به زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۲
صفحه‌های ۹۴-۷۹

# مطالعهٔ برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک سه رقم چغندرقند (Beta vulgaris L.) به تنش شوری

نفیسه اسدی‌نسب*[۱]، پیمان حسیبی[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 مطالعهٔ برخی تغییرات فیزیولوژیک چغندرقند تحت تنش شوری، در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸، تعداد سه رقم مولتی ژرم چغندرقند (۱۳۰۳۰، ۲۲۳۹۳ و IC)، در گلخانهٔ دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران، تحت سه سطح شوری از منبع کلرید سدیم، شامل شاهد (صفر)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی مطالعه شدند. بذور در گلدان‌های پلاستیکی کشت شدند و تیمار شوری از ۳۰روز پس از کاشت، اجرا شد. گیاهان ۶۰ روز پس از اجرای تیمار شوری برداشت و ارزیابی شدند. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات نشان داد که اعمال سطوح مختلف شوری، بر تمام صفات ارزیابی‌شده تأثیر معنی‌دار داشت. نتایج مقایسهٔ 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 چغندرقند 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 مرحلهٔ گیاهچه‌ای، ۹۰ روز پس از کاشت، با تحمل به شوری سه رقم مطالعه‌شده ارتباط داشته است.

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

* نویسنده مسئول
Email: nafisehasadi@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

## ۱. مقدمه

چغندرقند 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 جمع‌کردن 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 [۲٤]. 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 چغندرقند 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 ریشهٔ گیاهان، با افزایش تولید آبسیزیک 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 [٤]. 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 [۱٦]. افزایش شوری می‌تواند موجب افزایش سدیم و همچنین، افزایش پرولین و گلایسین بتائین شود [۲٦]. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات بعضی محققان، ارزیابی تحمل مواد ژنتیکی براساس شاخص تحمل به شوری[1] برای عملکرد ریشه مناسب است [۱۲]. این پژوهش به منظور غربال ارقام چغندرقند و همچنین، مطالعهٔ 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 چغندرقند در این استان مقرون به صرفه است [۷]. در نتیجه می‌توان با بهره‌برداری صحیح و استفاده از ارقام متحمل به شوری نسبت به توسعهٔ سطح کشت محصولاتی مانند چغندرقند گامی اساسی برای از بین‌بردن وابستگی به محصول شکر برداشت.

1. Salinity Tolerance Index



Archive of SID
www.SID.ir

## ۲. مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد سه رقم مختلف چغندرقند (مولتی‌ژرم) شامل ۱۳۰۳۰ (والد گرده‌افشان، تتراپلوئید)،۲۲۳۹۳ (والد گرده‌افشان، دیپلوئید) و IC (هیبرید، تریپلوئید)، بنا به نظر اعضای محترم هیأت علمی مؤسسهٔ تحقیقات، اصلاح و تهیهٔ بذر چغندرقند 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 مؤسسهٔ تحقیقات، اصلاح و تهیهٔ بذر چغندرقند تهیه شدند. تحت سه سطح شوری (صفر،۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) از منبع شوری کلرید سدیم (مارک مرک[1]، ساخت آلمان) قرار گرفتند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی متعادل با سه تکرار در گلخانهٔ دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. در این آزمایش هر تیمار شامل ٦ گلدان بود و در مجموع تعداد ۱٦۲ گلدان در نظر گرفته شد. کشت در گلدان‌های پلاستیکی منفذدار، به منظور زهکشی آب گلدان‌ها، به ارتفاع ٤۱/۵ و قطر ۳۳ سانتی‌متر انجام شد. پس از تهیهٔ خاک گلدان‌ها و کوددهی (اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم هر یک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار براساس توصیهٔ کودی منطقه، با احتساب مساحت هر گلدان محاسبه و اجرا شد)، در هر گلدان ۱۰ بذر کشت شد. در مرحلهٔ ٤ برگی عمل تنک انجام شد و تعداد گیاهچه‌ها به ۵ گیاه در هر گلدان کاهش یافت. شوری ۳۰ روز پس از کاشت (٦ـ٤ برگی) به‌صورت مخلوط با آب آبیاری، در گلدان‌ها اعمال شد و تا ۹۰ روز پس از کاشت (۱۲ برگی) ادامه یافت. شوری خاک قبل از اجرای آزمایش از طریق آبشویی خاک گلدان‌ها به ۱/٤۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. برای کنترل هدایت الکتریکی خاک گلدان، تعداد ٦ 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 بیشتربودن هدایت الکتریکی خاک این گلدان‌ها از تیمار مورد نظر با استفاده از آب تصفیه‌شده آبشویی 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 ۱٦/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. به منظور اجتناب از تجمع املاح، افزایش سطح شوری به‌صورت پلکانی انجام شد؛ با ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آغاز شد تا به سطح شوری مورد نظر رسید. اندازه‌گیری‌ها ۹۰ روز پس از کاشت (۱۲ برگی) صورت گرفت. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی، نمونه‌های تازهٔ گیاهی (۵ گیاه) از هر تیمار برداشت شد و سپس، نمونه‌ها به مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای $+70^{o}c$ قرار گرفت و پس از آن توزین و سپس، وزن تک بوته محاسبه شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ با دستگاه سنجش سطح برگ[2] (مارک دلتا تی[3]، ساخت انگلستان)، برگ‌های ۵ نمونهٔ 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[4] (مارک مینولتا[5]، 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

1. MERK

2. Leaf Area Meter
3. ΔT
4. SPAD 502 Cholorophyll Meter
5. Minolta



Archive of SID
www.SID.ir

روزنه‌ای[1]، با دستگاه پرومتر (مدل ای ال ای[2]، ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ[3] با استفاده از فرمول زیر به‌دست آمد:

$RWC=(W_f-W_d)/(W_t-W_d)\times 100٪$

در این فرمول:$W_f$= وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، $W_d$=وزن خشک برگ پس از قرارگرفتن درآون و $W_t$=وزن اشباع برگ پس از قرارگرفتن به مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر بودند [۲۸].

با هدف اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشا[4]، روش زیر استفاده شد. به این صورت که قطعات برگ (آخرین برگ توسعه‌یافته) به اندازهٔ ۱ سانتی‌مترمربع جدا شدند و در فالکون‌های حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۰/۸گرم وزن تازهٔ 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 ۲٤ ساعت در دمای ٤°c+ نگه‌داری و پس از آن هدایت الکتریکی ($EC_1$) اندازه‌گیری شد. سپس، نمونه‌ها ۱۵ دقیقه در اتوکلاو (۱۱۰°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]:

Relative Membrance Permeability (٪) = $((EC_1-EC_0)/(EC_2-EC_0)) \times 100$

به منظور اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی برگ[5] به‌صورت زیر عمل شد. ابتدا برگ جداشده از گیاه به مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر در سردخانه و در دمای ٤ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس، برگ در هاون چینی قرار داده شد و مقداری نیتروژن مایع به آن افزوده و کاملاً خرد شده و عصارهٔ آن گرفته شد. عصارهٔ حاصل با دستگاه اسمومتر (مارک وسکور[6]، ساخت آمریکا) قرائت و عدد حاصل با استفاده از فرمول به مگاپاسکال تبدیل شد:

$\psi_s = MRIT$

در این فرمول $\psi_s$ =پتانسیل اسمزی، M=مولاریته عدد حاصل از اسمومتر تقسیم بر۱۰۰۰، R=ثابت گازها برابر۰/۰۰۸۳۱٤۳، I=ضریب یونیزاسیون برابر۱ و T=دما بر حسب کالوین هستند [۲۲].

در نهایت، شاخص حساسیت به تنش[7] با استفاده از فرمول زیر ارزیابی شد [۱٤].

$SSI=1-(ys/yp)/SiSi=1-(Ys/Yp)$

در این فرمول:SSI= شاخص حساسیت به تنش، Si=شدت سختی محیط، yp=میانگین مادهٔ خشک ریشهٔ هر رقم در محیط بدون تنش،ys=میانگین مادهٔ خشک ریشهٔ هر رقم در محیط تنش،Yp=میانگین مادهٔ خشک ریشهٔ همهٔ ارقام در محیط بدون تنش و Ys= میانگین مادهٔ خشک ریشهٔ همهٔ ارقام در محیط تنش است. به‌طور کلی: ۰/۵-۰=SSI متحمل،۱-۰/۵= SSI نیمه‌متحمل، ۱/۵-۱=SSI نیمه‌حساس و ۲/۵-۱/۵=SSI حساس در نظر گرفته شد [۱٤]. میزان پرولین موجود در برگ با استفاده از مادهٔ خشک گیاهی، براساس واکنش با معرف ناین هیدرین و با دستگاه اسپکتروفتومتر (مارک آیونیک[8]، ساخت آمریکا) در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد [۱۱]. تجزیه و تحلیل‌های آماری با نرم‌افزارهای آماری ام اس تی سی[9] و سس[10] و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام شد. مقایسهٔ میانگین صفات، با استفاده از آزمون ال اس دی[11] و در سطح خطای ۱ درصد محاسبه شد.

1. Stomatal Conductance
2. ELE
3. Ralative Water Content
4. Relative Membrance Permeability
5. Ψs
6. WESCOR
7. Salinity Susceptibility Index
8. Ionic
9. MSTATC
10. SPSS
11. LSD



Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. نتایج آزمون خاک

| پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | اسیدیته | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) |
|---|---|---|---|---|
| ۲٤٤ | ٤۱ | ٦۳ | ۸/۰٤ | ۱/٤۰ |

## 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 رقم۱۳۰۳۰ معنی‌دار نبود. در غلظت شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیشترین و کمترین میزان‌های وزن خشک ریشه، به ترتیب ۵/۸۳ و ٤/۷۲ گرم بر بوته و اندام هوایی، به ترتیب ۱۷/۰۸ و ۱٤/۹۹ گرم بر بوته، به ترتیب در ارقام ۱۳۰۳۰ و IC به‌دست آمد. کاهش در وزن خشک ریشهٔ گیاه ممکن است به علت اختلال در جذب مواد غذایی لازم برای رشد به دلیل کاهش توسعهٔ سیستم ریشه‌ای باشد. یکی از آثار مضر شوری بر رشد گیاهان، اختلال در فراهمی اسمیلات‌های فتوسنتزی است. در شرایط شوری، گیاه چغندرقند نسبت معینی از انرژی خود را صرف نگه‌داری بافت‌ها می‌کند و باقی‌ماندهٔ 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 اعمال‌شده است.

### ۲.۳. سطح برگ و تعداد برگ

سطح برگ چغندرقند پس از گذشت دو ماه از زمان اعمال تنش در تمام ارقام در مقایسه با شاهد کاهش یافت (شکل ۳). نتایج جدول تجزیهٔ 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 معنی‌داری 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 (شکل٤). 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 توسعهٔ برگ را کاهش داد و سطح برگ، بیشتر از تعداد برگ از تنش شوری متأثر شد. کاهش سطح برگ گیاه بیشتر به دلیل توسعه‌نیافتن برگ‌ها و متوقف‌شدن رشد آن‌ها



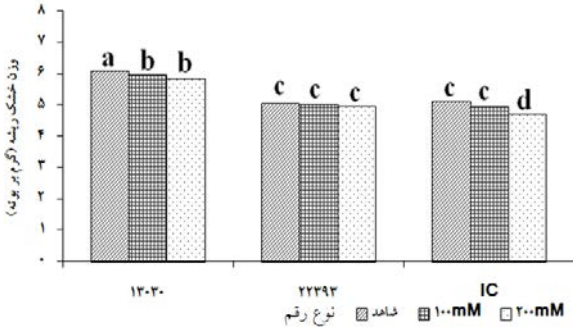
Archive of SID
www.SID.ir

بوده است. اثر شوری بر سطح برگ بیشتر از اثر آن بر مادهٔ 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 توسعهٔ 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 کاهش‌نیافتن تعداد برگ به منزلهٔ تسهیم املاح مضر جذب‌شده بین اندام‌های برگی و کاهش اثر این املاح است. نتایج مطالعهٔ دیگر محققان نیز مؤید چنین تغییرات و ساز و کارهایی است [۲]. در این آزمایش کاهش سطح برگ در رقم ۱۳۰۳۰ ناشی از توسعه‌نیافتن برگ‌ها و در رقم IC ناشی از کاهش تعداد آن‌ها بوده است. با توجه به منابع موجود، افزایش سطح پلوئیدی سبب بزرگ‌شدن سلول‌ها، اندازهٔ روزنه‌ها، رشد رویشی بیشتر، ساقه‌های درشت‌تر، برگ‌های کلفت‌تر و در کل افزایش اندازهٔ قسمت‌های رویشی می‌شود [۶،۸]. نتایج موجود در شکل ۳ نیز این امر را نشان می‌دهد، ولی با توجه به نتایج مشاهده‌شده در شکل ٤، به نظر می‌رسد که سطح پلوئیدی بر تعداد برگ مؤثر نبوده است.

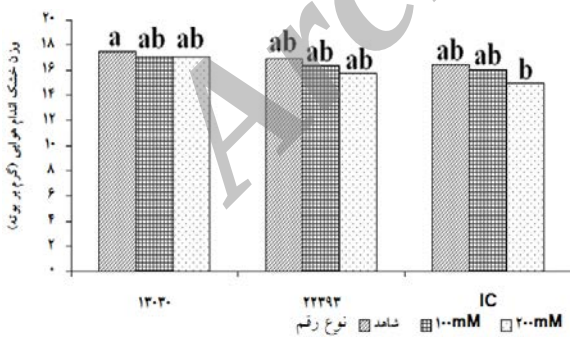
**جدول ۲. تجزیهٔ واریانس صفات بررسی‌شده در سه رقم چغندرقند در شرایط کاربرد سطوح مختلف کلرید سدیم**

| | درجه آزادی | وزن خشک ریشه | وزن خشک اندام هوایی | سطح برگ | تعداد برگ | تفوذپذیری نسبی عشا | محتوای نسبی آب برگ | هدایت روزنه‌ای | عدد SPAD | سانتسل اسمزی | پرولین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۰:۰۰۱$^{ns}$ | ۱:۲۷$^{ns}$ | ۱۸۲:۶۵$^{ns}$ | ۰:۴۸$^{ns}$ | ۲:۴۲$^{ns}$ | ۱۶:۱۹$^{ns}$ | ۰:۰۰۱$^{ns}$ | ۳:۵۳$^{ns}$ | ۰:۰۲$^{ns}$ | ۳۱۶:۶۰$^{ns}$ |
| رقم | ۲ | ۳:۱۸$^{**}$ | ۴:۴۲$^{**}$ | ۸۲۱۶۰۶۲۵$^{**}$ | ۲:۲۶$^{ns}$ | ۲۴۸:۱۳$^{**}$ | ۵۵۰:۲۰$^{**}$ | ۰:۰۸$^{**}$ | ۶:۷۵$^{ns}$ | ۳:۶۱$^{*}$ | ۹۵۷۱:۱۳$^{**}$ |
| سطوح شوری | ۲ | ۰:۱۹$^{**}$ | ۲:۳۰$^{*}$ | ۹۳۸۹۱۵۴$^{**}$ | ۳:۵۹$^{*}$ | ۱۱۷۰:۰۳$^{**}$ | ۲۲۶۷:۱۱$^{**}$ | ۰:۰۷$^{**}$ | ۱۷:۳۷$^{*}$ | ۵:۰۳$^{**}$ | ۲۲۰۳۰:۶۰$^{**}$ |
| رقم×سطوح شوری | ۴ | ۰:۰۲$^{**}$ | ۰:۳۰$^{ns}$ | ۱۳۳۰۶:۳۷$^{ns}$ | ۰:۸۱$^{*}$ | ۸۸:۷۰$^{**}$ | ۱۲۵:۰۰$^{**}$ | ۰:۰۰$^{ns}$ | ۴:۹۰$^{ns}$ | ۰:۶۷$^{**}$ | ۱۱۱۰:۷۲$^{**}$ |
| خطا | ۱۶ | ۰:۰۰ | ۰:۹۱ | ۴۲۰۲۲:۱۹ | ۰:۹۴ | ۱۵:۹۷ | ۱۴:۷۷ | ۰:۰۰ | ۳:۹۶ | ۰:۰۴ | ۴۲۳:۱۴ |

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




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

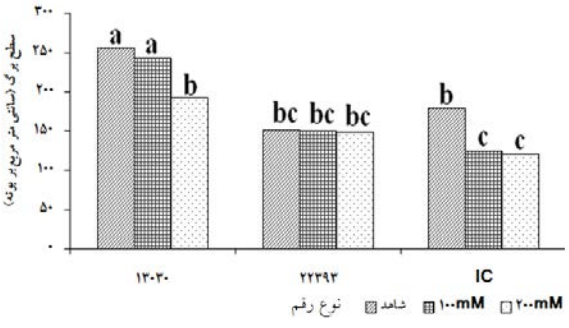



**شکل ۲. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر مادهٔ خشک اندام هوایی**

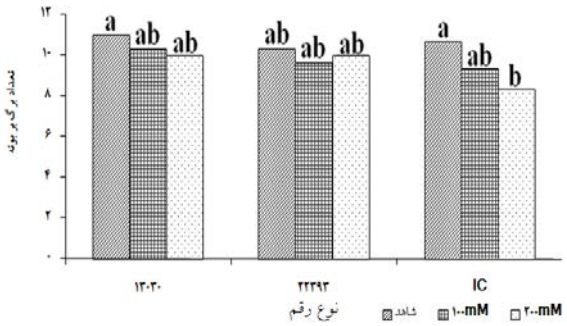
(حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.)



Archive of SID
www.SID.ir




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




**شکل ٤. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر تعداد برگ**

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

### ۳.۳. محتوای نسبی آب برگ

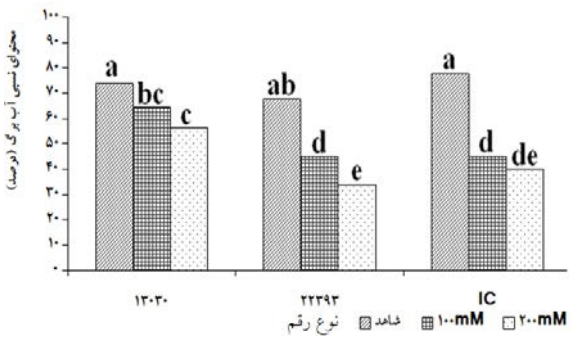
محتوای نسبی آب برگ با افزایش سطوح شوری در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌دار یافت (شکل ۵). از لحاظ محتوای نسبی آب برگ، در میان ارقام، سطوح شوری و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم رقم ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ با مقادیر ٥٦/١٦ و ۳۳/۵۰ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ را نشان دادند. کاهش محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد در رقم IC (٧٧/٤٤ درصد در شاهد و ۳۹/٦٤ درصد در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) نسبت به سایر ارقام شدیدتر بود که حساسیت بیشتر این رقم به ازدست‌دادن آب را نشان داد. بیشتربودن 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 مادهٔ خشک در این رقم منجر شده است. کاهش در محتوای نسبی آب برگ به دلیل خشکی فیزیولوژیک در نتیجهٔ 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 دیگری عنوان کردند که با افزایش غلظت شوری، محتوای نسبی آب برگ تغییری پیدا نکرد [۱۸].

### ٤.۳. نفوذپذیری نسبی غشا

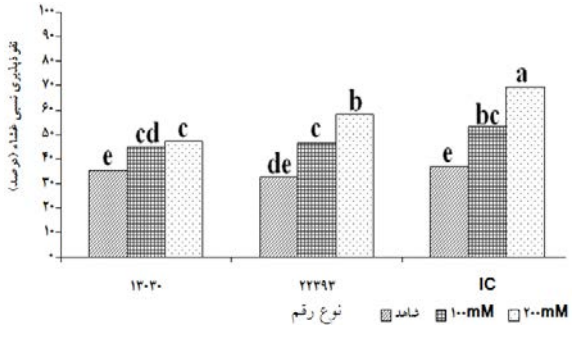
کمترین مقدار نفوذپذیری نسبی غشای پلاسمایی سلول‌های برگ، در شرایط شاهد مشاهده شد (شکل٦). حضور کلرید سدیم در محیط ریشه نفوذپذیری نسبی غشا را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش داد. با توجه به نتایج جدول تجزیهٔ واریانس صفات (جدول ۲)، از لحاظ صفت نفوذپذیری غشا، اثرات رقم، سطوح شوری و برهم‌کنش ارقام و سطوح شوری بر نفوذپذیری نسبی غشا در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند. در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ارقام ۱۳۰۳۰ و IC به ترتیب با مقادیر ٤٦/٩٢ و ٦٩/٢٤ درصد کمترین و بیشترین نفوذپذیری نسبی غشا را نشان دادند (شکل ٦). 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 برگی است که خود به کاهش بیشتر در فعالیت‌های فتوسنتزی و تولید انرژی کافی برای رشد اندام‌های گیاه منجر می‌شود.



Archive of SID
www.SID.ir




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




**شکل ٦. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر نفوذپذیری نسبی غشا**

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

در شرایط تنش شوری گونه‌های اکسیژن واکنشگر[1] 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 الکترولیت‌ها 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 همهٔ ارقام با افزایش میزان شوری اتفاق افتاد، ولی رقم ۱۳۰۳۰در همهٔ 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[2] عناصر سمی در اندام هوایی خود باعث افزایش گونه‌های اکسیژن فعال شده و نفوذپذیری غشای سلولی افزایش یافت، لذا، محتویات سلولی به مقدار زیادی به خارج از سلول نشت کردند. در دیگر آزمایش‌ها نیز نتایج مشابهی گزارش شد [۱٦].

### 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 معنی‌دار مشاهده شد، اما اختلاف برهم‌کنش ارقام و سطوح شوری معنی‌دار 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 آبسیزیک 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 آبسیزیک اسید همبستگی منفی دارند و افزایش این هورمون هدایت روزنه‌ای را

1. Reactive Oxygen Species or ROS
2. Compartmentalization



Archive of SID
www.SID.ir

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 اندازهٔ 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 می تواند 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 واسطهٔ 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].

### ۷.۳. پتانسیل اسمزی

با توجه به جدول تجزیهٔ 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 متراکم‌شدن محتوای سلول‌های مزوفیل، افزایش در تنظیم‌کنندگان اسمزی هم‌چون قندها و پرولین و همچنین، کاهش در محتوای نسبی آب برگ رخ 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

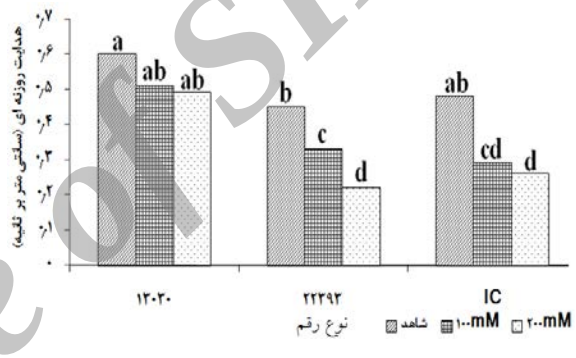
پرولین با افزایش سطح شوری در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (شکل ۱۰). از لحاظ اسیدآمینه پرولین اثر رقم، سطوح شوری و برهم‌کنش رقم و سطوح شوری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد



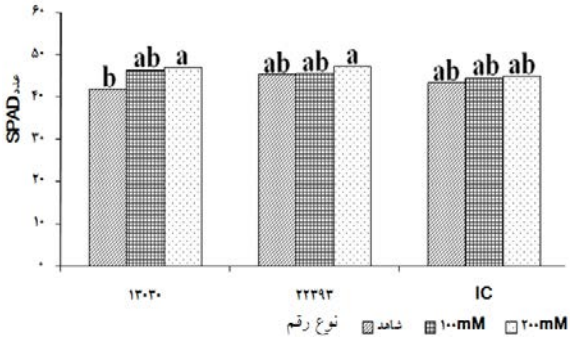
Archive of SID
www.SID.ir

(جدول ۲). در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ارقام IC و ۱۳۰۳۰ با مقادیر ۲۷/۵۷ و ۱۳/۹۷ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پرولین را نشان دادند (شکل ۱۰). مقایسهٔ 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 بیوسنتز می‌کنند. پرولین در زمان تنش شوری علاوه بر ازبین‌بردن رادیکال‌های آزاد [۹]، موجب تثبیت غشاهای فسفولیپیدی نیز می‌شود [۱۰].

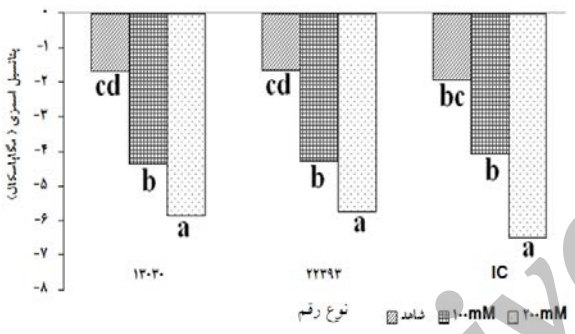
به نظر می‌رسد که در ارقام متحمل میزان یون‌های سمی در سیتوسول به حدی نرسیده است که موجب افزایش زیاد در میزان پرولین شود؛ در حالی که، رقم حساس به دلیل عدم توانایی مدیریت یون‌های سمی (تقسیم‌بندی در واکوئل) موجب افزایش مقدار یون‌ها در سیتوسول شده و سلول‌ها برای حفاظت از خود و مقابله با یون‌های سمی و پراکسیداسیون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



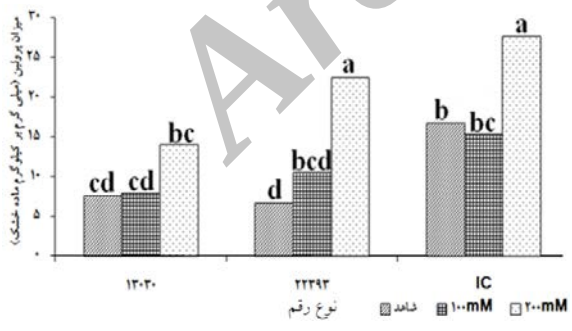

**شکل ۷. تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر هدایت روزنه‌ای**




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




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




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

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



Archive of SID
www.SID.ir

### 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 (۱/۷٦) مشاهده شد (جدول۳). 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 ۲۰۰میلی‌مولار 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 ٤) در غلظت ۱۰۰ میلی مولار، وزن خشک ریشه در سطح ۱ درصد با سطح برگ همبستگی بالایی (r=۰/۹٦**) را نشان داد. در نتیجهٔ افزایش سطح برگ (به‌عنوان سطح فتوسنتزکننده) و افزایش تولید اسمیلات‌ها و ذخیرهٔ آن در ریشه، وزن خشک ریشه افزایش یافت. همچنین، در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار (جدول ۵) وزن خشک ریشه با پتانسیل اسمزی (r=۰/۹۸**)، 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 مادهٔ خشک را بهبود بخشید. همبستگی مثبت و معنی‌دار نفوذپذیری نسبی غشا با پرولین (r=۰/۹۵**) نشان داد که پرولین نتوانست نشت 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=۰/۹۷**)(با احتساب علامت منفی) می‌توان بیان کرد که هرچند افزایش پرولین به‌طور معنی‌دار سبب کاهش پتانسیل اسمزی شد، به واسطهٔ افزایش نشت 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 در هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل اسمزی، مادهٔ 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 دی اکسید کربن سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و تجمع مادهٔ خشک در ریشه شد. افزایش در سطح برگ به‌عنوان سطح فتوسنتزکننده و افزایش تولید اسمیلات‌ها و ذخیرهٔ آن در ریشه، وزن خشک ریشه را بالا برد. در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اختلال در اعمال فیزیولوژیکی، علاوه بر مادهٔ خشک ریشه، مادهٔ خشک اندام هوایی را نیز متأثر کرد.

**جدول ۳. ارزیابی تحمل و حساسیت نسبت به تنش شوری سه رقم چغندرقند 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 |



Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤. 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 چغندرقند در شرایط کاربرد ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم.

| | وزن خشک ریشه (گرم بر بوته) | وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته) | سطح برگ (سانتی‌متر مربع بر بوته) | تعداد برگ | هدایت روزنه‌ای (سانتی‌متر بر ثانیه) | عدد SPAD | محتوای نسبی آب برگ (درصد) | نفوذپذیری نسبی غشا (درصد) | پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال) | پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن خشک اندام هوایی | ۰/۵۴ ns | ۰/۵۱ ns | ۰/۵۵ ns | ۰/۳۷ ns | ۰/۹۰ ** | ۰/۲۱ ns | -۰/۸۵ ** | ۰/۴۲ ns | ۰/۶۷ * | ۰/۷۷ * |
| سطح برگ | ۰/۹۶ ** | -۰/۱۸ ns | ۰/۹۱ ** | ۰/۳۳ ns | -۰/۷۹ * | -۰/۳۹ ns | -۰/۶۶ ns | ۰/۶۸ * | -۰/۴۳ ns | -۰/۰۳ ns |
| تعداد برگ | ۰/۴۰ ns | ۰/۴۴ ns | ۰/۳۷ ns | ۰/۶۶ ns | -۰/۹۵ ** | -۰/۱۴ ns | -۰/۸۵ ** | ۰/۴۲ ns | | |
| هدایت روزنه‌ای | ۰/۳۱ ns | ۰/۲۲ ns | ۰/۳۲ ns | ۰/۷۹ * | -۰/۴۷ ns | -۰/۴۲ ns | -۰/۵۴ ns | | | |
| عدد SPAD | ۰/۹۲ ** | ۰/۳۳ ns | ۰/۹۲ ** | -۰/۳۸ ns | ۰/۷۹ * | ۰/۷۸ * | | | | |
| محتوای نسبی آب برگ | -۰/۴۶ ns | -۰/۳۱ ns | -۰/۶۱ ns | -۰/۸۳ ** | -۰/۷۹ * | | | | | |
| نفوذپذیری نسبی غشا | ۰/۸۲ ** | -۰/۲۲ ns | -۰/۸۲ ** | ۰/۳۳ ns | | | | | | |
| پتانسیل اسمزی | -۰/۷۸ * | -۰/۵۰ ns | ۰/۸۳ ** | | | | | | | |
| پرولین | ۰/۴۰ ns | ۰/۴۵ ns | -۰/۶۲ ns | | | | | | | |
| شاخص حساسیت به تنش | | | | | | | | | | |

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



Archive of SID
www.SID.ir

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 مه رقم چغندرقند در شرایط کاربرد ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم

| | وزن خشک ریشه (گرم بر بوته) | وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته) | سطح برگ (سانتی‌متر مربع بر بوته) | تعداد برگ | هدایت روزنه‌ای (سانتی‌متر بر ثانیه) | عدد SPAD | محتوای نسبی آب برگ (درصد) | نفوذپذیری نسبی غشا (درصد) | پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال) | پرولین (میلی گرم بر گرم وزن خشک) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن خشک اندام هوایی | ۰/۹۰ ** | ۰/۷۹ ** | ۰/۳۷ ns | ۰/۲۷ ns | ۰/۱۸ ns | ۰/۲۵ ns | ۰/۰۶۵ ns | ۰/۸۶ ** | ۰/۹۷ ns | ۰/۴۴ ns |
| سطح برگ | ۰/۸۴ ** | ۰/۴۷ ns | ۰/۶۹ * | ۰/۲۴ ns | ۰/۸۶ ** | ۰/۲۰ ns | ۰/۰۷۸ ns | ۰/۹۵ ** | -۰/۲۷ ns | |
| تعداد برگ | ۰/۵۱ ns | ۰/۷۵ * | ۰/۶۰ ns | ۰/۰۹ ns | ۰/۶۷ * | ۰/۱۹ ns | ۰/۰۷ ns | -۰/۹۳ ** | | |
| هدایت روزنه‌ای | ۰/۹۰ ** | ۰/۵۷ ns | ۰/۸۰ ** | ۰/۴۸ ns | ۰/۹۴ ** | ۰/۱۸ ns | ۰/۹۰ * | | | |
| عدد SPAD | ۰/۲۴ ns | ۰/۳۴ ns | ۰/۸۰ * | ۰/۳۵ ns | ۰/۸۵ ns | ۰/۹۵ ** | | | | |
| محتوای نسبی آب برگ | ۰/۸۲ ** | ۰/۸۰ ** | ۰/۸۳ ** | ۰/۴۱ ns | ۰/۸۵ ** | | | | | |
| نفوذپذیری نسبی غشا | ۰/۸۸ * | -۰/۸۴ * | -۰/۸۰ * | ۰/۴۷ ns | | | | | | |
| پتانسیل اسمزی | -۰/۹۸ ** | -۰/۸۸ ** | ۰/۸۰ ** | | | | | | | |
| پرولین | ۰/۹۶ ** | ۰/۸۸ ns | | | | | | | | |
| شاخص حساسیت به تنش | ۰/۳۸ ns | ۰/۸۳ ** | -۰/۸۳ ** | -۰/۸۷ ** | ۰/۸۵ ** | ۰/۹۵ ** | -۰/۰۷ ns | -۰/۹۳ ** | -۰/۲۷ ns | ۰/۴۴ ns |

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



Archive of SID
www.SID.ir

## ۱۰.۳. نتیجه‌گیری

ارزیابی اثر تنش شوری بر پارامترهای رشد سه رقم چغندرقند نشان داد که تمام پارامترهای بررسی‌شده 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 بررسی‌شده 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 آبسیزیک 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 مادهٔ 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 مرحلهٔ ۹۰ روزگی با تحمل به خشکی در ارقام مطالعه‌شده ارتباط داشته است.

## منابع


۱. احمدی، ع؛ احسان‌زاده، پ؛ جباری، ف؛ (۱۳۸٤). *مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی (ترجمه)*. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ٤۹۸ صفحه.

۲. دادخواه، ع؛ گریفیتزه؛ (۱۳۸٤). «بررسی صفات رشد پنج واریته چغندرقند (L.Beta vulgaris) تحت دو سطح تنش شوری». ویژه‌نامهٔ زراعت و اصلاح نباتات علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، ص. ۹۸-۱۰۸.

۳. حسیبی، پ؛ نبی‌پور، م؛ مرادی، ف؛ (۱۳۸۹). بررسی نقش برخی محافظت‌کننده‌های سرمایی در القای تحمل تنش دمای پایین درگیاهچه‌های برنج. الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳ (۱): ۳۷-۲۱.

٤. 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.

٦. فارسی، م؛ باقری، ع؛ (۱۳۸۳). *اصول اصلاح نباتات*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۷٦ صفحه.

۷. کوچکی، ع؛ سلطانی، ا؛ (۱۳۷۷). *چغندرقند از علم تا عمل (ترجمه)*. تألیف کوک، دی. و اسکات، آر. کی، چاپ اول، نشر علوم کشاورزی، ٦۷۰صفحه.

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.




Archive of SID
www.SID.ir

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 praline 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 sensitiveand 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 tinctoriouse* 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 higer 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 ofPlant.40: 251-259.

21. Martin JP, Elavummoottil OC and Moreno ML (1993) Changes on protein expression assdciated 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 halmius* 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. Rusian Journal of Plant Physiology. 53(5): 649-655.



Archive of SID
www.SID.ir

25. Ommen OE, Donnelly A Vanhoutvin S Vanoijen M and Manderscheid R (1999) Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated $CO_2$ concentrationandother enviromental stress with in `ESPACE-whaet` project. Europian 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. Advence Agronomy. 60: 75-119.

31. Soltani A, Galeshi S Zenali E and Latifi N (2001) Germination seed reserve utilization and growth of chicpea 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 glycinebetaineagainst the effects of freezing. Plant Physiology.140: 541-543.

Archive of SID



www.SID.ir