرولین نتوانست نشأت الکترولیت‌ها را کاهش دهد، بنابراین، در ارقام متحمل، مکانیزم‌های دیگری به غیر از پرولین و نقش آنتی‌اکسیدانی آن توانسته‌اند محافظت غشاهای پلاسمایی در برابر خسارت ناشی از تنش را فراهم کنند. با توجه به همبستگی بالای پتانسیل اسمزی و پرولین ($r=0/97^{***}$) (با احتساب علامت منفی) می‌توان بیان کرد که هرچند افزایش پرولین به‌طور معنی‌دار سبب کاهش پتانسیل اسمزی شد، به واسطه افزایش نشأت الکترولیت‌ها نتوانست سبب افزایش محتوای نسبی آب گیاه شود. به‌طور کلی در شرایط کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، با افزایش پرولین و همچنین، کاهش هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل اسمزی، ماده خشک ریشه کاهش یافت. با افزایش در هدایت روزنه‌ای و در نتیجه کشش تعرق و فشار ریشه‌ای و کاهش پتانسیل اسمزی در اندام هوایی، جذب آب و املاح افزایش یافت. از سویی دیگر افزایش در هدایت روزنه‌ای از طریق بهبود میزان فراهمی دی‌اکسید کربن سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و تجمع ماده خشک در ریشه شد. افزایش در سطح برگ به‌عنوان سطح فتوسنتزکننده و افزایش تولید اسمیلات‌ها و ذخیره آن در ریشه، وزن خشک ریشه را بالا برد. در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اختلال در اعمال فیزیولوژیکی، علاوه بر ماده خشک ریشه، ماده خشک اندام هوایی را نیز متأثر کرد.

جدول ۳. ارزیابی تحمل و حساسیت نسبت به تنش شوری سه رقم چغندر قند براساس شاخص حساسیت به تنش

شاخص حساسیت به تنش	۱۰۰ میلی‌مولار	حساسیت در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار	۲۰۰ میلی‌مولار	حساسیت در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار
۱۳۰۳۰	۰/۴۱	متحمل	۰/۸۴	نیمه‌متحمل
۲۲۳۹۳	۰/۴۶	متحمل	۰/۵۳	نیمه‌متحمل
IC	۱/۲۴	نیمه‌حساس	۱/۷۶	حساس

جدول ۴: ضرایب همبستگی بین صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ، هدایت روزنه‌ای، عدد SPAD، محتوای نسبی آب برگ، نفوذپذیری نسبی غشا، پتانسیل اسمزی، پرولین و شاخص حساسیت به تنش سه رقم چغندر قند در شرایط کاربرد ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم.

پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	پتانسیل اسمزی (مگا پاسکال)	نفوذپذیری نسبی غشا (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	عدد SPAD	هدایت روزنه‌ای (سنتی‌متر بر ثانیه)	تعداد برگ	سطح برگ (سنتی‌متر مربع بر بوته)	وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته)	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)
۰/۱۷۷ ^{ns}	-۰/۰۳۳ ^{ns}	-۰/۴۳ ^{ns}	-۰/۳۶ ^{ns}	۰/۱۷۸ ^{ns}	۰/۶۹ ^{ns}	۰/۱۵۵ ^{ns}	-۰/۶۲ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}
۰/۶۷ ^{ns}	۰/۶۸ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	-۰/۱۸۵ ^{ns}	۰/۱۴۳ ^{ns}	-۰ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	-۰/۱۸۳ ^{ns}	-۰/۱۵۰ ^{ns}	-۰/۱۷۸ ^{ns}
۰/۲۱ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۱۵۴ ^{ns}	۰/۱۹۰ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۷۹ ^{ns}	۰/۱۹۳ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}

^{ns} و ^{**}: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
DTS بدون اختلالی معنی‌دار.

مطالعه برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک سه رقم چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) به تنش شوری

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ، هدایت روزنه‌ای، عدد SPAD، محتوای نسبی آب برگ، نفوذپذیری نسبی غشا، پتانسیل اسمزی، پرولین و شاخص حساسیت به تنش سه رقم چغندر قند در شرایط کاربرد ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم.

پارامتر	ضرایب همبستگی	پارامتر	ضرایب همبستگی	پارامتر	ضرایب همبستگی	پارامتر	ضرایب همبستگی
وزن خشک اندام هوایی	۰/۱۹۰ ^{***}	وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته)	۰/۱۹۰ ^{***}	سطح برگ (سانتی‌متر مربع بر بوته)	۰/۱۸۳ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
سطح برگ	۰/۱۸۴ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۹ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
تعداد برگ	۰/۱۵۱ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۹ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
هدایت روزنه‌ای	۰/۹۰۰ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۵ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
عدد SPAD	۰/۳۴۳ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۵ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
محتوای نسبی آب برگ	۰/۱۸۰ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۵ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
نفوذپذیری نسبی غشا	۰/۱۸۸ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۵ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
پتانسیل اسمزی	۰/۱۹۸ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۵ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
پروکلین	۰/۱۹۴ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۵ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}
شاخص حساسیت به تنش	۰/۳۸۳ ^{***}	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)	۰/۱۷۵ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}	تعداد برگ	۰/۱۸۷ ^{***}

*** و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. nS بدون اختلاف معنی‌دار.

۱۰۳. نتیجه‌گیری

ارزیابی اثر تنش شوری بر پارامترهای رشد سه رقم چغندرقد نشان داد که تمام پارامترهای بررسی شده از تنش شوری متأثر شدند. در واقع رقم IC تحمل کمتر و ۲۲۳۹۳ و ۱۳۰۳۰ تحمل بیشتری را نشان دادند. نفوذپذیری نسبی غشا در بین ارقام متحمل و حساس به‌طور معنی‌دار با تیمار شوری متأثر شد. در شرایط تنش شوری، تجمع مواد معدنی موجب تنظیم اسمزی شد. ارقام بررسی شده در شرایط تنش مقادیر مختلفی از پرولین را تجمع دادند، ولی با توجه به نتایج همبستگی صفات، این صفت نتوانست به‌عنوان شاخصی مناسب برای غربال ارقام در تنش شوری استفاده شود. به‌طور کلی در شرایط تنش شوری افزایش در میزان اسید آسبیزیک در نتیجه ایجاد خشکی فیزیولوژیک موجب کاهش هدایت روزنه‌ای به منظور حفظ محتوای آب سلول شد. در رقم حساس (IC) با افزایش در گونه‌های اکسیژن فعال و پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غشایی نفوذپذیری نسبی غشا افزایش نشان داد. با افزایش در سنتز تنظیم‌کنندگان اسمزی هم‌چون پرولین، پتانسیل اسمزی کاهش یافت که این امر موجب ایجاد شیب پتانسیلی در بین ریشه و اندام هوایی شد و میزان انتقال آب به اندام هوایی را سهولت بخشید. در نهایت، هر گونه اختلال در خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و قدرت جذب عناصر غذایی، میزان ماده خشک گیاهی را کاهش داد. تنش شوری سیستم پیچیده‌ای است و گیاهان در پاسخ به تنش شوری پاسخ‌های مختلفی را بروز می‌دهند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در شرایط تنش شوری ترکیبی از پارامترهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بررسی شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش، به نظر می‌رسد که وزن خشک ریشه در مرحله ۹۰ روزگی با تحمل به خشکی در ارقام مطالعه شده ارتباط داشته است.

منابع

۱. احمدی، ع؛ احسان‌زاده، پ؛ جباری، ف؛ (۱۳۸۴). مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۴۹۸ صفحه.
۲. دادخواه، ع؛ گریفیتزه؛ (۱۳۸۴). «بررسی صفات رشد پنج واریته چغندرقد (*L. Beta vulgaris*) تحت دو سطح تنش شوری». ویژه‌نامه زراعت و اصلاح نباتات علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، ص. ۹۸-۱۰۸.
۳. حسینی، پ؛ نبی‌پور، م؛ مرادی، ف؛ (۱۳۸۹). بررسی نقش برخی محافظت‌کننده‌های سرمایی در القای تحمل تنش دمایی پایین در گیاهچه‌های برنج. الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳ (۱): ۲۱-۳۷.
۴. حیدری شریف‌آباد، ح؛ (۱۳۸۰). گیاه و شوری. انتشارات تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ۱۹۹ صفحه.
۵. خواجه‌پور، م؛ (۱۳۸۳). گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، اصفهان، ۵۷۱ صفحه.
۶. فارسی، م؛ باقری، ع؛ (۱۳۸۳). اصول اصلاح نباتات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۳۷۶ صفحه.
۷. کوچکی، ع؛ سلطانی، ا؛ (۱۳۷۷). چغندرقد از علم تا عمل (ترجمه). تألیف کوک، دی. و اسکات، آر. کی، چاپ اول، نشر علوم کشاورزی، ۶۷۰ صفحه.
8. Adaniya S and Shirai D (2001) In-vitro induction of tetraploid ginger (*Zinger officinalis* Roscoe) and its pollen fertility germinability, Science Horticulture. 88: 277-287.

9. Ashraf M and Foolad MR (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59: 206-216.
10. Ashraf M and Mcneilly T (2004) salinity tolerance in brassica oilseeds. *Plant Science*. 23(2): 1-18.
11. Bates IS, Waldern RP and Tear ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and soil*. 39: 205-207.
12. Ebrahimian HR, Ranji ZA Rezaee MA and Abbasi Z (2008) Screening sugar beet genotypes under salinity stress in the greenhouse and field conditions. *Sugar Beet*. 24(1) 1-21.
13. Ejazrasell AW and Rahman-Rao A (1997) Germination responses of sensitive and tolerant sugarcane lines to sodium chloride. *Seed Science and Technology*. 25: 465-471.
14. Fischer RA and Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal*. 29: 897-912.
15. Gadallah MA and Ramadan T (1997) Effects of zinc and salinity on growth and anatomical structure of *Carthamus tinctorious* L. *Plant Physiology*. 2: 49-53.
16. Ghoulam C, Foursy A and Fares K (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.
17. Glenn EP, Brown J and Jamal-Khan M (1997) Mechanisms of salt tolerance in higher plants. *Journal of The University of Arizona*, p: 83-110.
18. Jamil M, Shafiqand R and Rha ES (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 Botany*. 39(3): 753-760.
19. Johnson ES, Kadam NP, Anderson D, Jenkinson PC, Dewdney RS, Joshi P and Verma RC (2004) High frequency production of colchicine induced autotetraploids in faba bean (*Vicia faba* L.). *Cytologia*. 69: 144-147.
20. Khan MG, Silberbush M and Lips SH (1998) Response of alfalfa to potassium, calcium and nitrogen under stress induced by sodium chloride. *Biology of Plant*. 40: 251-259.
21. Martin JP, Elavummoottil OC and Moreno ML (1993) Changes on protein expression associated with salinity tolerance in Brassica cell cultures. *Cell Biology*. 17: 839-845.
22. Martinez JP, Lutts S Schanch A Bajji M and Kinet JM (2004) Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. *Plant Physiology*. 161: 1041-1051.
23. Moaveni P, Ranji Z and Noor-Mohammadi GH (2004) Study of some physiological parameters and organic composition for salt tolerant and sensitive genotypes of sugar beet. *Iranian Journal of Crop Science*. 6(1) 12-24.
24. Mokhamed A, Raldugina G kholodova V and kuznetsov VI (2006) Osmolyte accumulation in different rape genotypes under sodium chloride salinity. *Russian Journal of Plant Physiology*. 53(5): 649-655.

25. Ommen OE, Donnelly A Vanhoutvin S Vanoijen M and Manderscheid R (1999) Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentration and other environmental stress with in `ESPACE-wheat` project. European Journal of Agronomy. 10: 197-203.
26. Pakniyat H and Armion M (2007) Sodium and praline accumulation as osmoregulators in tolerance of sugar beet genotypes to salinity. Pakistan Journal of Botany. 10(22):4081-4086.
27. Qasim M, Ashraf M Jamil MA Ashraf MY Rahman SU and Rha ES (2003) Water relations and leaf gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus*) lines under salt stress. Annal Applied Biology. 142: 307-316.
28. Ritchie SW, Nguyen HT and Halody AS (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30:105-111.
29. Roy AT, Leggett G and Koutoulis A (2001) In-vitro tetraploid induction and generation of tetraploids from mixoploids in hop (*Humulus lupulus* L.). Plant Cell Reports. 20: 489-495.
30. Shannon MC (1998) Adaptation of plant to salinity. Advance Agronomy. 60: 75-119.
31. Soltani A, Galeshi S Zenali E and Latifi N (2001) Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology. 30: 51-60.
32. Xiong L and Zho JK (2002) Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant, Cell Environmental. 25: 131-139.
33. Zhao Y, Aspinall D and Paleg LG (1991) Protection of membrane integrity in *Medicago saliva* L. by glycinebetaine against the effects of freezing. Plant Physiology. 140: 541-543.