اثر یون کلسیم بر وضعیت رشد، تجمع عناصر غذایی و الگوی الکتروفورزی پلی پپتیدها در گیاه *Descurainia sophia* L. تحت تنش شوری

حسین مظفری و خسرو منوچهری کلانتری

دانشگاه شهید باهنر کرمان، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی

چکیده

کلسیم نقش مهمی در مقاومت گیاهان به تنش شوری دارد. در تحقیق انجام شده، تاثیر نمکهای مختلف کلسیم (سولفات، کلرید و نیترات کلسیم) و غلظتهای متفاوتی از این عنصر بر مقاومت گیاه *Descuriania sophia* به تنش شوری، مورد بررسی قرار گرفت. گیاهان مورد نظر در گلدانهای حاوی ورمیکولیت کاشته شد و قبل از اعمال تیمارها، بمدت یک هفته با محلول هوگلند آبیاری گردید. پس از ۸ هفته تیمار با محلولهای نمک کلسیم وکلرید سدیم (شامل ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مولارکلرید سدیم و۵ میلی مولار نمکهای کلسیم)؛ پارامترهای طول ریشه و ساقه، وزن تر اندامهای گیاه و غلظت یونهای K^+ , Fe^{2+},Zn^{2+} Na^+, Ca^{2+}, در اندامهای گیاه به روش جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفت. برای بررسی اثر تیمارهای شوری و کلسیم بر الگوهای پلی پپتیدی، پروتئینهای ساقه و ریشه گیاه به روش SDS-PAGE الکتروفورز گردیدند. داده های بدست آمده با استفاده از طرح کامل تصادفی و آنالیز واریانس یکطرفه (آزمون LSD) تحلیل آماری گردیدند. نتایج حاصل نشان داد، که تیمارهای ۵ میلی مولار کلرید کلسیم توام با ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و ۵ میلی مولار سولفات کلسیم همراه با ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم تأثیر بهتری نسبت به سایر تیمارها، در سطح معنی دار ۵ در صد، بر صفات مورفولوژیک (وزن خشک و تر، طول اندامهای گیاه) و شیمیایی (غلظت عناصر پتاسیم، آهن و روی) گیاه دارد. مقایسه الگوهای پلی پپتیدی حاصل از الکتروفورز نیز تأثیر کلسیم را در سنتز پروتئینهای گیاه تحت تنش نشان داد. الگوی پلی پپتیدها در تیمارهای شوری توام با کلسیم، مشابه تیمارهای شوری بدون کلسیم نبوده و پلی پپتیدها از لحاظ وزن مولکولی و غلظت در این دونوع تیمار متفاوت بودند. در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، پروتئین ٥٦ KD نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و همچنین در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار این نمک سدیم، چندین پروتئین با وزن مولکولی در محدوده ۱۷۰ KD-٦٦ وجود داشته که در تیمار های حاوی کلسیم وجود نبود.

واژه های کلیدی: تنش شوری، کلسیم، الکتروفورز، *Descurainia sophia*

مقدمه

حدود ۳۳٪ از اراضی کشاورزی در جهان شورند. تجمع کلرید سدیم در خاک، حاصلخیزی آنرا کاهش داده و برای جبران حاصلخیزی از دست رفته مقدار زیادی آب، انرژی و مدیریت دقیق نیاز می باشد. غلظتهای بالای نمک در خاک بدلیل تخریب بافت خاک، تولید محصول گیاهان زراعی را کاهش داده و باعث فرسایش خاک می شود (۵).

یکی از تأثیرات سوء تنش شوری بر روی گیاهان، بر هم زدن تعادل عناصر غذایی آنها و تغییر کیفی پروتئینها و در نهایت کاهش رشد گیاه می باشد (٤). تعادل عناصر غذایی گیاه وابسته به عناصر مهمی از جمله روی، پتاسیم، آهن و کلسیم بوده که غلظت این عناصر در گیاه تحت تأثیر میزان سدیم و کلسیم خارج سلولی می باشد. یونهای کلسیم و سدیم دارای اثرات رقابتی با یکدیگر

Archive of SID

www.SID.ir

بوده و تنظیم مناسب میزان این دو عنصر بر غلظت عناصر غذایی مذکور تأثیر بسزایی دارد (٦، ۱۵ و ۱٦).

نقش کلسیم در بهبود و اصلاح اثرات مخرب کلرید سدیم بر رشد گیاهان تحت تنش بخوبی اثبات شده است (۳ و۵). گزارش شده است که بسیاری از گیاهان حساس به شوری مانند گوجه فرنگی و لوبیا به مقدار زیادی کلسیم نیاز دارند و در صورت وجود غلظت مناسبی از کلسیم، مقاومت این گیاهان به شوری بیشتر شده و افزایش در عملکرد آنها مشاهده می گردد. زیرا وجود کلسیم در خاک از تجمع سدیم در گیاه جلوگیری می کند (۳ و۵).

جذب انتخابی (Selective) یونهایی مانند پتاسیم، آهن و روی (Zn^{2+}) در ریشه گیاه تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات نشان می دهد که در صورت وجود میزان مناسبی از کلسیم در محیط رشد ریشه، جذب انتخابی این عناصر نیز توسط ریشه بهبود یافته ودر نتیجه عناصری مانند پتاسیم بهتر جذب ریشه گیاه می گردد (۱۲). بر مبنای یک گزارش افزایش رشد ریشه گیاه و وزن تر آنرا می توان بعنوان صفات مهم قابل اندازه گیری در جهت پاسخ به میزان Na^{+} و Ca^{2+} محسوب نمود. جذب سدیم، رشد طولی و وزن تر ریشه را کاهش داده و در نهایت بر رشد اندام هوایی تأثیر خواهد گذاشت. تأثیر منفی این یون بر سیستم ریشه ای گیاه را می توان با کلسیم برطرف نمود (۱۰ و ۱۱).

برای حصول نتیجه، انتخاب مناسب نمک کلسیم حائز اهمیت می باشد. در بیشتر تحقیقات از کلرید، سولفات و نیترات کلسیم برای مقابله با شوری استفاده شده است (۵). نمکهای کلسیم از دو جنبه با هم تفاوت دارند؛ ۱- میزان حلالیت این نمکها در آب که غلظتهای متفاوتی از یون کلسیم را در محلول غذایی گیاه فراهم می کند. این ویژگی با pH و دما تغییر می کند. ۲- تفاوت در آنیون آنها که با تأثیر کلسیم بر گیاه تحت تنش ارتباط دارد (۵).

گزارش شده است که باندهای الکتروفورزی پلی پپتیدهای ساقه و ریشه، در تنشهای شوری تغییر می کند. در برخی گیاهان تحت تنش شوری، غلظت بعضی از پلی پپتید های ساقه افزایش یافته و یا اینکه پلی پپتید جدیدی سنتز شده که به مقاومت گیاه تحت تنش کمک می کند (٦ و ١٤).

در مناطقی از ایران که میزان رطوبت پائین بوده و تبخیر سطحی خاک بالاست، شوری بعنوان یک مشکل محسوب می شود. در مناطق گرم و خشک این مشکل بیشتر مشاهده می گردد. در این تحقیق از گونه ای خاکشیر بنام *Descurainia sophia* استفاده گردید. این گیاه حساس به شوری بوده و با توجه به کارایی قابل توجه این گیاه در کاربرد کلسیم هنگام تنش، گیاه مناسبی جهت بررسی تأثیر نمکهای مختلف کلسیم در بهبود اثرات سوء شوری تشخیص داده شد.

مواد و روشها

کشت گیاه: بذرمورد نیاز از منطقه ای در جنوب کرمان جمع آوری گردید. بذرهای گیاه مذکور پس از جوانه زنی در ظروف پتری، به گلدانهای حاوی ورمیکولیت (شستشو شده با آب مقطر) منتقل شدند. درهر گلدان سه بذر کاشته شد. گلدانها در اتاق رشد (مدل P.O.B ox 15655-115 ساخت شرکت GROUC تهران) تحت شرایط نوری (۱٦:۸) (تاریکی /نور)، با شدت نوری ١٤ کیلو لوکس (KLx)، رطوبت نسبی٤٤ درصد و متوسط دمای ۰/۸ ± ۲۳ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. در طول هفته اول رشد گیاهان، گلدانها با محلول غذایی هوگلند (pH =٦/٥-٦) آبیاری گردید. بدلیل استفاده از ورمیکولیت تجمع عناصر در گلدان بسیار پایین بوده اما در محلولی که در زیر گلدان بدست آمد، تجمع این

Archive of SID
www.SID.ir

عناصر نسبت به محلول غذایی اولیه افزایش نشان داد (۸).

در پایان هفته اول به محلول هوگلند مورد استفاده، نمک کلرید سدیم و نمک های کلسیم به میزان متفاوت برای هر تیمار اضافه گردید و pH محلولهای حاصل با محلول پتاس تنظیم شد. تعداد تیمارها ۱۲ بوده که هر تیمار دارای ٤ تکرار بود. تیمار های مورد استفاده عبارت بودند از:

شاهد (محلول پایه هوگلند)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مولارکلرید سدیم، ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توام با ۵ میلی مولار کلرید کلسیم، ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توام با ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم، ۵ میلی مولار از هر یک از نمکهای سولفات و نیترات کلسیم که بصورت جداگانه با ۵۰ و ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم توأم گردید، در تیمارها بکار برده شد.

محلولها پس از ساخت و تنظیم pH، به حجم ۱۵ میلی لیتر بطور یک روز در میان به گلدانها اضافه می شد. در فاصله بین دوتیمار از آب مقطر جهت مرطوب نگه داشتن گلدانها و ممانعت از تجمع بیش از حد نمک در گلدانها استفاده گردید. پس از ۸ هفته، از نمونه های گیاهی جهت بررسی پارامتر های مورد نظر و انجام الکتروفورز استفاده شد.

تعیین طول ساقه و ریشه: طول ساقه، از یقه گیاه تا جوانه انتهایی و طول ریشه از یقه گیاه تا نوک ریشه اصلی بر حسب سانتیمتر اندازه گیری شد.

تعیین وزن تر اندام هوایی و ریشه: پس از جدا کردن اندام هوایی و ریشه از یکدیگر، وزن هریک بر حسب گرم با ترازوی Sartorius مدل BP211D با دقت 0.0001g اندازه گیری شد.

خشک کردن نمونه های گیاهی: نمونه های گیاهی پس از آنکه بمدت ٦ دقیقه در الکل ۷٦٪ قرار گرفتند. سپس بمدت ٤٨ ساعت در آون (دمای ۸۰ درجه سانتی گراد) قرار داده شد. نمونه های خشک حاصل جهت اندازه گیری غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی مورد استفاده قرار گرفت.

تعیین غلظت یونهای Ca^{2+} K^{+}, Na^{+}, Fe^{2+} و Zn^{2+} در بافت گیاهی: بمنظور اندازه گیری یونهای فوق از روش جذب اتمی استفاده شد. اندازه گیری این یونها در ریشه واندام هوایی انجام شد. برای این منظور ۰/۵ گرم از بافت گیاهی خشک را در ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ بمدت ٢٤ ساعت قرار داده تا نمونه گیاهی بخوبی در اسید حل شود. بعد از این مدت محلول حاصل را گرم کرده تا بخارات اسیدی از محلول خارج شوند. سپس حجم محلول را به ۵۰ میلی لیتر رسانده و از کاغذ صافی عبور داده شدند. از محلول بدست آمده برای اندازه گیری در دستگاه جذب اتمی Varian (مدل Spectra aa) استفاده شد. میزان تزریق نمونه ٦ میلی لیتر در دقیقه بود. جهت تعیین غلظت یونها، استاندارد هر یون را قبل از اندازه گیری نمونه به دستگاه تزریق کرده و نمودار استاندارد مربوطه رسم شد. داده های بدست آمده با نرم افزار SPSS ، طرح کامل تصادفی، آزمون LSD و آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی دار ۵ درصد تحلیل آماری گردید.

انجام الکتروفورز با روش SDS-PAGE: جهت انجام الکتروفورز پروتئین های ریشه و اندام هوایی، از تکنیک SDS-PAGE به روش Lammlie استفاده گردید (۱ و۲).

استخراج پروتئین و آماده سازی نمونه: بافت گیاهی با بافر استخراج تریس-ساکارز در محیط یخ ساییده شده و محلول حاصل سانتریفوژ و ۳۰ میکرو لیتر از محلول رویی با حجم مساوی از بافر نمونه مخلوط گردید. نمونه ها بمدت یک دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و از این محلول جهت تزریق در ژل استفاده گردید.

Archive of SID
www.SID.ir

تهیه ژل : غلظت بخش بالای ژل الکتروفورز ۳/۷۵ درصد آکریل آمید و غلظت بخش پایین ژل ۱۲/۵ درصد آکریل آمید بود. پس از تهیه ژل، ۳۰ میکرو لیتر از نمونه های آماده شده و محلول مارکر پروتئین IV,VIII (ساخت شرکت مرک آلمان)، در چاهکهای ایجاد شده تزریق گردید. بعد از خاتمه عمل الکتروفورز از محلول تثبیت کننده برای تثبیت پروتئین ها بر روی ژل استفاده شد. رنگ آمیزی ژل با کوماسی بلو و رنگبری آن با محلول متانول و استیک اسید انجام گردید. برای تعیین تقریبی وزن مولکولی هر باند پلی پپتیدی ظاهر شده بر روی ژل، تحرک نسبی باند پروتئینهای استاندارد با تحرک نسبی هر باند پروتئینی بدست آمده تطبیق داده شد. سپس الگوهای پلی پپتیدی بدست آمده در تیمارهای مختلف با هم مقایسه گردیدند.

نتایج

نتایج مربوط به مرحله رویشی گیاه، حاصل گیاهانی با ۸ هفته است. اما در تیمار ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم، بدلیل از بین رفتن گیاهان تحت تیمار پس از ٤ هفته رشد، نمونه های تیمار شده پس از ۲۵ روز برای سنجش پارامترهای مختلف و نگهداری جهت الکتروفورز برداشت شد.

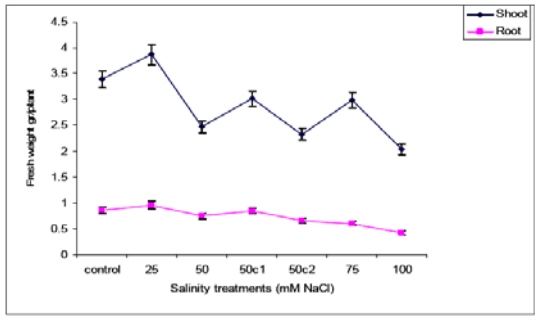
با توجه به سنجش پارامتر های مورفولوژیک و شیمیایی، حد تحمل این گیاه به کلرید سدیم تا میزان ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم تشخیص داده شد. داده های حاصل از اندازه گیری طول ساقه و ریشه نشان داد که مصرف کلرید کلسیم (۵ میلی مولار) همراه با کلرید سدیم (۵۰ میلی مولار) موجب افزایش طول ریشه و اندام هوایی نسبت به تیمار کلرید سدیم (۵۰ میلی مولار) گردید. استفاده از کلرید کلسیم به میزان ۱۰ میلی مولار توام با همین غلظت نمک سدیم موجب کاهش معنی دار طول ساقه نسبت به تیمار ۵۰ میلی مولار نمک شد ولی طول ریشه را افزایش داد (جدول شماره۱).

بطور کلی در تیمار کلرید سدیم (۷۵ میلی مولار) رشد ریشه نسبت به گیاه شاهد افزایش نشان داد در حالیکه وزن تر ریشه کاهش یافت. طول ساقه نیز در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم نسبت به کنترل کاهش چشمگیری داشت (جدول ۱ و نمودار ۱).

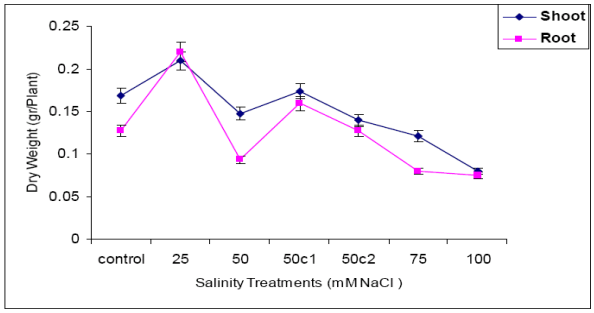
نتایج حاصل از تأثیر ۵ میلی مولار از نمک های کلسیم بر بهبود طول ریشه، نشان داد که کلرید کلسیم و سولفات کلسیم بهترین تأثیر را در افزایش طول ریشه در تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم دارد. در تیمارهای ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، نمک های کلسیم قادر به بهبود سیستم ریشه ای نبودند (جدول ۱) . طول ساقه نیز تحت تأثیر نمکهای مختلف کلسیم همراه با تیمارهای کلرید سدیم قرار گرفت. بهترین تأثیر مربوط به سولفات کلسیم و کلرید کلسیم بود بطوریکه طول ساقه در تیمار حاوی ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و نمکهای کلرید و سولفات افزایش زیادی نسبت به تیمار ۵۰ میلی مولار شوری به تنهایی نشان داد. در تیمار های ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم هیچ یک از نمکهای کلسیم تأثیری در افزایش این پارامتر همانند ریشه نداشتند (جدول ۱).

بررسی نتایج حاصل از اندازه گیری وزن تر و خشک ریشه و ساقه گیاه *Descuriania sophia* تحت تیمارهای مختلف کلرید سدیم و کلسیم نشان داد که ؛ وزن تر ریشه در تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توأم با نمکهای کلرید و سولفات کلسیم نسبت بهمین تیمار نمک بتنهایی، افزایش چشمگیری یافت. نیترات کلسیم تأثیر مفیدی بر گیاه تحت تنش اعمال نکرده و وزن تر و خشک ریشه را در تیمار۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توأم با ۵ میلی مولار نیترات کلسیم نسبت به ۵۰ میلی مولار نمک فاقد کلسیم کاهش داد. همین موضوع در مورد وزن تر و خشک ساقه نیز صدق می کند. نمکهای سولفات و کلرید کلسیم تأثیری مثبت بر بهبود وزن تر ساقه در تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم حاوی این

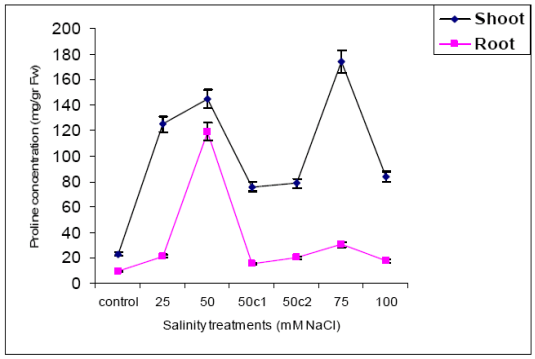
Archive of SID
www.SID.ir



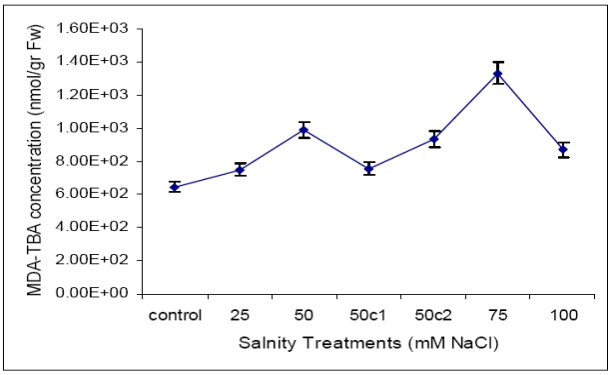
نمودار شماره ۱



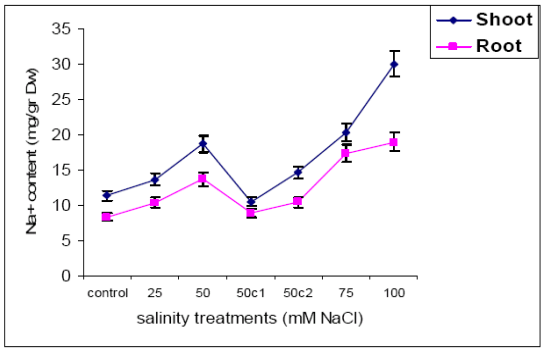
نمودار شماره ۲



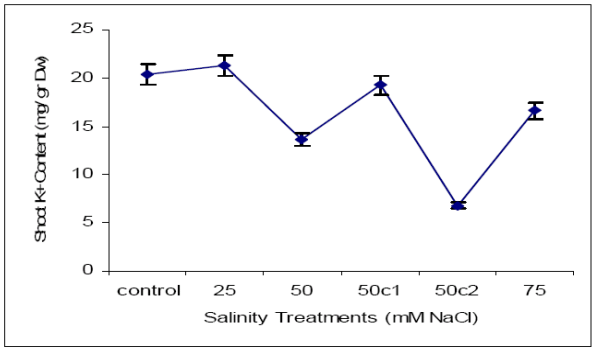
نمودار شماره۳



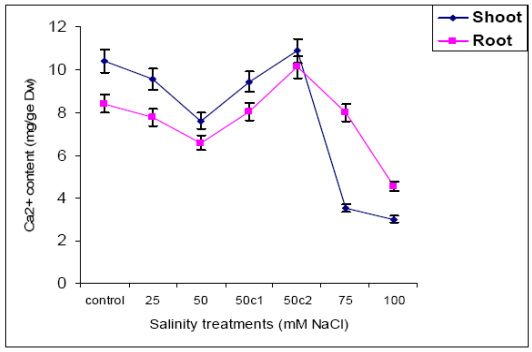
نمودار شماره ٤



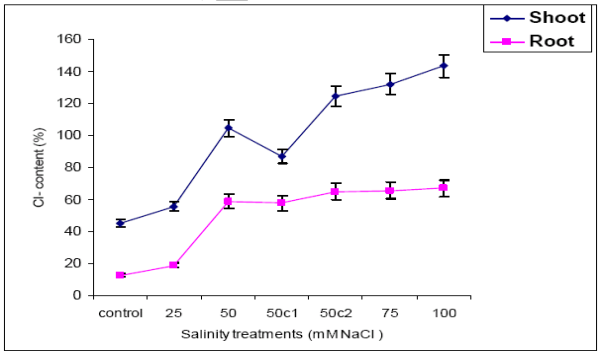
نمودار شماره ٥



نمودار شماره ٦



نمودار شماره ۷



نمودار شماره ۸

نمودار ۱ الی ۸: تاثیر میزان مختلف شوری و کلسیم بر وزن تر (نمودار شماره ۱)، وزن خشک (نمودار شماره ۲)، میزان پرولین (نمودار شماره ۳)، MDA (نمودار شماره ٤)، تجمع سدیم (نمودار شماره ٥)، پتاسیم اندام هوایی (نمودار شماره ٦)،کلسیم (نمودار شماره ۷) و کلر (نمودار شماره ۸) گیاه . c1 و c2 به ترتیب دارای ٥ و ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم می باشند ($P = 0.05$).

www.SID.ir

جدول۱: جدول مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی مورد سنجش در بین تیمارهای مختلف شوری در سطح معنی دار ۵ در صد.تعداد تکرار

صفات سنجش شده / تیمار	طول اندام هوایی (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایید (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
کنترل(شاهد)	۱۲/۵ ± ۰/٤	۱۲/۱۸ ± ۰/۹	۳/۸۹ ± ۰/۸	۰/۸٦ ± ۰/٤	۰/۱۷ ± ۰/۰۲	۰/۱۳ ± ۰/۰۱
۲۵ میلی مولار کلرید سدیم	۱۵/۲۷ ± ۰/٦	۱۷/۱۸ ± ۱	۳/۹٤ ± ۰/۹۱	۰/۹٦ ± ۰/۱	۰/۲۱ ± ۰/۰۲	۰/۲۲ ± ۰/۰۱٦
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم	۱۰ ± ۰/۳	۹/۲۵ ± ۰/۸	۲/٤۷ ± ۰/٦۷	۰/۷٤ ± ۰/۰۵	۰/۱۵ ± ۰/۰۱۵	۰/۰۹ ± ۰/۰۱
۷۵ میلی مولار کلرید سدیم	۹/۳۳ ± ۰/۲	۱٤ ± ۰/٦۵	۲/۹۹ ± ۰/۷٤	۰/٦ ± ۰/۰۱	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۱
۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۷/۱۲۵ ± ۰/۱۵	۱٤ ± ۰/٦۵	۸۲ ± ۰/٤۲	۰/٤۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۱
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار کلرید کلسیم	۱۵/۹۳ ± ۰/٦۵	۱۵/۳ ± ۰/٦	۳/۰۱ ± ۰/٤	۰/۸۵ ± ۰/۵	۰/۱۷ ± ۰/۰۲	۰/۱٦ ± ۰/۰۲
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم	۸/۷۸ ± ۰/۱۵	۱۲/۵٦ ± ۰/۹	۲/۳٤ ± ۱	۰/٦۵ ± ۰/۲	۰/۱٤ ± ۰/۰۱	۰/۱۳ ± ۰/۰۲۵
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار نیترات کلسیم	۸/۷۸ ± ۰/۱۵	۱۲/۵٦ ± ۰/٤	۱/۷٤ ± ۰/۳٤	۰/۲۸ ± ۰/۰۲	۰/۱ ± ۰/۰۱	۰/۱ ± ۰/۰۱۵
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار سولفات کلسیم	۱۷/۲۵ ± ۰/۷۸	۱٦/۵٤ ± ۰/۸	۳/٦۵ ± ۱	۰/۹۱ ± ۰/۲	۰/۲ ± ۰/۰۱۷	۰/۱۷ ± ۰/۰۲
۷۵میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار کلرید کلسیم	٦/۵٤ ± ۰/۳	۱۳/۵۸ ± ۱	۲/۰۲ ± ۰/٤	۰/٤۸ ± ۰/۲۵	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۱
۷۵میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار سولفات کلسیم	۷/۸۹ ± ۰/۲۵	۱۲ ± ۰/۵	۲/۱٤۵ ± ۰/۳۸	۰/۵۸ ± ۰/۰۳	۰/۱۳ ± ۰/۰۱۲	۰/۱ ± ۰/۰۱
۷۵ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار نیترات کلسیم	۸/٤۵ ± ۰/۳	۱٤/۲۵ ± ۱	۱/۹ ± ۰/۵	۰/۱۵ ± ۰/۰۱	۰/۱ ± ۰/۰۰۱۵	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱

٤ عدد و تعداد تیماره ۱۲ عدد بوده که بصورت طرح کامل تصادفی و آنالیز واریانس یکطرفه .(آزمون LSD) تحلیل آماری گردیده شد.

نمکها نسبت به تیمار شوری بدون کلسیم داشتند (جدول ۱ و نمودار ۲). در اندام هوایی میزان کلسیم در تیمار۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و ۵۰ میلی مولار این نمک توأم با۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم نسبت به شاهد، تفاوت چندانی در سطح معنی دار ۵ درصد نداشت. اما در تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم همراه با ۵ میلی مولار کلرید کلسیم، غلظت کلسیم ساقه نسبت به گیاه شاهد افزایش نشان داد و در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، میزان تجمع کلسیم نسبت به کنترل کاهش معنی دار در سطح ۵ درصد داشت (نمودار ۷ و جدول ۲).

در بافت ریشه تحت تیمارهای ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و همچنین ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توأم با ۱۰ میلی مولار کلسیم، تجمع بیشتری از کلسیم نسبت به شاهد وجود داشت. در تیمارهای دیگر تغییر چندانی در میزان این عنصر نسبت به شاهد مشاهده نگردید. بطور کلی میزان تجمع این عنصر در ریشه کمتر از اندام هوایی بود(نمودار ۷ و جدول ۲).

در غلظت ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم تفاوت معنی داری از نظر غلظت یون روی نسبت به گیاه شاهد مشاهده شد. اما در غلظت ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم تغییر معنی داری در غلظت روی نسبت به گیاه کنترل

Archive of SID

www.SID.ir

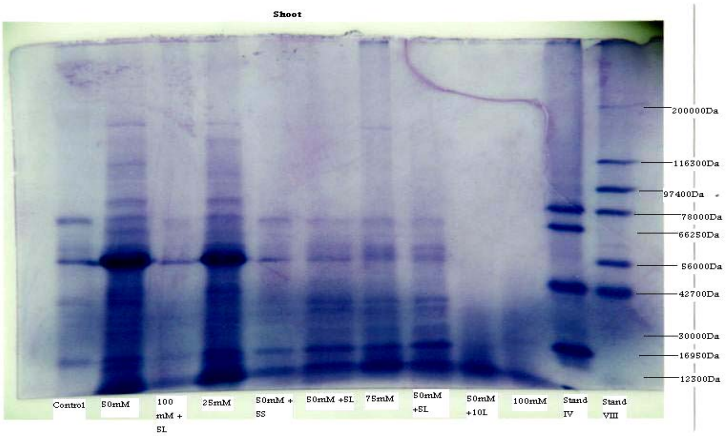
جدول۲: جدول مقایسه میانگین صفات شیمیایی مورد سنجش در بین تیمارهای مختلف شوری در سطح معنی دار ۵ در صد.تعداد تکرار ٤ عدد و تعداد تیماره ۱۲ عدد بوده که بصورت طرح کامل تصادفی و آنالیز واریانس یکطرفه (آزمون LSD) تحلیل آماری گردیده شد.

صفات سنجش شده / تیمار	میزان کلسیم اندام هوایی (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان کلسیم ریشه (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان روی اندام هوایی (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان روی ریشه (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان آهن اندام هوایی (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان آهن ریشه (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان پتاسیم اندام هوایی (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان پتاسیم ریشه (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان سدیم اندام هوایی (میلی گرم/گرم وزن خشک)	میزان سدیم ریشه (میلی گرم/گرم وزن خشک)
کنترل(شاهد)	۱۰/٤ ± ۰/۸	۸/٤ ± ۰/۷	۰/۰۷۵ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۳۱۱ ± ۰/۰۰٤	۱/۹۱ ± ۰/۲۱	۰/۰۸۵ ± ۰/۷٤	۲۰/۳٦ ± ۲/۵	۳/۰۲ ± ۰/۲۸	۱۱/۳٤ ± ۱/۲	۸/۳٤ ± ۰/۸
۲۵ میلی مولار کلرید سدیم	۹/٤ ± ۰/۷۵	۹/۱٦ ± ۰/۲	۰/۰۸۹ ± ۰/۰۱۸	۰/۰۲۷ ± ۰/۰۰۲	۱/۷۷ ± ۰/۲۰۱	۰/۶۵ ± ۰/۰۸۷	۱۲/۲٤ ± ۲/۶	٤/۲ ± ۰/۲۵	۱۳/٦٤ ± ۰/۸	۱۰/۳٤ ± ۲/٤
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم	۸/٦ ± ۱/۲	۱۲/۷ ± ۲/۳	۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۲۹ ± ۰/۰۰۲	۱/٤۱ ± ۰/۱۱	۰/٤۱ ± ۰/۰۱۲۱	۲/۷۸ ± ۰/۱۸	۱۳/٦۳ ± ۱/۹	۱۸/٦۸ ± ۲/۵	۱۳/٦۸ ± ۲/۱
۷۵ میلی مولار کلرید سدیم	۳/۵۲۱ ± ۰/۲	۸ ± ۰/٤	۰/۰۵٦ ± ۰/۰۰٤	۰/۰۲۱ ± ۰/۰۰۲۱	۱/٦۹ ± ۰/۱۸	۰/۳۵ ± ۰/۰۱٤	۲/٤ ± ۰/۱۲	۱٦/٦۲ ± ۱/٤	۲۰/۳٤ ± ۲/۸	۱۷/۳٤ ± ۲/۲
۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۸/۵٦ ± ۰/٤۸	۹/٤ ± ۰/٤۹	۰/۰۹۸ ± ۰/۰۱۹	۰/۰۲۱ ± ۰/۰۰۲۸	۱/۹۹ ± ۰/۳۱	۰/۸۵ ± ۰/۰۱۸	۲۰/٦ ± ۲/۸	۱/۳ ± ۰/۰۸۹	۲٤/۳٤ ± ۱/۲	۲۰/۱۸ ± ۲/۰۱
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار کلرید کلسیم	۹/٤۲ ± ۰/۳۷	۸/۰۲ ± ۰/۹	۰/۰۸۱ ± ۰/۰۱۷	۰/۰۳۱ ± ۰/۰۰۳۹	۱/۸۵ ± ۰/۲۵	۰/۳۱ ± ۰/۰۱۱	۱۹/۲۵ ± ۱/٤	٤/۳۱ ± ۰/۳٤	۱۰/٤۳ ± ۱/۹	۸/۸۸ ± ۰/۵
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم	۱۰/۸٦ ± ۲/٤	۱٦/۱۱ ± ۲/۱	۰/۰٤۳ ± ۰/۰۱۱	۰/۰۲٤ ± ۰/۰۰۳٤	۱/۲٤ ± ۰/۲۲	۰/۷۲ ± ۰/۰۲۱	٦/۷۹ ± ۰/٤	۱/۷٦ ± ۰/۱۹	۱٤/٦۵ ± ۲/۷۸	۱۰/٤۳ ± ۱/٤
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار نیترات کلسیم	۱۱/٤٤ ± ۱/۲	۱۲/٤۳ ± ۰/۸۵	۰/۰٤۵ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۲۱ ± ۰/۰۰۳۸	۱/۲۲ ± ۰/۳۸	۰/۲ ± ۰/۰۱۱	۱۱/۷ ± ۱/۵	۲/۵٦ ± ۰/۳۱	۱۵/۱۲ ± ۲/۱	۱۳/۱۲ ± ۳/۱
۵۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار سولفات کلسیم	۹/۵۳ ± ۰/۸۵	۹/۵٤ ± ۰/۷٤	۰/۰۷٤ ± ۰/۰۱	۰/۰٤۳ ± ۰/۰۰۵	۱/۹ ± ۰/۲۹	۰/۵۵ ± ۰/۰۱۸	۱۲/۵٤ ± ۱/۲	۱/۸٦ ± ۰/۱۸	۱۱/۸٦ ± ۰/۸	۱۰/۷٦ ± ۱/۸
۷۵میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار کلرید کلسیم	۲/۵٤ ± ۰/۳	۷/٦٦ ± ۱/۱	۰/۰۵۹ ± ۰/۰۰۸۹	۰/۰۲۵ ± ۰/۰۰۳	۱/۳۲ ± ۰/۲۸	۱/۳٤ ± ۰/۱۸	۱٤/۸۹ ± ۲/٤	۲/۲٤ ± ۰/۱۹	۲۳/۵٤ ± ۲/٤	۱۹/۵٤ ± ۱/۹
۷۵میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار سولفات کلسیم	۳/٦۵ ± ۰/۲۵	۸/۷٦ ± ۰/۹	۰۱۲ ± ۰/۰٦۸	۰/۰۳۲۲ ± ۰/۰۰٤۹	۱/٦٦ ± ۰/۳۸	۰/۸۷ ± ۰/۱۲	۱۷/۹ ± ۲/۸	۲/۳۲ ± ۰/۱۷	۲۱/۲۳ ± ۲/۳	۱۸/۲۳ ± ۰/۵
۷۵ میلی مولار کلرید سدیم + ۵ میلی مولار نیترات کلسیم	۳/٦۵ ± ۰/۲٤	۱۱/۲۳ ± ۱/٤	۰/۰۲٤ ± ۰/۰۰٤۸	/۰۲۱ ± ۰/۰۰۱	۱/۰۲۱ ± ۰/۱۵	۱/۲۸ ± ۰/۱۷	۱۳/۸۷ ± ۲/۳	۲/۱۳ ± ۰/۱۲	۲۲/۵٤ ± ۲/۹	۱۷/۵٤ ± ۰/۸۵

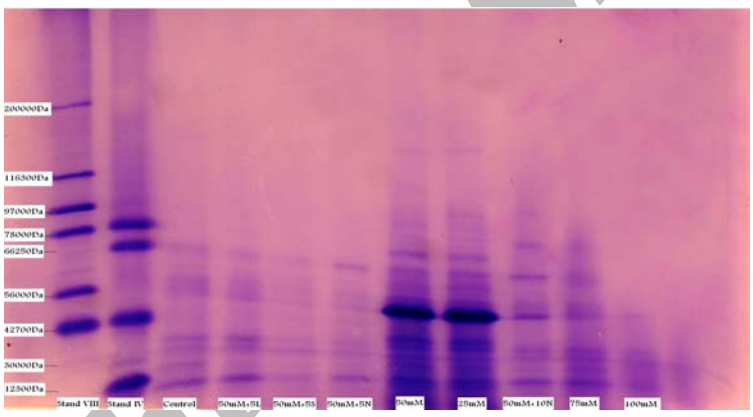
مشاهده نگردید. هنگامی که این تیمار (۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) با ۵ میلی مولار کلسیم همراه باشد، افزایش چشمگیری در غلظت این یون مشاهده می شود. افزودن میزان ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم به تیمارهای شوری مربوطه، باعث کاهش معنی دار میزان این یون نسبت بهمان تیمار بدون کلسیم می شود. کاربرد ۵ میلی مولار یون کلسیم در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم تغییر معنی دار در میزان یون روی نسبت به تیمار فاقد یون کلسیم نگردید (جدول ۲). کاهش میزان روی در ریشه در تیمار های ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توأم با ۱۰ میلی مولار کلسیم و تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، نسبت به شاهد معنی دار بود. در تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم میزان تجمع آهن موجود در اندام هوایی و ریشه گیاه نسبت به شاهد کاهش چشمگیری داشت. افزودن ۵ میلی مولار کلرید کلسیم به تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، میزان این یون را در اندام هوایی افزایش و در ریشه میزان آنرا کاهش می دهد که نشان دهنده انتقال آهن از ریشه به ساقه است. این مطلب در مورد تیمار ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم توأم با ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده نگردید. میزان آهن اندام هوایی در تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توأم با ۱۰ میلی مولار کلسیم

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: تأثیر تیمارهای مختلف شوری و نمکهای کلسیم بر باندهای الکتروفورزی پروتئینهای ساقه گیاه. 5S, 5L و 5N بترتیب حاوی ۵ میلی مولار از نمکهای سولفات، کلرید و نیترات کلسیم توأم با تیمار شوری مربوطه (کلرید سدیم) می باشند .



شکل ۲: تأثیر تیمارهای مختلف شوری و نمکهای کلسیم بر باندهای الکتروفورزی پروتئینهای ریشه گیاه. 5S, 5L و 5N بترتیب حاوی ۵ میلی مولار از نمکهای سولفات، کلرید و نیترات کلسیم توأم با تیمار شوری مربوطه (کلرید سدیم) می باشند.

نسبت به تیمارهای شاهد و ۵۰ میلی مولار نمک همراه با ۵ میلی مولار کلسیم کاهش معنی دار نشان داد. تجمع یونهای سدیم و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی نیز متأثر از میزان و نوع نمک کلسیم مورد استفاده است. میزان تجمع سدیم در ریشه و اندام هوایی گیاهانی که تحت تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم همراه با۵ میلی مولار از نمکهای کلسیم قرار گرفته اند، کمتر از تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم فاقد کلسیم بود (نمودار ۵ و٦). این اختلاف در میزان سدیم نشان دهنده تأثیر مثبت یون کلسیم در مقابله با شوری می باشد. در این تیمار های حاوی کلسیم، یون پتاسیم بهتر جذب شده و غلظت آن در ریشه و اندام هوایی گیاهان تحت تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم توام با ۵ میلی مولار کلرید کلسیم نسبت به تیمار ۵۰ میلی مولار نمک افزایش چشمگیری داشت (جدول ۲). مقایسه باندهای پروتئینی حاصل از الکتروفورز پروتئینهای اندام هوایی گیاهان تحت تیمارهای مختلف کلرید سدیم و کلسیم نشان داد که تفاوتهایی در باندهای الکتروفورزی تیمارهای ۲۵، ۵۰ و۷۵ میلی مولار کلرید سدیم نسبت به شاهد وجود دارد. بدین معنی که چندین پروتئین با وزن مولکولی در

www.SID.ir

محدوده KD ۱۷۰-٦٦ در گیاهان تحت این تیمارها وجود داشت که در شاهد مشاهده نشد. بکار بردن نمکهای کلسیم همراه با ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم از سنتز این پروتئینها جلوگیری کرده و این پروتئینها بر روی ژل (در تیمار های شوری مذکور) مشاهده نشدند. همچنین در تیمار های ۲۵ و ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، یک پروتئین KD ٥٦ به میزان بیشتری نسبت به سایر تیمارها سنتز شد و باندهای پررنگی نسبت به سایر تیمارها بر روی ژل ایجاد کرد. موارد مذکور در مورد پروتئینهای ریشه نیز صادق می باشد ولی باند های بدست آمده در بافت ریشه کم رنگ تر از اندام هوایی است (شکلهای ۱ و۲).

بحث

کلسیم دارای اعمال زیادی در متابولیسم گیاهی از جمله پایداری غشاءها، انتقال پیام از طریق پیک ثانویه و کنترل فعالیت آنزیمها است (۹). گزارشاتی وجود دارد که کلسیم در سطح سوبسترایی می تواند در مقابله با اثرات شوری به گیاهان کمک کند (۹). بسیاری از گیاهان حساس به شوری، وقتی در محیط شوری با غلظت بسیار پایین کلسیم قرار می گیرند، آسیبهای جدی به سیستم ریشه واندام هوایی آنها وارد می شود (۷). تخریب سیستم ریشه ای و اندام هوایی بدلیل ورود میزان زیاد سدیم و سایر عناصر (مانند کلر که بتدریج همراه سدیم جذب می شود) می باشد . در شرایط تنش بسیاری از عناصر بطور غیر انتخابی جذب ریشه می شوند و سمیت زیادی در گیاه ایجاد می کنند (۳ و ۱۱). گزارش شده است که جذب غیر انتخابی توسط سیستم ریشه ای می تواند بدین علت باشد که شوری، اختلاف pH در عرض غشاء تونوپلاست نوک ریشه را کاهش می دهد و منجر به جذب غیر انتخابی عناصر و در نهایت منجر به سمیت یونی (مانند سدیم) یا کمبود (مانند پتاسیم) می شود. حفظ گرادیان pH در عرض غشاء تونوپلاست ریشه گیاه تحت تنش، نقش مهمی در مقاومت گیاهان به نمک بازی می کند. یون کلسیم با تأثیر خود بر غشاء تونوپلاست اختلاف pH را حفظ می کند. گرادیان pH ممکن است عامل فعال کننده انتقال سدیم از سیتوپلاسم به واکوئل باشد و غلظت سیتوزولی سدیم را در سلول پایین می آورد (۸). این تحقیق نشان داد که در تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، نمک سدیم بطور آزادانه وارد گیاه شده و سمیت زیادی در گیاه ایجاد می کند (جدول ۲). کاربرد میزان مناسب یون کلسیم می تواند حداقل تا حدودی از ورود اضافی یون سدیم به گیاه ممانعت کند.

گزارش شده است که یون کلسیم اثرات منفی شوری بر انتقال آب به ریشه و ساقه گیاه را تخفیف داده و تغییرات مثبتی در وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاه ایجاد می کند (۸).

پیشنهاد شده است که Na^+ اتصال کلسیم را به غشاء پلاسمایی کاهش داده و ورود کلسیم به سلول را کم می کند، در نتیجه باعث خروج بیشتر کلسیم از گیاه می شود (۸). بهمین دلیل با توجه به نتایج بدست آمده در تحقیق انجام شده میزان کلسیم اندام هوایی گیاه در تیمار ۷۵ میلی مولار نمک نسبت به گیاه شاهد، کاهش چشمگیری نشان می دهد (جدول ۲).

تغییرات در میزان کلسیم سلولی یک پاسخ اولیه سلولها به تنش شوری است که در ابتدا این پیام توسط ریشه تولید می شود و در نهایت غلظت کلسیم اندام هوایی نیز کاهش می یابد.احتمالا بهبود اثرات شوری بر گیاهان توسط غلظت اضافی کلسیم بعلت ممانعت از تغییرات القا کننده Na^+ بر مقدار Ca^{2+} سلولی است (۱۱، ۱۷ و ۱۸). گیاهانی که Na^+ را از طریق ریشه خود دفع می کنند، اینکار از روش بازجذب دوباره سدیم از آوند چوبی ساقه توسط سلولهای ریشه صورت می گیرد (۳).

با توجه به نتایج موجود در جدول ۲ و نمودار ٦ می

Archive of SID
www.SID.ir

تـوان گفـت کـه یـون کلـسیم تـأثیر بـسزایی در تغذیـه پتاسیمی گیاه تحت تنش دارد. بکار بردن میزان ۵ میلـی مولار از کلسیم بویژه نمک های سـولفات و کلریـد آن، موجب افزایش تجمع پتاسیم و کاهش سدیم گیاه (هـم در ریشه وهم در اندام هوایی) نسبت به تیمار ۵۰ میلـی مولار شوری فاقد کلسیم شده و تغذیه پتاسیمی گیـاه را بهبود می بخشد (۱۸). گاهی تغذیه پتاسیمی گیاه یکـی از عوامل محدود کننـده رشـد گیـاه مـی باشـد. جـذب پتاسیم توسط ریشه با مکانیسمهای مختلفـی کنتـرل مـی شود. حداقل دو مکانیسم وجـود دارد کـه پتاسـیم را در عرض غشاء سلولهای ریـشه انتقـال مـی دهـد، ایـن دو مکانیسم شامل سیستمهای انتقال K^+ با میل ترکیبی بالا و پایین است. چون در بیشتر مواقـع خاکهـا دارای غلظـت کمتر از یک میلی مولار پتاسیم می باشند، سیستم با میـل ترکیبی بالا برای تغذیه پتاسیمی گیاه حالـت غالـب بـه خود می گیرد (۱۱). این سیستمها توسط کلـسیم قابـل تنظیم است. در هنگام تنش نمک، مکانیسم انتقال پتاسیم در ریشه گیاه تحـت تـنش را کلـسیم فعـال مـی کنـد و افزایش کلسیم خارج سلولی موجب بـالا بـردن پتاسـیم سیتوسولی می شود (۱۱).

استفاده از نمکهای مختلف کلسیم در تیمارهـای شـوری نـشان داد کـه نمکهـای سـولفات و کلریـد دارای تـأثیر بهتری نسبت به نیترات کلسیم در جهت رفع آثار شوری در گیاه می باشند.سـولفات کلـسیم بـه دلیـل دارا بـودن آنیون سولفات، قادر به ایجاد سمیت یونی در سلول نمی باشد. چرا که نسبت C/N (میزان کربن بافت گیاهی بـه نیتروژن آن) گیاه کمتر تحت تأثیر این آنیـون قـرار مـی گیرد. همچنین در pH مناسب، حلالیت این نمک نسبت به دو نمک دیگر کمتر بوده و غلظت کلسیم پایین تـری را در محیط غذایی ایجاد می کند. بنـابراین رفـع بیـشتر آثار شوری در گیاه مربوط به این نمـک اسـت. نیتـرات کلسیم بدلیل جذب بیشتر آن توسط ریشه و بر هـم زدن نسبت C/N، اثرات سمی بر گیـاه تحـت تـنش داشـته و رشد گیاه را کاهش می دهد. گـزارش شـده اسـت کـه؛ چنانچه مقادیر زیادی نیترات بوسیله سلولهای گیـاهی از محلول غذایی جذب و در واکوئل جمع شود، مـضرات زیادی را در پی دارد. بطوریکه H^+-ATPase تونوپلاست توسط نیترات ممانعت شده و یون سدیم به واکوئل نفوذ نمی کند و همچنین تعادل آبی گیاه نیز بهم می خورد (۵ و ۱۸).

یکی از تاثیرات منفی تنش شـوری، بـر هـم زدن تعـادل یونهای تغذیه ای گیاه مانند یون دو ظرفیتـی روی (Zn^{2+}) و آهـن (Fe^{2+}) مـی باشـد. در تحقیـق انجـام شـده، تغییرات غلظـت یـون روی وآهـن موجـود در قـسمت هوایی این گیاه مورد بررسی قرار گرفت . نتایج بدسـت آمده نشان داد کـه افـزایش معنـی داری در غلظـت ایـن یونها به هنگام استفاده از تیمـار ۵۰ میلـی مـولار نمـک سدیم همراه با ۵ میلی مولار کلسیم نسبت بـه تیمـار ۵۰ میلی مولار نمک بـدون کلـسیم وجـود دارد. ایـن تغییـر میزان یون روی و آهـن مـی توانـد بعلـت تـأثیر یـون کلـسیم در پایـدار نمـودن غـشاءهای سـلولی و کنتـرل فعالیت کانالهای یونی باشد و در زمانی کـه غلظـت آن در حد اپتیمم نباشد (به عنوان مثال ۱۰ میلی مولار کلرید کلسیم مورد استفاده در آزمایش حاضر) این اثر کلـسیم مشاهده نمی شود. گزارش شده است که کاهش میـزان یون روی در گیاه، ساخت اسید آمینـه تریپتوفـان (پـیش ماده اصلی در مسیر بیوسـنتز اکـسین) را کـاهش داده و موجب کاهش رشد گیاه نسبت به گیاه شاهد مـی شـود. این کاهش رشد در این تحقیـق بـر روی خاکـشیر نیـز مشاهده شد. کلسیم اضافی موجب نفوذ ناپـذیری غـشاء شده و ورود سایر عناصر مانند کلر را دچار اشـکال مـی کند و در نتیجه سـمیت بیـشتر مربـوط بـه کلـسیم مـی باشد(۱۱).

با توجه به باند های الکتروفورزی بدست آمده، بنظر می رسد سنتز پروتئین۵٦ KD دالتونی تحـت تـنش شـوری افزایش یافته و نقش مهمی در افزایش مقاومت گیـاه بـه

Archive of SID
www.SID.ir

شوری و پاسخ گیاه به این تنش داشته باشد. همچنین سنتز پروتئینهای جدید در محدوده وزن مولکولی ۱۷۰KD-٦٦ دالتون (در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار نمک)،ممکن است نقش مشابهی داشته باشد. گزارش شده است که در تیمار های شوری که توأم با کلسیم می با شد، ژن تولید چنین پروتئینهایی غیر فعال شده و بدلیل نقش کلیدی کلسیم در گیاه نیازی به تولید چنین پروتئینهایی نمی باشد (۱۳ و ۱۷). این موضوع در این تحقیق نیز مشاهده شد، چرا که باند های پروتئینی تیمارهای شوری توأم با کلسیم نسبت به شاهد تفاوت چندانی ندارند.

نتیجه گیری کلی آنکه تنظیم کلسیم محیط اطراف ریشه (از طریق استفاده از نمکهایی مانند سولفات کلسیم) امکان پرورش گیاهان حساس به شوری در محیط با میزان نمک بالا را فراهم می آورد. و میتوان با این روش مقاومت گیاهان حساس به تنش شوری را افزایش داد.

تشکر و قدردانی: بدینوسیله از آقای مهندس ترکزاده که در زمینه اجرای روشهای جذب اتمی واسپکتروفتومتری و خانم نظری که در زمینه تکنیک الکتروفورز با اینجانب همکاری داشته اند، تشکر و قدردانی می نمایم.

منابع

۱- حسینی، سید محمد.۱۳۷۹. بررسی فیزیولوژیکی مقاومت به سرما در پنج رقم پسته رفسنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۲- کرامت ، بتول . ۱۳۷۹. مطالعه سیستم تثبیت ازت آگروباکتریوم تومافاشینس در سه رقم یونجه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

3–Bayuelo-jimenez, J.S., & Debouch, D.G. 2003. Growth , gas exchange ,water relation and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions. *Field Crops Research*. **80**: 207-222.

4–Cachorro, P., Ortiz, A., & Cedra, A., 1993. Growth , water relations and solute composition of *Phaseolus vulgaris* L. under saline condition. *Plant Sci*. **95**: 22-32.

5–Caines, Angela M. & Carol, Shenan . 1999. Interactive effects of Ca^{2+} and NaCl salinity on the growth of two tomato genotypes differing in Ca^{2+} use efficiency. *Plant Physiol. Biochem*. 569-576.

6–Chen, C.C.S., & Plant , A.L. 1999. Salt-induced proteins synthesis in tomato roots :The role of ABA. *Journal of Experimental Botany*. **50**: 677-678.

7–kramer, G.R., Epstein, E., & Lauchli, A. 1990. Effects of Sodium , Potassium and Calcium on salt-stressed barley. I . *Growth analysis. Physiol . Plant*. **80** : 83-88.

8–Kramer, G.R., Lauchli, A., & Polito, V.S. 1985. Displacement of Ca by Na from the plasmalemma of root cells.A primary response to salt stress. *Plant Physiol*. **79**: 207-211.

9–Kramer, G.R., Lynch, J., & Epstein, E. 1987. Influx of Na, K and Ca into roots of salt-stressed cotton seedlings. *Plant Physiol*. **83** : 510-516.

10–Lauchli, A., & Schubert, S. 1989. The role of Calcium in the regulation of membrane and cellular growth processes under salt stress. *Enviromental stress in plants.* 131-138.

11–Liu, J., & Zhu, J.K. 1997. An *Arabidopsis* mutant that requires increased Calcium for Potassium nutrition and salt tolerance. *Proceeding of the National Academi of Science. USA*. **94**: 14960-14964.

12–Lynch, J., & Lauchli, A.1985. Salt stress disturb the Calcium nutrition on barley (*Hordeum vulgar* L.). *New Phytol*. **99**: 345-354.

13–Ramagopal, S. 1987. Differentational mRNA transcription during salinity stress in barley. *Proceeding of the National Academi of Sciences.USA*. **84**: 94-98.

14–Ramagopal, S. 1987. Salinity stress induced tissue-specific proteins in barley seedlings. *Plant Physiology*. **84**: 324-331.

15–Rengel, Z. 1992.The role of calcium in salt toxicity. *Plant Cell Environ*. **15**: 625-632.

Archive of SID
www.SID.ir

16–Ruiz,D., Martinez, V., & Cedra, A. 1999. Demarcating specific ion and osmotic effects in the response of two Citrus to salinity. *Scientia Horticulturae.* **80**: 213-224.

17–Rus, A., Yokoi, S., Reddy, M., & Koiwa, H. 2001. AtHKT1 is a salt tolerance determinant that controls Na^+ entry in to plantroots. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.

18–Silberbush, M., & Ben-Asher, J. 1989. The effect of NaCl concentration on NO_3^-, K^+ and orthophosphate-P influx to Peanut roots. *Plant Physiology* . **39**: 279-287.

The effect of Calcium ion on changes growth, accumulation of nutrient elements and electrophoretic pattern of polypeptides in *Descurainia sophia* under salt stress

Mozafar M. and Kalantari Kh.

Shahid Bahonar Univ., International Center of Science , High Technology & Enviromental Sciences, Kerman, I.R. of Iran

Abstract

Calcium plays an important role in the resistance of plants to the salt stress. In the present research, the effects of different calcium salts (Calcium Sulphate, Chloride and Nitrate) at various concentrations on the resistance of *Descurainia Sophia* which were under salt stress were studied. The plants were grown in vermiculite medium using pots. Before applying the salt treatments, plants were subjected to a based nutrient solution (Hoagland solution) for 1 week. After 8 weeks, the shoot and root length, shoot and root fresh weight and the concentration of Na^+, Ca^{2+}, K^+, Zn^{2+} and Fe^{2+} in plant tissues was determined by using atomic absorption method.To assess the effect of salinity and Calcium treatments on electrophoretic polypeptide patterns, shoot and root proteins were separated on SDS-PAGE gels. All data were analyzed by using full randomize plots and one-way ANOVA (LSD test). The results indicated that solutions containing 5 mM $CaCl_2$ and 5 mM $CaSO_4$ with 50mM NaCl have best effect on plant morphological (FW, DW and root and shoot length) and chemical paramteres (K^+, Fe^{2+} and Zn^{2+}). Comparison between Polypeptide patterns of treatments showed that the Calcium effected proteins synthesis in plant under salt stress. With the plants treated with 25 and 50 mM NaCl, polypeptide bands (56 KDa) were more condensed than with the control. Bands of polypeptide with the molecular weight of 66-170KDa were observed in plants treated with 25, 50 and 75 mM NaCl. These bands were not observed in plants pretreated with Calcium ion.

Keywords : salt stress ,calcium, electerophoresis, *Descuriania sophia*

Archive of SID

www.SID.ir