نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۱، ص ۱۹۷-۱۸۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 1, Spring. 2012, p. 189-197

ارزیابی تعدیل تنش شوری با استفاده از کلسیم و پتاسیم در گیاه دارویی زنیان

(*Carum copticum* L.)

سمیه میرزایی[۱]- اصغر رحیمی[۲*]- حسین دشتی[۳] - شهاب مداح حسینی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۶

چکیده

به منظور تعیین اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم در شرایط تنش شوری بر گیاه زنیان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط هیدروپونیک گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی ولی‌عصر رفسنجان در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. فاکتور اول شامل شوری با سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و فاکتور دوم شامل پنج نوع محلول غذایی N_1 (محلول غذایی هوگلند به عنوان تیمار شاهد)، N_2 (محلول غذایی هوگلند + $CaCl_2$ با غلظت ۴۰ میلی مولار در محلول غذایی)، N_3 (محلول غذایی هوگلند + $CaCl_2$ به صورت اسپری با غلظت ۲۰ میلی مولار بر روی شاخساره ها)، N_4 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 با غلظت۴۰ میلی مولار به صورت محلول همراه با آب آبیاری) و N_5 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 به صورت اسپری با غلظت۲۰ میلی‌مولار بر روی شاخساره‌ها) بود. نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت نمک تاثیر معنی داری در افزایش محتوای سدیم برگ داشت، به‌طوری‌که کمترین محتوای سدیم در تیمار شاهد و بیشترین آن در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. با افزایش غلظت نمک محتوای یون‌های پتاسیم، کلسیم و منیزیم بطور معنی‌داری در اندام‌های هوایی زنیان کاهش نشان یافت. شوری باعث افزایش قندهای محلول در زنیان گردید ولی نوع محلول غذایی و اثر متقابل شوری و محلول‌غذایی، میزان قندهای محلول را متاثر نکرد. بیشترین میزان پروتئین در سطح تیمار شاهد و کمترین میزان آن در تیمار ۱۰۰میلی‌مولار مشاهده شد. نوع محلول غذایی نیز بر میزان پروتئین گیاه تاثیر گذاشت، به‌طوریکه بیشترین میزان پروتئین در تیمار N_3 و کمترین میزان در تیمار N_5 مشاهده شد.

واژه های کلیدی: پروتئین، روابط یونی، قندهای محلول، هیدروپونیک

مقدمه

شوری از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای سرزمین ما محسوب می‌شود، حدود ۵۰ درصد از اراضی کشور ما به نحوی با مشکل شوری مواجه‌اند و کمبود آب نیز به این مشکل می‌افزاید (۳). با توجه به اینکه بیشتر زمین‌های شور دنیا در مناطقی وجود دارد که از انرژی خورشید فوق العاده بهره‌مند می‌باشند و این انرژی توسط گیاهان قابل بهره برداری است، بنابراین باید با برنامه‌ریزی‌های دقیق، انتخاب و یا اصلاح گیاهان مقاوم به شوری از چنین موقعیت مناسبی استفاده بهینه نمود. شناسایی محصولات و ارقام مقاوم به شوری و میزان عملکرد آن‌ها در اثر استفاده از آب‌های شور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۴، ۵). در طی بروز تنش شوری علاوه بر کاهش جذب آب، تجمع برخی از یون‌ها در غلظت بالا در بافت گیاهان می‌تواند منجر به ایجاد سمیت و یا عدم تعادل یونی شود. به دلیل فراوانی و غالبیت دو یون Na^+ و Cl^- در خاک و آب‌های شور از جذب بسیاری از عناصر پر مصرف و کم مصرف کاسته می‌شود از این رو نسبت غلظت یون‌های سدیم در مقایسه با کلسیم و پتاسیم افزایش می‌یابد (۱۲). در مقاومت به تنش شوری، قندهای الکلی، ساده و مرکب به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی و محلول‌های سازگار تولید می‌شود. عمل فیزیولوژیک این قندها، ممانعت از اتصال بین غشاهای مجاور هم در طول دوره تنش از طریق نگهداری لیپیدها در حالت سیالیت می‌باشد (۱۴). یکی از راهکارهای درک توانایی گیاه در برابر این تنش‌ها، شناسایی تغییرات میزان پروتئین‌آن‌ها است. یکی از تاثیرات سوء تنش شوری بر روی گیاهان، بر هم زدن تعادل عناصر غذایی مهمی از جمله پتاسیم، آهن و کلسیم بوده که غلظت این عناصر در گیاه

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان
(*-نویسنده مسئول: Email: Rahimiasg@gmail.com)

تحت تاثیر میزان سدیم و کلسیم خارج سلولی می‌باشد. یون‌های کلسیم و سدیم دارای اثرات رقابتی با یکدیگر بوده و تنظیم مناسب این دو عنصر بر غلظت عناصر غذایی مذکور تاثیر بسزایی دارد (۱۶). نقش محلول پاشی کلسیم در بهبود و اصلاح اثرات مخرب کلرید سدیم بر رشد گیاهان تحت تنش به خوبی اثبات شده است (۶، ۱۰، ۱۷). لوپز و همکاران (۱۱) طی تحقیقی روی گوجه‌فرنگی اظهار داشتند که بسیاری از گیاهان حساس به شوری مانند گوجه فرنگی و لوبیا به مقدار زیادی کلسیم نیاز دارند و درصورت وجود غلظت مناسبی از کلسیم، مقاومت این گیاهان به شوری بیشتر شده و افزایش در عملکرد آن‌ها مشاهده می‌شود زیرا وجود کلسیم در خاک از تجمع سدیم در گیاه جلوگیری می‌کند. تحقیقات نشان داد که در صورت وجود میزان مناسبی از کلسیم در محیط رشد ریشه، جذب عناصری مانند پتاسیم بهبود یافت (۱۱، ۱۳). جیانگ و دانگ (۹) در تحقیقی روی پنبه گزار کردند که افزودن کلسیم به عنوان کاتیون اضافی به محیط خارجی رشد گیاه پنبه، اثرات سوء نمک سدیم را تعدیل نموده است. تحقیقات انجام شده توسط جیان و دوان (۹) همچنین نشان داد که کلسیم و پتاسیم نقش قابل توجهی در رشد و تحمل شوری در پنبه دارد. به طور کلی گزارشات متعددی مبنی بر اثرات سودمند کلسیم در تخفیف اثرات سوء شوری آورده شده است که در اکثر آن‌ها این اثرات به حفظ عمل غشاء پلاسمایی و نگهداری سلامت و انسجام در ریشه و ساقه مرتبط است (۱۰،۱۴).

گیاه زنیان از جمله گیاهان دارویی می‌باشد که در طب سنتی از بذر و ریشه آن استفاده فراوانی می‌شود و به عنوان زیادکننده تنفس و کاهش ترشح اسید معده بکار می‌رود. گیاه زنیان بومی ایران، مصر، هند و برخی از کشور های اروپایی است و از متحمل ترین گیاهان دارویی نسبت به شوری محسوب می‌شود و در خاک‌های قلیایی نیز تحمل خوبی دارد (۲). شناخت توانایی گیاهان دارویی در شرایط تنش شوری منجر به بکار گیری آنان در برنامه ریزی تناوب زراعی می‌شود و افزایش تنوع گونه ای در سیستم‌های زراعی از شکنندگی این سیستم‌ها می‌کاهد (۱). وفور منابع آب و خاک شور از یک طرف و استعداد گیاه زنیان در مقاومت به شوری و همچنین کاربری دارویی این گیاه انگیزه پژوهش حاضر در راستای شناسایی اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم بر مقاومت به شوری این گیاه بود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم در شرایط تنش شوری بر گیاه زنیان آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی ولی‌عصر رفسنجان صورت گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل شوری سه سطح NaCl ۰ (S_1 یا شاهد) ، ۵۰ میلی‌مولار معادل ۴/۵۳ دسی زیمنس بر متر) (S_2) و ۱۰۰ میلی‌مولار معادل ۸/۲۳ دسی زیمنس بر متر (S_3) و عامل دوم شامل پنج نوع محلول غذایی N_1 (محلول غذایی هوگلند با EC=۱/۵ و PH=۷ به عنوان تیمار شاهد) ، N_2 (محلول غذایی هوگلند + $CaCl_2$ با غلظت ۴۰ میلی مولار در محلول غذایی) ، N_3 (محلول غذایی هوگلند + $CaCl_2$ به صورت اسپری با غلظت ۲۰میلی مولار بر روی شاخسارها)، N_4 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 با غلظت ۴۰ میلی مولار به صورت محلول همراه با آب آبیاری) و N_5 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 به صورت اسپری با غلظت ۲۰میلی مولار بر روی شاخسارها) بودند. دمای گلخانه در روز ۴±۳۰ و دمای شب بین ۴±۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شد و رطوبت نسبی گلخانه بین ۵۵ تا ۷۰ درصد بود. به ترتیب بین از نظر زمان کوددهی کلیه تیمارها یکسان در نظر گرفته شدند. بذور پس از ضدعفونی در محلول ویتاواکس ۱۰٪ در گلدان‌های پلاستیکی با حجم ۶ لیتر حاوی پرلیت، کوکوپیت و ماسه به نسبت ۱:۱:۱ کشت و سپس با آب مقطر آبیاری شدند. دو هفته پس از کشت به منظور حفظ تراکم مطلوب عمل تنک کردن صورت گرفته و تعداد پنج بوته در هر گلدان نگه داشته شد، ده روز بعد از عمل تنک، تیمارهای شوری و کود به صورت تدریجی در خاک گلدان ها طی سه مرحله آبیاری، اعمال شدند. اندازه گیری‌ها حدود ۳۰ روز بعد از اعمال حداکثر میزان شوری (شروع گلدهی) صورت گرفت. اندازه گیری قند محلول از روش نلسون (۱۵) اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ابتدا ۰/۵ گرم نمونه خشک برگ در هاون کوبیده و ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به هر نمونه اضافه شد و داخل لوله سانتریفیوژ قرار گرفت، سپس ۵ میلی‌لیتر الکل ۷۰ درصد به لوله سانتریفیوژ اضافه شده و نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند، بعد از سانتریفیوژ ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول سانتریفیوژ شده (عصاره گیاه) و ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه به نمونه‌ها اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند، بعد از خنک شدن در دمای محیط میزان جذب نور محلول در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد و با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف گلوکز، میزان قند تعیین گردید. برای اندازه گیری محتوای پروتئین ابتدا ۰/۲ گرم نمونه تازه تا چهار رقم اعشار وزن شده و در کاغذ مومی پیچیده و در داخل بالن‌های مخصوص انداخته شدند و یک قرص کوپریک (مس- سلینیوم) به هر یک از نمونه‌ها اضافه گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به بالن اضافه شد و نیم ساعت در همین حالت نمونه‌ها خیس خوردند، سپس ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به نمونه‌ها اضافه شد و نمونه‌ها در دستگاه هضم قرار گرفتند. نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت در حرارت‌های مختلف مورد هضم قرار گرفتند. سپس بعد از خنک شدن نمونه‌ها، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود ۵۰ درصد به نمونه‌ها اضافه و روی دستگاه تقطیر قرار داده شدند. زمانی‌که دو سوم از محلول تقطیر شد، ارلن

محتوای اسید بوریک با اسید کلریدریک (NHCL) ۰/۱ نرمال تیتر شد و عدد بورت یادداشت و در فرمول زیر ازت کل محاسبه گردید.

$$\%T.N = ((ml\ HCL * NHCL) / (0.2) * 1.4)$$

که در این رابطه T.N ازت کل، ml HCL عدد بورت حاصل از تیتره محتوای اسید بوریک و NHCL اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال می‌باشد. ازت کل به دست آمده در ۶/۶۳ ضرب و محتوای پروتئین بر حسب درصد بدست آمد (۷).

برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ‌های مورد نظر یک بوته در هرگلدان نمونه‌برداری شد، سپس برگها بلافاصله در فویل آلومینیمی پیچیده شده و در داخل یک کیسه پلاستیکی قرارگرفته و در جای خنک نگهداری شدند. وزن تازه دو ساعت بعد از برش تعیین شد. وزن آماس نمونه‌ها نیز پس از قرار دادن برگ ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای اتاق (تقریبا ۲۰ درجه سانتی گراد) توزین شد و در نهایت محتوای آب نسبی از رابطه زیر محاسبه شد (۱۳):

=(٪)محتوای آب نسبی

۱۰۰ ×(وزن خشک– وزن آماسیده/ وزن خشک– وزن تازه)

در نمونه‌برداری نهایی، میزان ۰/۲۵ گرم ماده خشک برگ بعد از ساییده شدن به مدت نیم ساعت در کوره با دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و بلافاصله به مدت دو و نیم ساعت در دمای۵۵۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت، بعد از خروج نمونه‌ها از کوره، ابتدا چند قطره آب مقطر (۴ تا ۵ قطره) به نمونه‌ها اضافه شد و در مرحله بعد ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به نمونه‌ها افزوده شد. در نهایت عصاره به دست آمده با استفاده از آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. از عصاره بدست آمده غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر و محتوای کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی، بر پایه محلول‌های استاندارد تهیه شده، تعیین گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای آب نسبی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سطوح مختلف شوری، نوع محلول غذایی و اثر متقابل آن‌ها محتوای آب نسبی را در این گیاه متاثر نکرد (جدول۱). در حالی‌که نجیمی و داود (۱۴) گزارش کردند که با افزایش شوری، مقدار محتوای نسبی آب و به طبع آن سرعت طویل شدن سلول در گیاه آتریپلکس کاهش می‌یابد. محققین متعددی (۶، ۱۰، ۱۴) اظهار داشتند که در اثر شوری، تورژسانس سلولی کاهش یافته و دیواره سلول‌ها سخت و ضخیم می‌گردد. در واقع تنش شوری ایجاد شده توسط غلظت‌های بالای نمک موجب از بین رفتن تعادل اسمزی و در نتیجه آب کشیدگی بافت‌ها و از بین رفتن آماس سلول‌ها می‌شود و در غلظت‌های بالا منجر به پژمردگی اندام‌های هوایی می‌گردد (۱۶). اهمیت فشار آماس زمانی مشخص می‌شود که کاهش آماس نسبی و رسیدن آن به مقدار کمتر از ۹۰٪ موجب کاهش رشد می‌شود، همچنین کمبود آب موجب پسابیدگی پروتوپلاسم گشته و به دلیل کاهش اندازه سلول‌ها و بدنبال آن کاهش تقسیم سلولی در اثر کمبود آب، کاهش رشد ساقه‌ها، برگ‌ها و میوه‌ها اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (۱۴). یکی از شاخص‌های تحمل به شوری حفظ آماس سلولی است که از این طریق گیاه با کاهش رشد در اثر شوری مقابله می‌کند (۱۳، ۱۴). نبود تاثیر معنی‌دار شوری بر محتوای آب نسبی احتمالا به‌دلیل مقاومت بالای گیاه زنیان به سطوح شوری اعمال شده در این آزمایش است.

روابط یونی

اختلاف سطوح مختلف شوری ($p\leq$۰/۰۵) و محلول غذایی ($p\leq$۰/۰۱) از نظر میزان سدیم در اندام‌هوایی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد سدیم اندام هوایی (۰/۸۹درصد) مربوط به سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار و کمترین درصد سدیم بافت گیاهی (۰/۵۹ درصد) مربوط به سطح شاهد بود (جدول ۲). هنگامی که گیاه در شرایط تنش شوری قرار می‌گیرد، جریان متعادل یون‌های سدیم، کلر و دیگر یون‌ها مانند پتاسیم و کلسیم به هم می‌خورد (۱۷). تنش شوری سبب اختلال در جذب مواد غذایی مورد نیاز رشد نیز می‌گردد، گیاهان در یک محیط شور، مقدار زیادی یون Na^+ را به جای یون‌های K^+ و Ca^{2+} جذب می‌کنند (۶، ۱۰). نوع محلول غذایی نیز به طور معنی داری محتوای Na^+ اندام‌های هوایی گیاه را متاثر کرد (جدول۱)، به طوری که بیشترین مقدار محتوای Na^+ (۰/۹۶ درصد) در سطح غذایی N_2(محلول غذایی و $CaCl_2$ به صورت محلول در آب آبیاری) و۰/۹۳ درصد در سطح محلول غذایی N_3 (محلول غذایی و $CaCl_2$ به صورت اسپری) می‌شود. کمترین محتوای Na^+ (۰/۵۹ درصد) در تیمار N_4 (محلول غذایی و KNO_3 به صورت محلول در آب آبیاری) مشاهده شد (جدول۲). این نتیجه احتمالا به این دلیل می‌باشد که اثر اصلاحی پتاسیم در کاهش اثرات مخرب شوری نسبت به کلسیم در این گیاه بیشتر بوده است.

شوری باعث کاهش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) در محتوای پتاسیم اندام هوایی گیاه زنیان شد (جدول۱). بالاترین درصد پتاسیم موجود در اندام هوایی (۱/۸۸ درصد) در سطح شاهد و پایین‌ترین درصد پتاسیم (۳۷/۱ درصد) در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار حاصل شد (جدول۲). رقابت جدی موجود بین دو یون سدیم و پتاسیم در فرآیندهای مختلف متابولیسمی موجب می‌شود تا هر گونه تغییر در نسبت بین این دو

یون، اثر تعیین کننده‌ای بر روند رشد گیاه داشته باشد (۱۳).

محلول غذایی نیز به طور معنی‌داری مقدار K^+ گیاه را متاثر کرد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). به‌طوری‌که بیشترین مقدار K^+ (۱/۹۷ درصد) در سطح غذایی N_5 (محلول غذایی و KNO_3 به صورت اسپری) مشاهده گردید (جدول۲). همچنین میزان K^+ تحت تاثیر اثرات متقابل شوری و محلول غذایی قرار گرفت. در تیمار شاهد، بیشترین میزان پتاسیم در محلول غذایی N_5 و N_3 بدست آمد. در تیمار شوری S_2 (۵۰ میلی مولار) در همه محلول‌های غذایی درصد پتاسیم به یک نسبت کاهش داشته ولی در شوری S_3 (۱۰۰ میلی مولار) بیشترین درصد پتاسیم در محلول غذایی N_3 و پس از آن N_4 و N_5 مشاهده شد و در شرایط محلول غذایی هوگلند به تنهایی، کمترین درصد پتاسیم حاصل شد که نشان‌دهنده سودمندی استفاده از KNO_3 و $CaCl_2$ در دو تیمار شوری S_2 و S_3 جهت حفظ پتاسیم بالاتر و در نتیجه حفظ تعادل یونی در سلول می‌باشد (شکل ۱). به نظر می‌رسد با استفاده از این نوع ترکیبات، توانایی گیاه در دفع یا کاهش جذب سدیم و در نتیجه کاهش سمیت سدیم موفق‌تر بوده است به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین نیز در محلول‌های غذایی N_3 و N_4 در تیمارهای شوری مشاهده شده که نشان‌دهنده افزایش تحمل به شوری گیاه با این نوع محلول‌های غذایی می‌باشد. تجزیه آماری نشان داد که سطوح مختلف شوری، نوع محلول غذایی و اثرات متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر میزان کلسیم اندام هوایی گیاه زنیان دارد (جدول ۱). مقایسات میانگین‌ها نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) در محتوای کلسیم اندام هوایی گیاه زنیان می‌شود (جدول۲). بیشترین محتوای کلسیم (۰/۴۱ درصد) در سطح شاهد و کمترین محتوای آن (۰/۳۳ درصد) در سطح شوری ۵۰ میلی مولار مشاهده شد. این کاهش معادل ۱۹ درصد در سطح شوری ۵۰ میلی مولار نسبت به سطح شاهد می‌باشد (جدول۲). با افزایش سطح شوری، تجمع و انتقال کلسیم به دلیل افزایش میزان سدیم کاهش یافت، زیرا این دو یون در جذب و انتقال با هم رقابت دارند (۶). رینالت (۱۶) نیز بیان نمودند که Na^+ می‌تواند جانشین کلسیم موجود در غشا شود و سبب تغییر در انتخاب نسبت پتاسیم به سدیم گردد. نوع محلول غذایی نیز تاثیر معنی‌داری بر درصد کلسیم اندام هوایی زنیان داشت (جدول ۱). بیشترین محتوای کلسیم (۰/۴۳ درصد) در تیمار N_3 (محلول غذایی هوگلند و $CaCl_2$) و کمترین میزان کلسیم (۰/۲۶ درصد) در تیمار N_4 (محلول غذایی هوگلند و KNO_3) مشاهده شد (جدول۲). اثر متقابل شوری و محلول غذایی نیز میزان کلسیم بافت گیاه را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱). در شاهد بیشترین میزان کلسیم در محلول غذایی N_1 و N_2 دیده می‌شود و در محلول غذایی N_4 و N_5 کمترین میزان کلسیم مشاهده گردید (شکل ۲). کاهش محتوای کلسیم در محلول غذایی N_4 و N_5 در شرایط بدون تنش شوری نشان‌دهنده عدم تاثیر مثبت کاربرد KNO_3 در محلول غذایی و یا به صورت محلول‌پاشی در افزایش جذب کلسیم باشد. این نتیجه با نتایج کرامر و همکاران (۸) روی گیاه جو مطابقت زیادی دارد. در تیمار شوری S_2 (۵۰ میلی مولار) بیشترین میزان کلسیم در محلول غذایی N_3 و کمترین در تیمار N_4 مشاهده شد. در تیمار شوری S_3 (۱۰۰ میلی مولار) در همه محلول‌های غذایی درصد کلسیم به یک نسبت کاهش داشت. نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان می‌دهد که سطوح شوری باعث کاهش معنی داری ($p\leq$۰/۰۱) در درصد منیزیم موجود در بافت گیاهی زنیان گردید (جدول۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای منیریم موجود در بافت گیاهی (۱۱ درصد) در سطح شاهد و پایین ترین درصد منیزیم موجود در بافت گیاهی (۰/۰۸ درصد) در سطح شوری ۵۰ میلی مولار حاصل شد که با تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار (S_3) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول۲). نوع محلول غذایی نیز به طور معنی‌داری محتوای منیزیم گیاه را متاثر کرد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). به طوری که کمترین مقدار منیزیم (۰/۰۸درصد) در سطح غذایی N_1 (محلول غذایی هوگلند) مشاهده گردید و بین سطوح دیگر محلول غذایی تفاوت معنی داری دیده نشد (جدول ۲). اثرمتقابل شوری و محلول غذایی، محتوای منیزیم را به طورمعنی‌داری تحت تاثیر قرار داد (جدول۱). در شاهد بیشترین محتوای منیزیم در محلول غذایی N_2 و N_3 دیده شد. در تیمار شوری S_2 (۵۰ میلی مولار) کمترین درصد منیزیم در محلول غذایی N_1 مشاهده گردید و سایر سطوح محلول غذایی، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری از نظر درصد منیزیم نداشتند. در شوری S_3 (۱۰۰ میلی مولار) نیز کمترین درصد منیزیم در تیمارN_4 و بیشترین درصد آن در محلول‌های N_1 و N_5 به دست آمد (شکل۳). در واقع در تمام سطوح شوری، محلول غذایی هوگلند به تنهایی، کمترین درصد منیزیم را دارا می‌باشد که نشان‌دهنده سودمندی استفاده از KNO_3 و $CaCl_2$ در دو تیمار شوری S_2 و S_3 جهت حفظ تعادل یونی در سلول‌ها می‌باشد. به‌نظر می‌رسد با استفاده از این نوع ترکیبات، توانایی گیاه در دفع و یا کاهش جذب سدیم و در نتیجه کاهش سمیت سدیم بالا می‌رود.

نسبت K/Na در اندام هوایی گیاه، توسط سطوح مختلف شوری و محلول غذایی تحت تاثیر قرار گرفت (جدول ۱).

بیشترین مقدار نسبت K/Na در اندام هوایی گیاه (۳/۲۴) مربوط به سطح شوری شاهد و کمترین میزان آن (۱/۸۱) مربوط به سطح شوری S_3 (۱۰۰میلی مولار) می‌باشد (شکل۳). بین دو سطح ۵۰ میلی مولار و ۱۰۰ میلی مولار از نظر نسبت K/Na اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل۴). نجیم و همکاران(۱۳) همبستگی مثبتی بین نسبت K/Na و تحمل نمک در ترتیکاله را گزارش کردند، در حالی که در جو همبستگی منفی مشاهده شده بود (۸). گیاهانی که از نسبت K/Na بالاتری برخوردارند از مقاومت بیشتری در برابر تنش شوری برخوردار هستند(۱۷). در بعضی گونه‌ها که با دفع نمک به طور نسبی

به خارج از گیاه و یا جذب انتخابی می‌پردازند، به نوعی مقاومت در برابر تنش دست می‌یابند میزان انتقال Na^+ به داخل گیاه و در نتیجه نسبت K/Na در اندام‌های مختلف با مقاومت گیاه در برابر شوری مرتبط است (۶). بنابر گزارشات موجود در برخی ارقام جو در شرایط شوری علی‌رغم افزایش محتوای هر دو یون سدیم و پتاسیم در اندام‌های مختلف، نسبت K/Na دانه در تیمار شوری در مقایسه با شاهد افزایش نشان داده است (۱۷). نوع محلول غذایی نیز به طور معنی‌داری نسبت K/Na گیاه را متاثر کرد (جدول ۲). بیشترین نسبت K/Na (۳/۰۸ درصد) در سطح غذایی N_5 (محلول غذایی و KNO_3 به صورت اسپری) به دست آمد (شکل۴). همچنین نسبت K/Na تحت تاثیر اثرات متقابل شوری و محلول غذایی قرار گرفت (جدول ۱). در تیمار شاهد بیشترین نسبت K/Na در محلول غذایی N_5 دیده می‌شود. در تیمار شوری S_2 (۵۰ میلی‌مولار) نیز محلول غذایی N_5 دارای بیشترین نسبت K/Na می‌باشد. در تیمار شوری S_3 (۱۰۰ میلی‌مولار) بیشترین نسبت K/Na در محلول غذایی N_2، N_3 و N_4 مشاهده می‌شود و کمترین نسبت در محلول غذایی N_1 و N_5 حاصل شد (شکل ۵)، به نظر می‌رسد که با افزایش شوری به ۱۰۰ میلی‌مولار، کاربرد محلول غذایی $CaCl_2$ توانسته در دفع یا کاهش جذب سدیم موثر می‌باشد.

قندهای محلول

در این آزمایش محتوای قند محلول تحت تاثیر تیمار شوری قرار نگرفت (جدول ۱و۲). به‌طوری‌که اعمال شوری، محتوای قند محلول را از ۰/۵۹ میلی‌گرم در گرم ماده‌تر در تیمار شاهد به ۰/۶۱ میلی‌گرم در گرم ماده تر در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار افزایش داد. نوع محلول‌غذایی و اثرات متقابل آن با شوری تاثیر معنی‌داری بر میزان قند محلول نداشت (جدول ۲). پژوهش‌های دیگر افزایش فعالیت آنزیم ساکارز سنتتاز و به طبع آن افزایش محتوای‌قند محلول را در ارتباط با افزایش میزان شوری گزارش کرده‌اند (۱۱، ۱۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین	قند محلول	محتوای آب نسبی	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	نسبت پتاسیم به سدیم
بلوک	۳	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۳۵**	۱۹/۳^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۲/۱۰^{ns}
شوری	۲	۲۳/۲۷**	۰/۰۴^{ns}	۲۰/۸^{ns}	۰/۵۶**	۱/۴۵**	۰/۰۳*	۰/۰۰۶**	۳/۱۵**
محلول غذایی	۴	۵۷/۱۹**	۰/۰۷^{ns}	۶/۳^{ns}	۰/۲۹*	۰/۹۸**	۰/۰۵*	۰/۰۰۱**	۳/۱۴**
شوری×محلول غذایی	۸	۲۹/۳۳**	۰/۰۹^{ns}	۱۱/۵^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۷۱*	۰/۰۸**	۰/۰۰۱**	۴/۵۳**
خطا	۴۲	۱/۶۵	۰/۲۶	۱۵/۵	۱۲/۰	۳۶/۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱۸	۰/۹۱
ضریب تغییرات	-	۳/۵	۲/۷	۱۵/۱	۲/۹	۲/۲	۳/۲	۵/۱	۴/۲

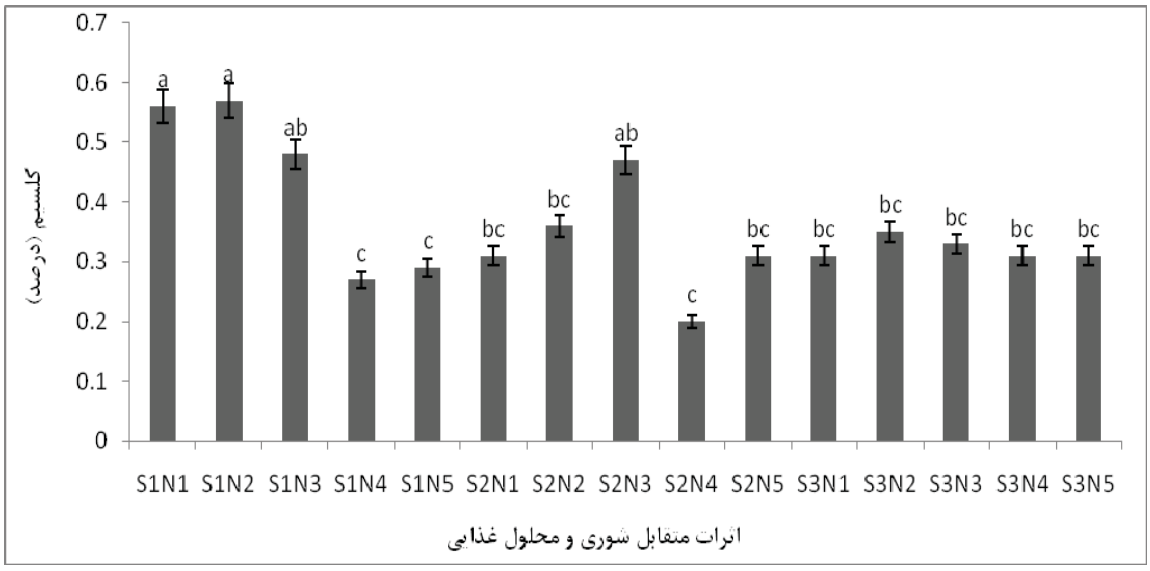
** و * به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۱ و ۰/۵ می‌باشد. ns از لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده، به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن

	منابع تغییرات	پروتئین (درصد)	قند محلول (میلی گرم در گرم ماده تر)	منیزیم (درصد)	کلسیم (درصد)	پتاسیم (درصد)	سدیم (درصد)	محتوای آب نسبی (درصد)
سطوح شوری	S_1	۲۳/۴۷^{a}	۰/۵۹^{a}	۰/۱۱^{a}	۰/۴۱^{a}	۱/۸۸^{a}	۰/۵۹^{b}	۶۶/۶۴^{a}
	S_2	۲۱/۴۶^{b}	۰/۵۲^{a}	۰/۰۸^{b}	۰/۳۳^{b}	۱/۴۷^{b}	۰/۸۸^{a}	۶۴/۰۸^{a}
	S_3	۲۱/۳۰^{b}	۰/۶۱^{a}	۰/۰۹^{b}	۰/۳۸^{b}	۱/۳۷^{b}	۰/۸۹^{a}	۷۰/۴۷^{a}
نوع‌محلول غذایی	N_1	۲۰/۶۰^{cd}	۰/۶۲^{a}	۰/۰۸^{b}	۰/۳۹^{a}	۱/۴۸^{bc}	۰/۷۶^{b}	۶۸/۸۳^{a}
	N_2	۲۱/۸۳^{cd}	۰/۶۲^{a}	۰/۱۰^{a}	۰/۴۳^{a}	۱/۲۴^{c}	۰/۹۶^{a}	۶۷/۳۴^{a}
	N_3	۲۸/۶۳۹^{a}	۰/۶۴^{a}	۰/۱۰^{a}	۰/۴۳^{a}	۱/۹۷^{a}	۰/۹۳^{a}	۶۳/۳۸^{a}
	N_4	۲۲/۳۲^{b}	۰/۴۶^{a}	۰/۰۹^{ab}	۰/۲۶^{b}	۱/۴۴^{c}	۰/۵۹^{c}	۶۶/۳۵^{a}
	N_5	۲۰/۰۵^{d}	۰/۵۲^{a}	۰/۱۰^{a}	۰/۳۷^{a}	۱/۷۵^{ab}	۰/۶۸^{b}	۶۹/۴۱^{a}

در هرستون و عامل مورد بررسی تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد مساوی هستند.

شکل ۱- اثر متقابل شوری و محلول غذایی بر غلظت پتاسیم اندام هوایی زنیان. خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.



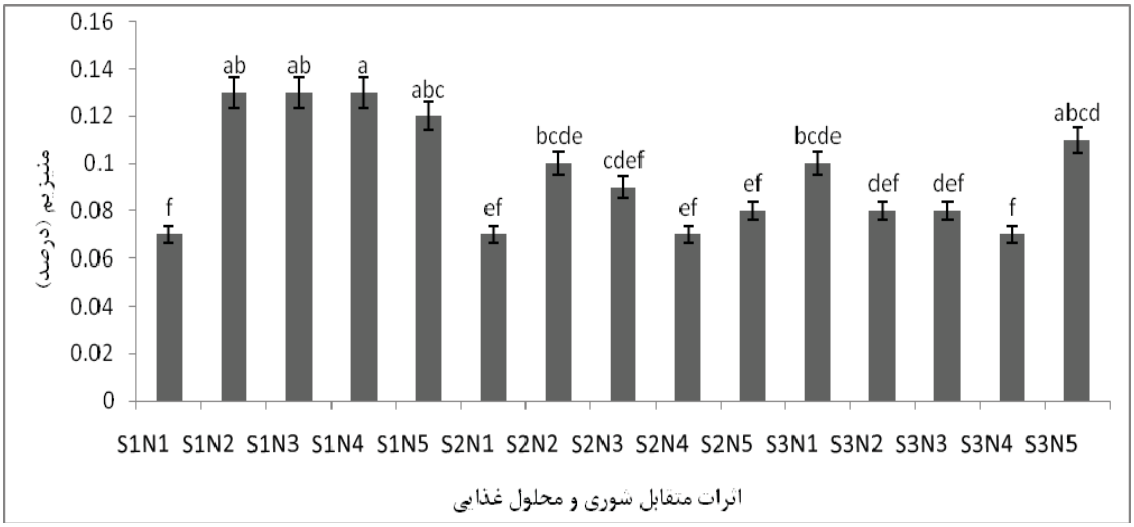
شکل ۲- اثر متقابل شوری و محلول غذایی بر غلظت کلسیم اندام هوایی زنیان. خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

در آزمایشی که بر روی گندم انجام شد، مشاهده گردید که میزان قندهای محلول با افزایش شدت تنش شوری افزایش می‌یابد. البته این افزایش در تیمارهای شوری بالاتر از ۳۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد، یعنی تا این غلظت از شوری، منابع کربن صرف ساخت و حتی ذخیره قند می‌گردد و این مواد صرف رشد گیاه می‌گردد، اما در غلظت‌های بالاتر از۳۰۰ میلی‌مولار، گیاه جهت حفظ ساختار سلول و تعدیل پتانسیل اسمزی و بقای گیاه میزان قندهای محلول را افزایش داده که می‌تواند به عنوان مکانیسمی جهت مقاومت به شوری عمل می‌کند. در گیاه ذکر شده کاهش غلظت نشاسته در غلظت بالاتر از ۴۰ میلی‌مولار نمک به بعد دلیلی بر این ادعاست که نشاسته تجزیه شده و قندهای محلول افزایش یافته تا پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم حفظ شده و خطر آب‌کشیدگی کاهش پیدا کند. افزایش کربوهیدرات‌های محلول در اندام‌های رویشی، می‌تواند شرایط انطباق اسمزی گیاه تحت شرایط تنش را به نحو مطلوب‌تری فراهم سازد (۱۴). به‌طورکلی در شرایط تنش شوری در برخی گیاهان، قندهای الکلی، ساده و مرکب به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی و محلول‌های سازگار تولید می‌شوند. عمل فیزیولوژیک این قندها، ممانعت از اتصال بین غشاهای مجاور هم در طول دوره تنش از طریق نگهداری لیپیدها در حالت سیالیت می‌باشد (۶).

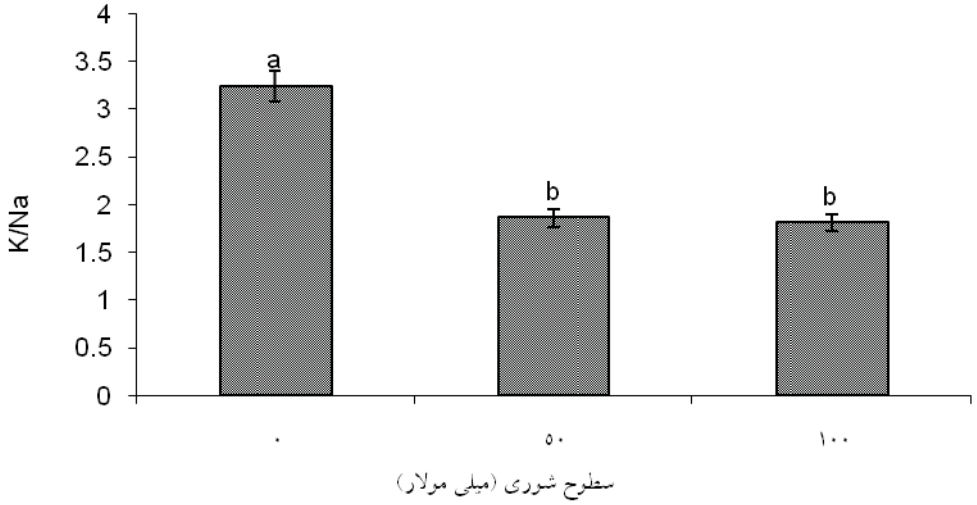
پروتئین

سطوح مختلف شوری، نوع محلول غذایی و اثر متقابل آن‌ها

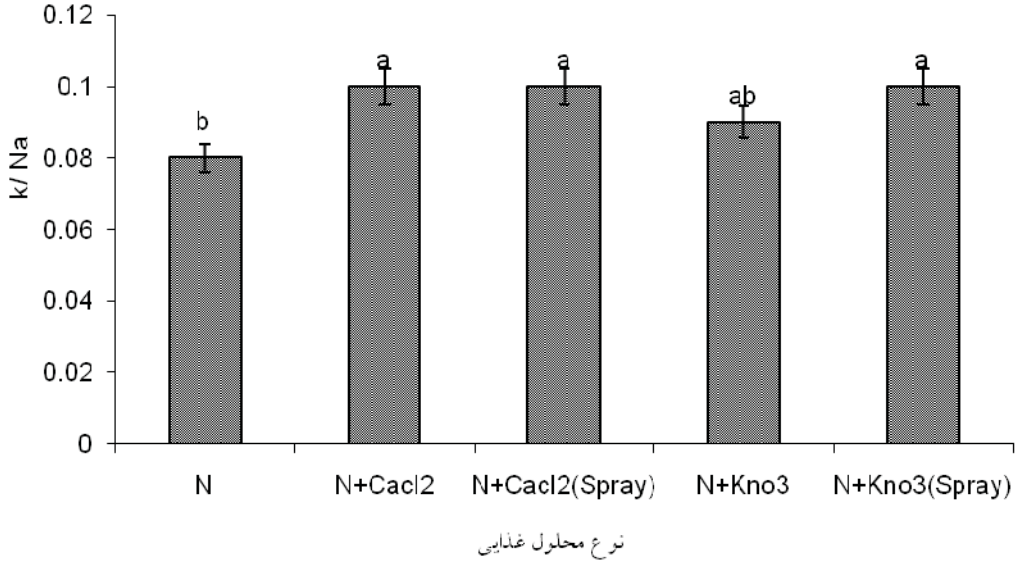
میزان پروتئین اندام‌های گیاه زنیان را به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱). بیشترین میزان پروتئین در سطح S_1 (تیمار شاهد) و کمترین میزان آن در سطوح شوری S_2 (۵۰ میلی مولار) و S_3 (۱۰۰ میلی مولار) به دست آمد. اعمال شوری، میزان پروتئین را از ۲۳/۴۷ درصد در گیاه شاهد به ۲۱/۴۶ و ۲۱/۳۰ درصد به ترتیب در سطوح شوری S_2 (۵۰ میلی‌مولار) و S_3 (۱۰۰ میلی‌مولار) کاهش داد که این کاهش به ترتیب معادل ۸ و ۹ درصد نسبت به گیاه شاهد است (جدول ۳). جیان و دوان (۹) نیز معتقدند یکی از اثرات شوری، کاهش سنتز پروتئین است. این اثرات منفی شامل تخریب مکانیسم‌mRNA های رونویسی و ترجمه است. به نظر می‌رسد که این افزایش پروتئین در شرایط شوری، به منظور حفظ تعدیل اسمزی در گیاه صورت می‌گیرد. مقاومت به شوری حاصل همکاری چند عامل فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است. یکی از این عوامل ممکن است توانایی اتصال یون‌ها به پروتئین باشد (۶). نوع محلول غذایی نیز بر میزان پروتئین گیاه تاثیر گذاشت (جدول ۱). به‌طوری‌که بیشترین میزان پروتئین (۴۷/۲۳ درصد) در تیمار N_3 (محلول غذایی و $CaCl_2$ به صورت محلول در آب آبیاری) و کمترین میزان (۲۱/۳۰درصد) در تیمار N_5 (محلول غذایی و KNO_3 به صورت اسپری) حاصل شد (جدول۲).



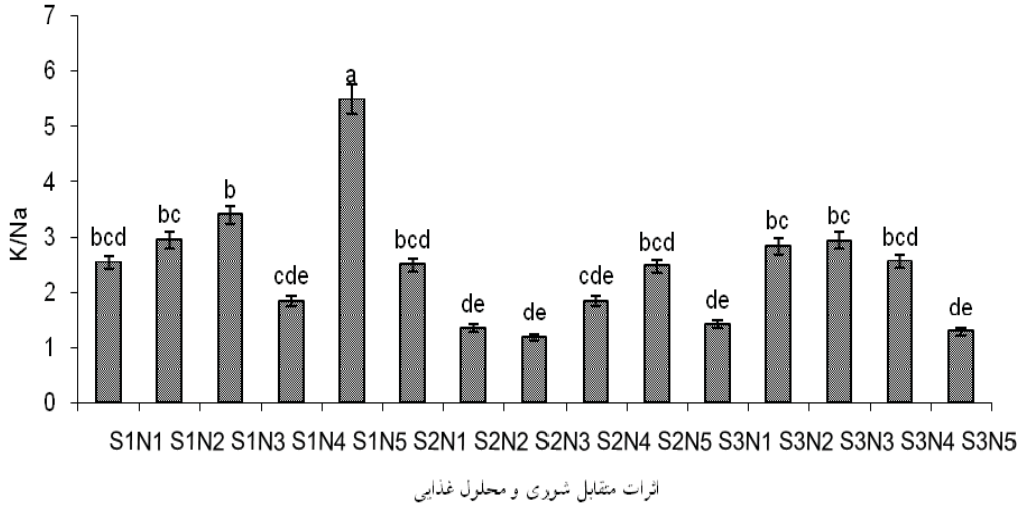
شکل ۳- اثر متقابل شوری و محلول غذایی بر غلظت منیزیم اندام هوایی زنیان. خطوط عمودی خطای معیاراستاندارد را نشان می دهد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ٤- تغییرات K/Na اندام هوایی زنیان تحت سطوح مختلف شوری. خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۵- تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی زنیان تحت سطوح محلول غذایی. خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهد.
میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ٦- اثر متقابل شوری و محلول غذایی بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی زنیان. خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهد.
میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که شوری سبب آثار منفی بر تعادل یونی درگیاه مورد مطالعه شده است. شوری تاثیر معنی‌داری بر محتوای آب نسبی گیاه نداشت. شوری، نوع محلول غذایی و اثر متقابل آن‌ها بر میزان پروتئین تاثیر معنی‌داری داشت. میزان قند محلول گیاه در شرایط تنش، تحت سطوح شوری افزایش یافت. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گیاه زنیان نیز مانند بسیاری از گیاهان دیگر در اثر اعمال شوری تا حدودی آسیب می‌بیند. کاربرد محلول‌های نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم می‌تواند این خسارات را تا حدی جبران کند و اثرات نا مطلوب شوری را بهبود

بخشد. به نظر می‌رسد با استفاده از این نوع ترکیبات، توانایی گیاه در دفع یا کاهش جذب سدیم و در نتیجه کاهش سمیت سدیم بالا می‌رود در نتیجه تعادل یونی در سلول حفظ می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان به جهت تامین مالی هزینه‌های اجرای این پژوهش از محل پژوهانه شماره ۵۰۱۲/پ تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- پوستینی، ک. و س. زهتاب سلمانی. ۱۳۷۶. اثر شوری بر روی تولید و انتقال مجدد ماده خشک در دو رقم گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱۳۷-۳۲:۱۴۵.

۲- مجنون حسینی، ح. و س. دوازده امامی. ۱۳۸۶. زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۰ صفحه.

۳- همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. چاپ اول، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۹۸ صفحه.

4- Blumwald, E., S. A. Gilad, and P. A. Maris. 2000. Sodium transport in plant cells. Biochimica Ct Biophysica Acta. 1465: 140-151.

5- Bohnert, H. J. and R. G. Jensen. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next stup. Australian Journal of Plant Physiology. 59: 661-667.

6- Bouzid, N and D. Youcef. 2009. Ameliorative effect of $CaCl_2$ on growth, membrane permeability and nutrient uptake in *Atriplex halimus* sub sp. schweinfurthii grown at high (NaCl) salinity. Desalination. 249: 163–166.

7- Bradford, M. N. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing, the principle of protein dye binding. Analytical Chemistry. 72: 248-254.

8- Cramer, G. R., R. Abdol-Basset, and T. R. Seemann. 1990. Salinity-Ca interactions on root growth and osmotic adjustment of two corn cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Nutrition. 13: 1453-1456.

9- Jiang, L., and L. Duan. 2006. NaCl salinity stress decreased Bacillus thuringiensis (Bt) protein content of transgenic Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Seedlings. Environmental and Experimental Botany. 55(3): 315-320.

10- Kaya, C., B. E. Higgs, and B. Murillo-Amador. 2002. Influence of foliar applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt stress conditions. Australian Journal of Experimental Agriculture. 42: 631–636.

11- Lopeza, V. and S. M. E. Sattia. 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. Plant Science. 114: 19–27.

12- Naseer, Sh. 2001. Response of barley *(Hordeum vulgare L.)* at various growth stages to salt stress. Journal of Biological Science. 1(5): 326-259

13- Nedjimi, B., Y. Daoud, and M. Touati. 2006. Growth, water relations, proline and ion content of in vitro cultured *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii as affected by $CaCl_2$. Communication in Biometry and Crop Science. 1 (2): 79–89.

14- Nedjimi, B. and Y. Daoud. 2006. Effect of Na_2SO_4 on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii through in vitro culture. Annuls Biology. 28: 35–43.

15- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of sugars. Journal of Biological Chemistry. 153:375-380.

16- Renault, S. 2005. Response of red osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings to sodium sulphate salinity: effects of supplemental calcium. Physiological Plantarum. 123: 75–81.

17- Tuna, A. L., C. Kaya, M. Ashraf, H. Altunlu, L. Yokas, and E. Yagmur. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 59: 173–178.