

بررسی مقاومت به شوری در گونه *Sesbania aculeata*

همت کریمی^۱، احمد عبدالزاده^{۲*}، حمید رضا صادقی پور^۳، پویان مهربان^۴ و عباسعلی نوری نیا^۵

۱- کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زیست‌شناسی دانشگاه گلستان، پست الکترونیک: ah_ab99@yahoo.com

۳- استادیار، گروه زیست‌شناسی دانشگاه گلستان

۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

۵- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۶

چکیده

شوری یکی از مهمترین عوامل کاهش محصولات کشاورزی و رستنی‌های طبیعی در بسیاری از مناطق دنیا از جمله ایران است. سسبانيا آکیولاتا از تیره بقولات گیاهی علوفه‌ای خوش‌خوراک و نسبتاً مقاوم به شوری است که می‌تواند برای احیای مراتع لب‌شور بکار برده شود. این پژوهش به منظور ارزیابی سطوح مقاومت به شوری این گیاه با تکیه بر انباشتگی یون‌ها و تغییرات تشریحی انجام شده است. بدین منظور بذر سسبانيا در محیط کشت شنی در گلخانه با محلول هوگلند کاشته شد. به‌نحوی که طرح آزمایش کاملاً تصادفی و تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود. گیاهان بعد از دو ماه تیماردهی برداشت شدند. نتایج این آزمایشها نشان داد که شوری وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان و میزان آب نسبی را کاهش داد. به‌طوری‌که با افزایش شوری مقدار یون‌های سدیم و کلر در گیاه افزایش یافت و این افزایش در برگ نسبت به ریشه چشمگیرتر بود. به‌علاوه اینکه مقدار یون پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و بخش هوایی گیاهان تحت شوری کاهش و میزان اسیدهای آمینه و قندهای محلول در برگ این گیاهان افزایش یافت. همچنین شوری سبب افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی و ضخامت کل برگ شد، در حالی که ضخامت پارانشیم اسفنجی برگ کاهش یافت. به‌علاوه اینکه شوری کاهش نسبت پوست به استوانه آوندی در ریشه گیاهان را سبب شد. این نتایج آشکار می‌سازد که احتمالاً سسبانيا یون‌های سدیم و کلر را در واکوئل‌ها و اسیدهای آمینه و قندها را احتمالاً در سیتوسول یاخته‌های برگ ضخیم شده با پارانشیم نردبانی انباشته نموده و از این طریق تنظیم اسمزی و جذب آب گیاه با حداقل انرژی انجام می‌شود. به‌علاوه اینکه افزایش سطح استوانه آوندی در مقایسه با پوست ریشه نیز ممکن است جذب آب را تحت شوری تسهیل کند.

واژه‌های کلیدی: شوری، سسبانيا آکیولاتا، رشد، تغییرات تشریحی.

مقدمه

شامل می‌شود. مشکل شوری در جهان در حال گسترش است که اثرهای مخربی بر کشاورزی دارد. احتمالاً زمین‌های فاریاب بیشتر در خطر هستند؛ به‌طوری‌که ۳۳ درصد آنها

تقریباً ۱۰۰۰ میلیون هکتار زمین تحت تأثیر شوری در جهان وجود دارد که حدود ۷ درصد از کل زمین‌های دنیا را

برای جایگاه‌های پیوند در فرایندهای سلولی به‌ویژه فرایندهای آنزیمی است. بنابراین کاهش جذب پتاسیم و نسبت K^+/Na^+ در گیاهان تحت تیمار شوری اثرهای زیان‌باری را به دنبال دارد. احتمالاً مهمترین اثر شوری (Na^+) در گیاهان کاهش سنتز پروتئین‌ها در نتیجه غلظت بالای یون سدیم است (Tester & Devenport, 2003). شوری همچنین سبب تغییرات ریختی و تشریحی گیاه نیز می‌گردد. به طوری که افزایش ضخامت برگ، تغییر در قطر آوندهای چوبی، کاهش در تعداد روزنه‌های هوایی در گیاهان تحت شوری گزارش شده است. این تغییرات با توجه به به گونه متفاوت بوده و ممکن است نتیجه سازش گیاه به شوری و یا علائم نامطلوب حاصل از شوری باشد (Poljakoff-Baum et al., 1975; Longstreth & Nobel, 1979; Karimi et al., 2009).

گیاه *Sesbania aculeata* با نام انگلیسی دهینچا^۱ از تیره بقولات و جزء گیاهان C_3 بومی آفریقا است که تاکنون در کشور ما ناشناخته مانده است. این گیاه بوته‌ای، یکساله و سریع‌الرشد بوده و در خاک‌های فرسایش یافته و ضعیف به خوبی رشد می‌کند و ریشه آن قابلیت تثبیت نیتروژن را دارد. ارزش اقتصادی برجسته آن خوش‌خوراک بودن برای دام‌ها و کود سبز برای حاصل‌خیزی خاک است (Hossain et al., 2002). از طرف دیگر، به نظر می‌رسد که این گیاه مقاومت به شوری قابل‌توجهی داشته باشد. Ashraf & Bashir (2003) اثر شوری بر سسبانا آکیولاتا و لوییا را بررسی کردند و اظهار داشتند در اثر افزایش شوری میزان جذب خالص CO_2 ، میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای در هر دو گونه کاهش می‌یابد و درصد این کاهش در سسبانا کمتر از لوییا است. آنها گزارش کردند که دلایل مقاوم بودن

به صورت معنی‌داری تحت تأثیر شوری هستند (Tester & Devenport, 2003). اثرهای شوری دارای دو مرحله است. اثرهای اولیه که شامل کمبود آب و عدم توازن میزان یون‌ها است و اثرهای ثانویه شامل کاهش رشد، کاهش فتوسنتز، ایجاد رادیکال‌های آزاد (ROS)، اختلال در عمل غشاها، کاهش فعالیت آنزیم‌ها و فعالیت متابولیسمی سلول و تقسیم سلولی است (Munns, et al., 2002). شوری خاک در محیط ریشه، پتانسیل آب خاک را به شدت منفی می‌کند که باعث کاهش جذب آب توسط گیاه می‌شود (Tester & Devenport, 2003) که در کوتاه‌مدت پژمردگی گیاه را به دنبال دارد و در طولانی‌مدت به تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها صدمه زده و عامل ایجادکننده بسیاری از اثرهای ثانویه شوری است. از طرف دیگر، گیاه برای افزایش جذب آب و فائق‌آمدن بر پژمردگی گیاه ناگزیر به جذب یون‌های سمی می‌گردد. این امر انباشتگی یون‌های سدیم و کلر در آپوپلاست و به هم خوردن توازن اسمزی و بار الکتریکی طرفین این غشاها را به دنبال دارد. چون این یون‌ها از طریق شیره آوند چوبی وارد آپوپلاست برگ‌ها می‌شود و آب موجود در آپوپلاست در نهایت به صورت تعرق از گیاه خارج می‌شود (Tester & Devenport, 2003)، بنابراین برخی از اثرهای زیان‌بار شوری مانند خروج آب از سلول می‌تواند نتیجه بالارفتن غلظت یون‌های سدیم و کلر در آپوپلاست برگ‌ها باشد. بخش زیادی از نامتعادل شدن یون‌ها نیز به دلیل انباشتگی یون‌های سمی و کاهش جذب عناصر ضروریست. ورود سدیم از خلال غشاها زیستی ناشی از شباهت شعاع اتمی هیدراته دو یون سدیم و پتاسیم است که تفکیک را برای پروتئین انتقالی پتاسیم مشکل می‌کند (Blumwald et al., 2000). بخش زیادی از سمیت متابولیسمی یون سدیم نتیجه توانایی سدیم در رقابت با پتاسیم

هوگلدن شامل ۰/۵ میلی مولار KH_2PO_4 ، ۲/۵ میلی مولار KNO_3 ، ۱/۵ میلی مولار $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ و ۰/۵ میلی مول در لیتر MgSO_4 همراه با عناصر کم مصرف بود. آبیاری و تغذیه گیاهان تا مرحله دو برگگی به وسیله محلول غذایی فاقد شوری انجام شد و پس از آن تیمارهای شوری در طی دو شب متوالی (هر شب ۷۵ میلی مول) اعمال شد تا از شوک اسمزی جلوگیری شود. آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم (برابر با ۶/۸۵ و ۱۳/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر) با ده تکرار انجام شد. به طوری که گیاهچه‌ها پس از دو ماه تیماردهی برداشت شدند. میانگین درجه حرارت حداقل و حداکثر محیط در شب ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در روز ۲۹ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین رطوبت نسبی گلخانه در طی دوره آزمایش ۷۱٪ بود. عوامل اندازه‌گیری شده شامل وزن تر و خشک، طول بخش هوایی، تعداد برگ و برگچه‌ها، درصد آب نسبی، مقدار املاح سدیم، پتاسیم و کلر بود. بعلاوه اینکه تغییرات ضخامت برگ، پارانشیم اسفنجی و نردبانی و نیز نسبت قطر پوست به استوانه آوندی در ریشه و ساقه در برش‌های این اندام‌ها بررسی شد. درصد آب نسبی از تقسیم وزن تر کل منهای وزن خشک کل بر وزن تر کل بدست آمد.

برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم بافت خشک پودر شده گیاهان در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد سوزانیده شد و خاکستر حاصل در اسید کلریدریک نرمال حل گردید. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر مدل جینوی (Model Jenway PFP7) انجام شد. اندازه‌گیری فسفر با استفاده از محلول وانادات آمونیوم و مولیبدات آمونیوم در طول موج ۴۷۰ نانومتر انجام گردید (Gupta et al., 1985). اندازه‌گیری کلر پس از استخراج ۰/۵ گرم از بافت تر گیاهان

سسبانیا به شوری، بالا بودن میزان فتوسنتز و مقدار اسیدهای آمینه آزاد مثل پرولین و گلیسین بتائین است. Mahmood (1998) گزارش کرد که رشد سسبانیا روستراتا با افزایش شوری کاهش می‌یابد و مهمترین دلیلی که باعث مقاومت این گیاه در برابر شوری می‌شود آن است که در شرایط شوری جذب انتخابی پتاسیم بیشتر از سدیم است، به طوری که نسبت K^+/Na^+ در بخش هوایی بیشتر از ریشه است. همچنین با افزایش شوری مقدار Na^+ در بخش هوایی و ریشه زیاد شده و مقدار K^+ در بخش هوایی کاهش می‌یابد. Jungklang et al., (2004) گزارش کردند که گیاه سسبانیا روستراتا نسبت به لوییا در برابر شوری مقاومتر است. به طوری که در شوری ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم مقدار کلروفیل a فقط در لوییا کاهش می‌یابد. کریمی و همکاران (۱۳۸۷) با مطالعه برهم‌کنش شوری و تغذیه پتاسیم در گیاه سسبانیا آکیولاتا گزارش کردند که شوری نیاز گیاه به پتاسیم را افزایش می‌دهد. بنابراین در حیطة دانش ما تغییرات تشریحی این گیاه تحت شوری تاکنون مطالعه نشده است و روشن ساختن آن ممکن است منجر به درک بهتر مکانیسم تحمل شوری و استفاده بهینه از آن در اصلاح مراتع گردد.

این تحقیق با هدف ارزیابی اثرهای شوری در رشد، میزان املاح و برخی عوامل تشریحی گیاه سسبانیا آکیولاتا طراحی شده است. با توجه به تغییر این عوامل تلاش شده است تا درک بهتری از مکانیسم تحمل به شوری در این گیاه ارائه گردد.

مواد و روشها

بذر گیاه *Sesbania aculeata* (Willd.) Pers. از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد و در محیط کشت شنی در گلخانه کشت گردید. محلول غذایی

برای تهیه استاندارد قندهای محلول از گلوکز استفاده شد (McCready *et al.*, 1950). اندازه‌گیری اسیدهای آمینه به صورت اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۷۰ نانومتر انجام شد. برای تهیه استاندارد اسیدهای آمینه از گلیسین استفاده شد (Yemm & Cocking, 1955).

محاسبه داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد. البته تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد توسط برنامه آماری SAS انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس آشکار ساخت که شوری بر کلیه صفات رشد اثر معنی‌دار دارد (جدول ۱). شوری کلیه عوامل وزن گیاه شامل وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان را به طور معنی‌داری کاهش داد. اثر شوری در کاهش رشد گیاهان تدریجی بود، به طوری که مقدار کاهش وزن خشک کل گیاهان در شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب ۱۶ درصد و ۴۲ درصد بود (جدول ۲). همچنین شوری درصد آب نسبی گیاهان را به صورت معنی‌داری در حدود دو تا سه درصد کاهش داد. بنابراین مقایسه اختلاف میانگین سایر عوامل رشد گیاه نیز نشان داد که شوری سبب کاهش معنی‌دار طول بخش هوایی گیاهان شد، به طوری که در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم طول بخش هوایی نسبت به شاهد در حدود ۲۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). به علاوه اینکه افزایش میزان شوری تعداد برگ‌ها در گیاه و برگچه‌ها در برگ را به صورت معنی‌داری کاهش داد (جدول ۲). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تعداد برگ‌ها در گیاه و برگچه‌ها در برگ نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب ۳۱ و ۴۲ درصد کاهش یافت.

با آب مقطر در حمام آب‌جوش با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-160 Shimadzu) در طول موج ۴۶۰ نانومتر انجام شد (Diatloff & Rengel, 2001).

برای مطالعات تشریحی برگ قطعات برگ به قطر ۷ میلی‌متر با استفاده از پانچ در بخش مرکزی برگ در کنار رگبرگ اصلی بریده شد. برای برش‌های ریشه و ساقه، قطعات ساقه به طول حدود ۱ سانتی‌متر از حدود ۱۰ سانتی‌متری بالای یقه برای ساقه و ۵ سانتی‌متری زیر یقه برای ریشه گرفته شد. قطعات پس از تثبیت و آب‌گیری در پارافین قالب‌گیری شدند. برش‌های برگ، ریشه و ساقه با ضخامت ۱۵ میکرومتر با استفاده از روتاری میکروتوم (مدل HM 335 E) تهیه شد و با استفاده از سافرانین (۱٪) و فاست‌گرین (۵٪) رنگ‌آمیزی گردید (Ruzin, 1999). همه برش‌ها در میکروسکوپ الپوس مشاهده و عکسبرداری شد. ضخامت پارانشیم اسفنجی و نردبانی و ضخامت کل برگ در برگ‌ها و نیز نسبت قطر پوست به استوانه آوندی در ریشه و ساقه گیاهان با استفاده از میکرومتر چشمی محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری قندهای محلول، کل اسیدهای آمینه و میزان کلروفیل، کشت جداگانه‌ای در دو سطح شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم با پنج تکرار انجام شد. شرایط کشت مشابه گیاهان قبلی بود. مقدار کلروفیل از روش Arnon (1965) اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیری از گیاهان برای اندازه‌گیری قندهای محلول و اسیدهای آمینه با روش Omokolo *et al.*, (1996) انجام شد. عصاره گیاهان با بافت تر با اتانول ۸۰٪ استخراج شد و برای حذف کلروفیل از کلروفرم استفاده گردید. برای ایجاد رنگ به عصاره‌های شفاف اتانولی انترون اضافه شده و جذب نور آنها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رشد گیاه *Sesbania aculeate* تحت تیمارهای شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر ریشه	وزن تر بخش هوایی	وزن تر کل	وزن خشک ریشه	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک کل	تعداد برگچه	تعداد برگ	طول بخش هوایی	تعداد برگ	تعداد برگچه
شوری	۲	**۸۲۵/۳	**۱۶۹/۵	**۱۵۲۶/۶	**۱/۱۲	**۵/۰۱	**۱۰/۶۱	**۲/۵۹	ns۱/۵۳	**۳۰۱/۹	**۴۹/۴	ns۲۴/۳
خطا	۲۷	۱۷/۱	۳۰/۴	۷۲/۷۵	۰/۰۷	۰/۵۶	۰/۹۴	۰/۳۶	۴/۴۲	۲۵/۱	۵/۲۶	۲۷/۲
کل	۲۹											

ns عدم معنی داری، * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ می باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین عوامل رشد گیاه *Sesbania aculeate* تحت تیمارهای شوری

شوری (میلی مولار)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر بخش هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک بخش هوایی (گرم)	وزن خشک کل (گرم)	نسبت بخش هوایی به ریشه	میزان آب نسبی (درصد)	طول بخش هوایی (سانتی متر)	تعداد برگ	تعداد برگچه
۰	۳۲/۷۷ ^a	۳۳/۴۶ ^a	۶۶/۲۳ ^a	۱/۴۰ ^a	۴/۲۶ ^a	۳/۱۲ ^b	۹۱/۱۵ ^a	۴۴/۵۳ ^a	۱۴/۷۲ ^a	۱۳/۰۴ ^a
۷۵	۲۳/۵۵ ^b	۳۶/۷۹ ^a	۶۰/۳۵ ^a	۰/۹۹ ^b	۳/۷۷ ^b	۳/۷۷ ^a	۸۸/۰۵ ^b	۳۶/۰۹ ^b	۱۱/۱۸ ^b	۸/۷۱ ^b
۱۵۰	۱۴/۵۹ ^c	۲۵/۷۵ ^b	۴۰/۳۵ ^b	۰/۶۹ ^c	۲/۵۹ ^c	۳/۹۱ ^a	۸۹/۴۴ ^b	۳۵/۰۳ ^b	۱۰/۱۳ ^b	۷/۵۷ ^b

میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح ۹۵٪ با آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت یونها در گیاه *Sesbania aculeate* تحت تیمارهای شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	سدیم			پتاسیم			فسفر			کلر		
		(میلی گرم در گرم وزن خشک)			(میلی گرم در گرم وزن خشک)			(میلی گرم در گرم وزن خشک)			(میلی گرم در گرم وزن خشک)		
		ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ
شوری	۲	**۲۰۹۳	**۴۱۷	**۵۲۲۴	*۱۹/۱	**۵۲/۷	**۱۳۹/۰	ns۰/۰۰۷	ns۰/۰۰۶	ns۰/۰۳۲	**۵۳/۹	**۳۸/۹	**۳۵۵/۳
خطا	۲۷	۹/۳۴	۱۱/۱۲	۲۶/۸۸	۵/۷۳	۴/۶۱	۳/۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۳۱	۰/۳۱	۰/۵۵	۲/۲۷
کل	۲۹												

ns عدم معنی داری، * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۰/۵٪ و ۰/۱٪ می باشد.

جدول ۴ - مقایسه میانگین غلظت سدیم و پتاسیم در بخش های مختلف گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری

شوری	سدیم			پتاسیم			فسفر			کلر		
	(میلی گرم در گرم وزن خشک)			(میلی گرم در گرم وزن خشک)			(میلی گرم در گرم وزن خشک)			(میلی گرم در گرم وزن خشک)		
(میلی مولار)	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ
۰	۱/۳۵c	۱/۵۳c	۲/۰۶c	۸/۴۲a	۴/۳۰a	۷/۵a	۰/۳۴a	۰/۴۵a	۰/۶۹a	b۱/۱۲	b۱/۹۵	b۱/۴۷
۷۵	۱۵/۲۷b	۹/۴۵b	۲۴/۶۹b	۴/۵۳b	۳/۵۸b	۷/۱۲ab	۰/۳۹a	۰/۴۳a	۰/۷۸a	a۵/۰۰/	a۴/۳۵	a۱۱/۳۲
۱۵۰	۱۷/۳۱a	۱۱/۷۲a	۳۰/۹۹a	۳/۱۷c	۳/۵۶b	۶/۵۰b	۰/۳۹a	۰/۴۹a	۰/۷۷a	a۵/۲۷	a۴/۳۹	a۱۱/۶۸

میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح ۰/۹۵٪ با آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند.

ریشه و ساقه، هم در گیاهان شاهد و هم در تیمارهای شوری بیشتر بود (جدول ۴).

شوری نسبت پتاسیم به سدیم ریشه، ساقه و برگ را به طور معنی داری کاهش داد، به طوری که در گیاهان تحت تیمار شوری در همه اندامهای گیاه این نسبت به کمتر از یک نزول کرد. همچنین نسبت فسفر به کلر نیز در گیاهان تحت شوری بشدت کاهش یافت (جدول ۵).

شکلهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب تصاویر میکروسکوپی برشهای برگ، ساقه و ریشه گیاه سسبانيا آکیولاتا را نشان می دهد. شوری باعث افزایش معنی دار ضخامت پارانشیم نرده ای شد، به طوری که ضخامت این بافت در برگ های تحت ۱۵۰ میلی مولار شوری بیش از دو برابر گیاهان شاهد بود (شکل ۱، جدول ۶). بعکس ضخامت پارانشیم اسفنجی در برگ گیاهان تحت شوری کم شد. به نحوی که افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی بسیار چشمگیرتر از کاهش ضخامت پارانشیم اسفنجی بود. بنابراین ضخامت برگ تحت شوری افزایش معنی داری داشت. بدین ترتیب بیشترین ضخامت برگ و پارانشیم نرده ای در شوری ۱۵۰ میلی مولار مشاهده شد. البته نسبت پوست به استوانه آوندی ریشه تحت شوری کاهش یافت، اما شوری بر نسبت پوست به استوانه آوندی ساقه اثر معنی داری نداشت (جدول ۶). شوری تغییر معنی داری در مقدار کلروفیل برگ گیاه سسبانيا ایجاد نکرد، اما میزان اسیدهای آمینه و قندهای محلول را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ۷).

نتایج تجزیه واریانس آشکار ساخت که شوری بر غلظت تمامی املاح بجز فسفر اثر معنی دار دارد. (جدول ۳). شوری باعث افزایش تراکم یون سدیم در ریشه، ساقه و برگ گیاهان شد، به طوری که بیشترین مقدار یون سدیم در شوری ۱۵۰ میلی مولار به میزان حدود ۳۰ میلی گرم در گرم وزن خشک در برگ مشاهده شد (جدول ۴). بنابراین افزایش یون سدیم در برگ گیاهان تحت تیمار شوری نسبت به ریشه و ساقه آنها چشمگیرتر بود. غلظت یون پتاسیم در ریشه و برگ گیاهان نسبت به ساقه آنها در گیاهان فاقد تیمار شوری بیشتر بود. به طوری که شوری سبب کاهش معنی دار تراکم یون پتاسیم در ریشه، ساقه و برگ گیاهان شد. کاهش یون پتاسیم تحت شوری در ریشه نسبت به ساقه و برگ گیاهان شدیدتر بود (جدول ۴)، به طوری که در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم نسبت به شاهد تراکم یون پتاسیم در ریشه ۶۲ درصد و در برگ ۱۹ درصد کاهش نشان داد. بدین ترتیب بیشترین میزان کاهش این نسبت در ریشه مشاهده شد (جدول ۴). تراکم یون کلر در اندامهای گیاهان شاهد ناچیز بود و با افزایش شوری بشدت زیاد شد (مانند یون سدیم). افزایش یون کلر تحت شوری در برگ بیشتر از ریشه و ساقه بود، به طوری که در تیمار شوری از ۱۵۰ میلی مولار تراکم یون کلر در ریشه و ساقه به ترتیب ۴/۷ و ۴/۶ برابر افزایش یافت ولی در برگ ۷/۹ برابر زیاد شد. شوری اثر معنی داری در تراکم فسفر ریشه، ساقه و برگ گیاه سسبانيا نداشت. اما تراکم فسفر در برگها نسبت به

جدول ۵- مقایسه میانگین نسبت پتاسیم به سدیم و فسفر به کلر در گیاه *Sesbania aculeate*

تحت تأثیر تیمارهای شوری

نسبت فسفر به کلر			نسبت پتاسیم به سدیم			شوری (میلی مولار)
برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه	ریشه	
۰/۴۷ ^a	۰/۲۳ ^a	۰/۳۰ ^a	۱/۵۱ ^a	۱/۰۵ ^a	۱/۹۳ ^a	۰
۰/۰۷ ^b	۰/۱۰ ^b	۰/۰۸ ^b	۰/۲۹ ^b	۰/۶۲ ^b	۰/۳۰ ^b	۷۵
۰/۰۷ ^b	۰/۱۱ ^b	۰/۰۷ ^b	۰/۲۱ ^b	۰/۴۵ ^c	۰/۱۸ ^b	۱۵۰

میانگین‌های که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح ۹۵٪ با آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین برخی عوامل تشریحی گیاه *Sesbania aculeate*

تحت تأثیر تیمارهای شوری

منابع تغییر	نسبت پوست به	نسبت پوست به	ضخامت برگ	ضخامت	ضخامت پارانثیم
	استوانه آوندی ریشه	استوانه آوندی	(میکرومتر)	پارانثیم نردبانی	اسفنجی
		ساقه		(میکرومتر)	(میکرومتر)
شوری (میلی مولار)					
۰	۰/۵۸ ^a	۰/۳۸ ^a	۲۳۱/۶۶ ^c	۱۰۹/۱۶ ^c	۷۹/۱۶ ^a
۷۵	۰/۵۳ ^a	۰/۳۵ ^a	۳۰۶/۶۶ ^b	۲۱۰/۰۰ ^b	۵۸/۳۳ ^b
۱۵۰	۰/۳۰ ^b	۰/۳۵ ^a	۳۳۰/۸۳ ^a	۲۳۴/۱۶ ^a	۵۶/۶۶ ^b

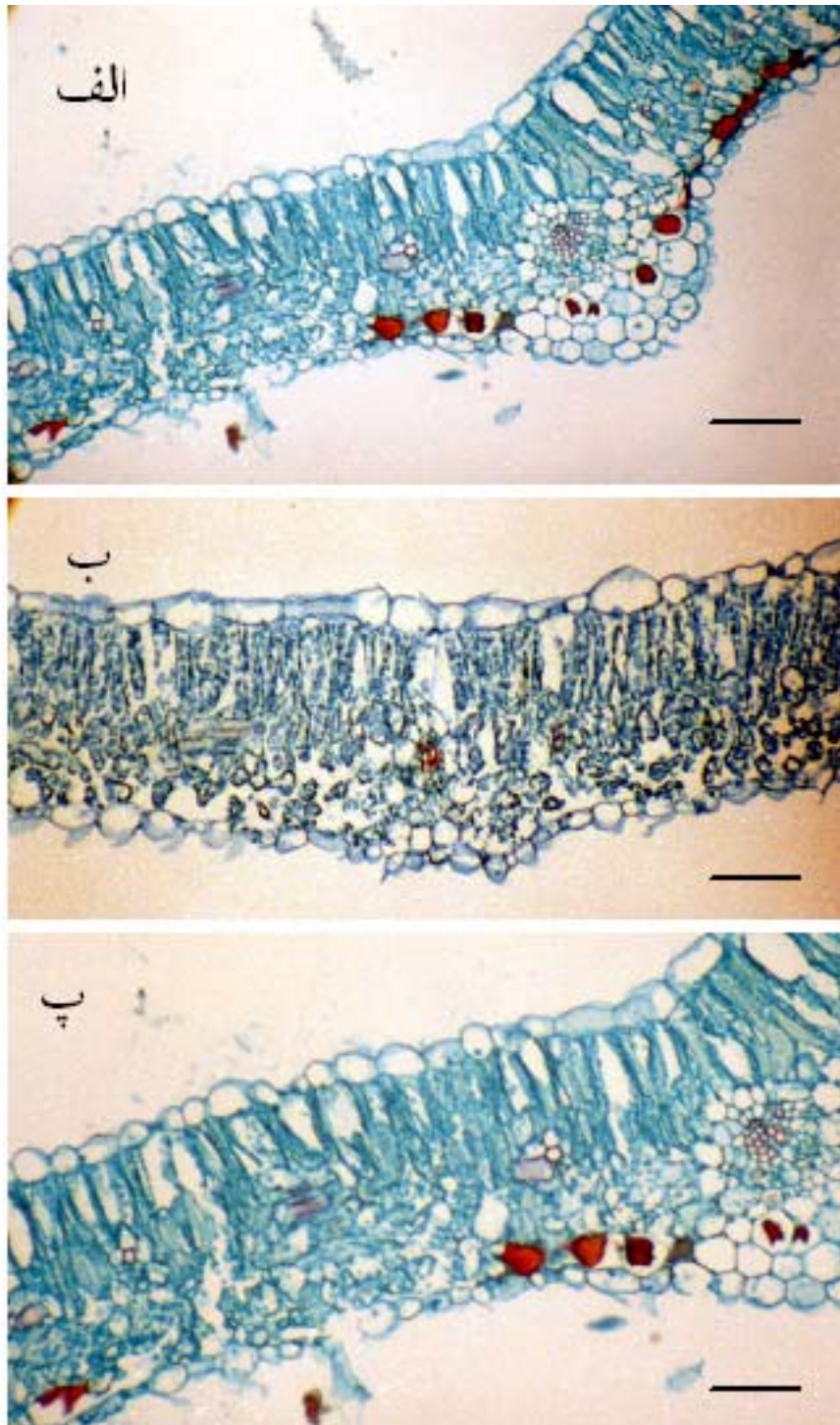
میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح ۹۵٪ با آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۷- اثر شوری و پتاسیم در میزان کلروفیل، قندهای محلول، اسیدهای آمینه در برگ

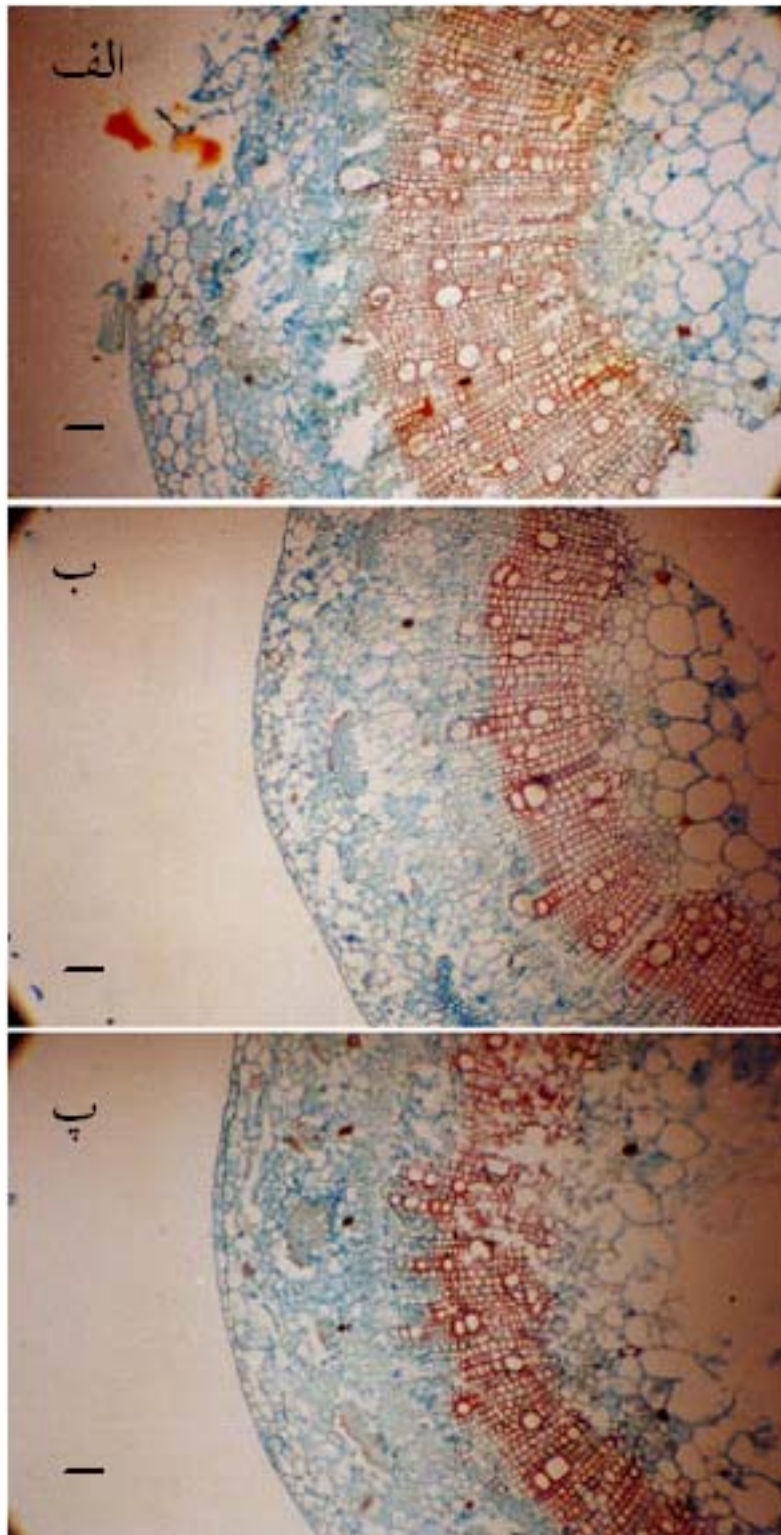
گیاه *Sesbania aculeate*

شوری (میلی مولار)	اسیدهای آمینه کل (میکروگرم بر گرم وزن تر)	قندهای محلول کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)
۰	^b ۱۴/۷۷	^b ۸/۹۴	^a ۳/۳۰
۱۰۰	^a ۲۶/۹۶	^a ۱۵/۰۰	^a ۲/۷۱

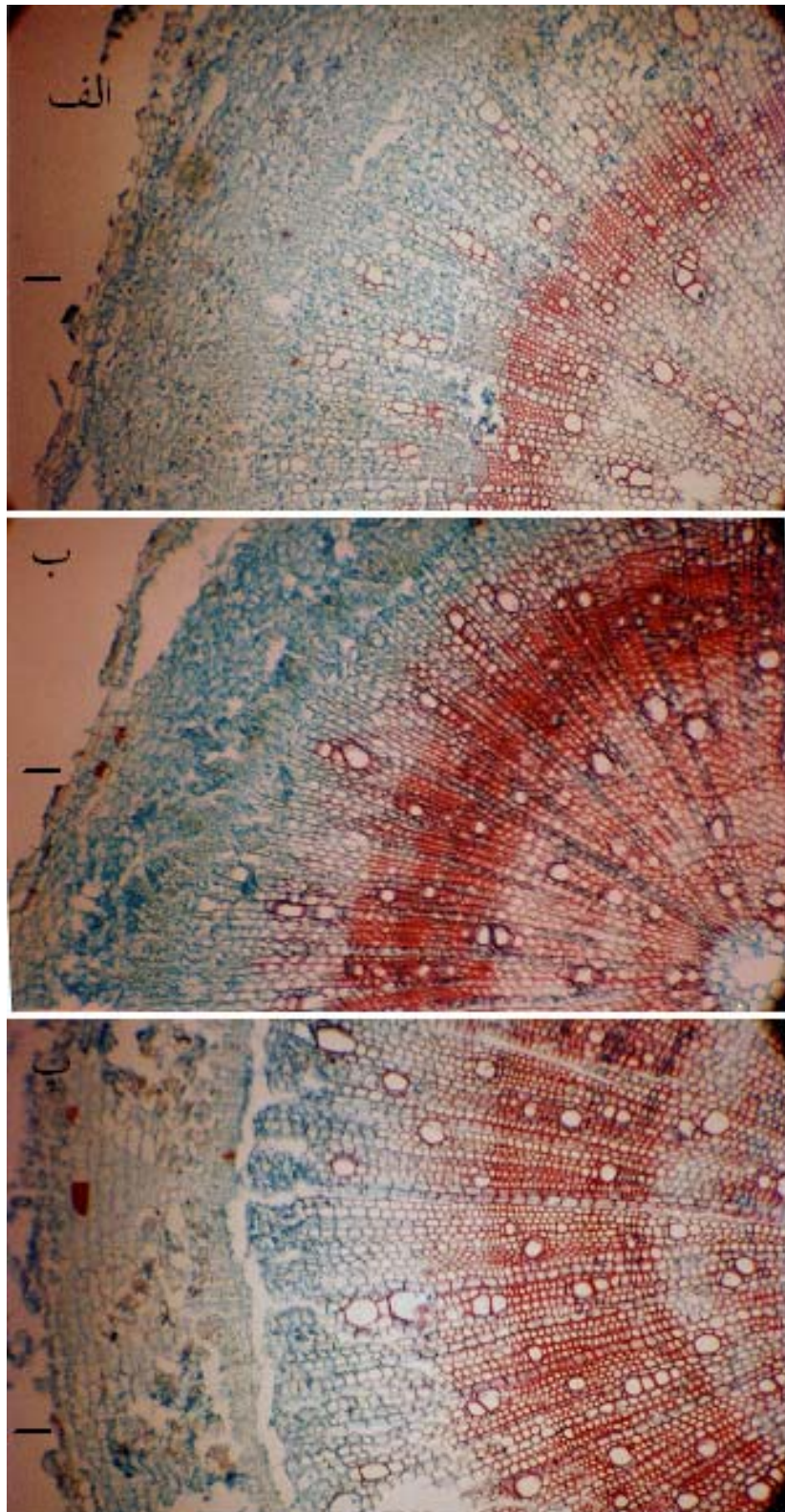
میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند در سطح ۹۵٪ با آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۱- تغییرات تشریحی بخش برگ گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری (الف- شاهد، ب- ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، پ- ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم؛ میله = ۱۰۰ میکرومتر).



شکل ۲- تغییرات تشریخی بخش ساقه گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شورى (الف- شاهد، ب- ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، پ- ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم؛ میلیه = ۱۰۰ میکرومتر).



شکل ۳- تغییرات تشریخی بخش ریشه گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری (الف- شاهد، ب- ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، پ- ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم؛ میله = ۱۰۰ میکرومتر).

بحث

شوری سبب کاهش رشد چشمگیر رشد گیاهان شد که این امر در کاهش وزن تر و خشک، طول بخش هوایی، قطر ساقه و تعداد برگ‌ها و برگچه‌های گیاه قابل مشاهده است (در زیر دلایل این کاهش رشد تحت شوری بحث می‌گردد). شوری باعث افزایش یون‌های سدیم و کلر در گیاه سببانیا شد. از طرفی شوری مقدار پتاسیم بخش‌های مختلف گیاه را کاهش داد. این نتایج آشکار می‌سازد که بخش زیادی از کاهش رشد حاصل از شوری در نتیجه سمیت یون‌های سدیم و کلر و عدم توازن یون‌ها است. این نتایج با نتایجی که (Mahmood 1998) در سببانیا روستراتا، (Khan et al., 2000) در آترپلکس، (Shereen & Ansari 2001) در لوبیا، بدست آوردند، مطابقت دارد. بنابراین زمانی که غلظت یون‌های سدیم و کلر در گیاه افزایش می‌یابد، مقدار یون‌های قابل دسترس به‌ویژه یون پتاسیم و فسفر در گیاه کم می‌شود. سمیت یون سدیم زمانی رخ می‌دهد که سدیم جایگزین یون پتاسیم در واکنش‌های مختلف شود. با توجه به اینکه سدیم و پتاسیم از نظر شعاع یون هیدراته و بارالکتریکی مشابه می‌باشند، کانال‌های کاتیونی موجود در غشاء سلول‌ها در تفکیک این دو یون دچار مشکل شده و سدیم به گیاه جذب می‌شود. از این رو افزایش بیش از حد سدیم در سیتوپلاسم ممکن است فعالیت آنزیم‌ها، یکپارچگی ساختار و عمل غشاهای سلول را دچار اختلال کند (Maathuis & Sanders Benlloch et al., 1994). به‌علاوه اینکه نسبت (Zhu, 2003; Essa, 2002, 1996). به‌علاوه اینکه نسبت پتاسیم به سدیم در گیاهان تحت تنش شوری به کمتر از یک کاهش یافت. به‌طوری‌که، محققان زیادی گزارش کرده‌اند که نسبت بالای پتاسیم به سدیم در گیاهان رابطه

نزدیکی با مقاومت به شوری دارد و می‌تواند به‌عنوان شاخص خوبی از مقاومت به شوری در گیاهان شیرین‌رست باشد. این نسبت در بافت گیاهان شیرین‌رست به‌عنوان شاخص سمیت سدیم استفاده می‌شود، زیرا پژوهشگران معتقدند که حضور سدیم باعث اختلال در فعالیت آنزیم‌های نیازمند به پتاسیم می‌شود (Brownlee, Bohera & Doerffling, 1993). نسبت پتاسیم به سدیم کمتر از یک با صدمه به فعالیت کلروپلاست‌های جداشده، کاهش فعالیت روویسکو و کاهش فتوسنتز ارتباط دارد (Marschner, 1995). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار یون سدیم و کلر در بخش‌های هوایی گیاه بیشتر از ریشه بود. این نتایج با نتایجی که (Mahmood 1998) بدست آورد مطابقت دارد. گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد که کنترل تجمع سدیم و کلر در سلول یک فرایند فیزیولوژیکی مهم مرتبط با مقاومت به شوری در گیاهان شیرین‌رست بشمار می‌رود (Maser et al., 2002) و در بیشتر شیرین‌رست‌ها تراکم یون سدیم و کلر در ریشه بیش از بخش هوایی است. به نظر می‌رسد گیاه سببانیا برخلاف بسیاری از گیاهان زراعی شیرین‌رست است و غلظت یون‌های سمی در ریشه کمتر از بخش هوایی می‌باشد. به نظر می‌رسد افزایش یون‌های سمی سدیم و کلر و برهم خوردن توازن یونی یک دلیل کاهش رشد گیاه سببانیا تحت شوری باشد. هرچند، با توجه به بقا گیاهان و رشد قابل توجه آن تحت شوری ممکن است یون‌های سمی در واکوئل بخش‌بندی شده باشند. اما گزارش‌های متعددی حکایت از اهمیت وجود پروتئین‌های غشایی مثل آنتی‌پورترهای Na^+/H^+ تونوپلاستی دارد که در خروج Na^+ از سیتوسول و بخش‌بندی آن در واکوئل نقش مهمی

حفظ آب در گیاه کمک می‌کند. هرچند افزایش ضخامت برگ با افزایش پارانشیم نردبانی و در نتیجه کاهش فضای بین سلولی در برگ‌ها ممکن است کاهش انتشار گاز دی-اکسید کربن از خلال مزوفیل برگ را سبب شده و فتوسنتز را کاهش دهد. از طرف دیگر، کاهش ضخامت پارانشیم اسفنجی و افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی در نتیجه شوری ممکن است به دلیل بیشتر بودن تعداد کلروپلاست‌ها در پارانشیم نردبانی بر ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تحت شوری اثر بگذارد. نتایجی مشابه توسط Parida & Das (2005) گزارش شد. Chavan & Karadge (1986) گزارش کردند که میزان فتوسنتز در سسبانا گرانديفولیا در شرایط شوری افزایش می‌یابد. این نتایج آشکار ساخت که گیاه سسبانا آکیولاتا با کاهش رشد حدود ۴۲ درصد در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۱۳/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر) تحمل به شوری متوسطی داشته و از آن می‌توان برای اصلاح مراتع با شوری کم استفاده کرد. بنابراین اثرهای زیان‌بار در این گیاه ناشی از کمبود آب، سمیت یون‌ها و کمبود برخی عناصر غذایی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- کریمی، ه.، عبدل‌زاده، ا. و صادقی پور، ح.، ۱۳۸۷. بررسی اثر شوری و تغذیه پتاسیم در گیاه سسبانا آکیولاتا (*Sesbania aculeata*) در محیط گلخانه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵ (۶): ۱۵۸-۱۶۹.
- Arnon, D. I., 1965. Photosynthesis by isolated chloroplast, I.V. Central concept and comparison of three prochemical reaction. *Biochimica et Biophysica Acta*, 20:440-446.
 - Ashraf, M. and Bashir, A., 2003. Salt stress induced changes in some organic metabolites and ionic relations in nodules and other plant parts of two crop legumes differing in salt tolerance, *Flora*, 198: 486-498.
 - Benlloch, M., Ojeda, M.A. Ramos, J. and Rodriguez-Navarro, A., 1994. Salt sensitivity and low

دارند (Wu, et al., 1996, Qiu et al., 2002). از طرف دیگر، افزایش اسیدهای آمینه و قندهای محلول در برگ‌های گیاهان تحت شوری ممکن است نتیجه تجمع این مواد در سیتوسول یاخته‌های برگ باشد که به پایداری غشاها و ماکرومولکول‌ها کمک کرده و توازن اسمزی بین بخش‌های مختلف یاخته را امکان‌پذیر می‌سازد (Tester & Devenport, 2003).

شوری باعث کاهش نسبت پوست به استوانه مرکزی ریشه شد. بزرگ شدن استونه آوندی ممکن است جذب آب در گیاه را تسهیل نماید. اما این نسبت در ساقه تحت شوری تغییری نکرد. بنابراین به نظر می‌رسد گیاهان تحت شوری با کاهش جذب آب نیز مواجه بودند، به طوری که درصد آب نسبی در گیاهان تحت شوری کاهش یافت. بنابراین بخش دیگری از کاهش رشد ناشی از شوری مربوط به کمبود آب در این گیاهان بود. هر چند که افزایش اسیدهای آمینه و قندهای محلول در برگ‌های گیاهان تحت شوری حکایت از تلاش گیاه برای جذب آب از طریق تنظیم اسمزی با اسمولیت‌های سازگار می‌باشد. اما افزایش اسیدهای آمینه مانند پرولین به محلول‌های سازگار جهت تنظیم اسمزی و حفاظت بخشهای مختلف سلول تحت شوری توسط محققان مختلف گزارش شده است (Tester & Devenport, 2003; Ashraf & Bashir, 2003). بنابراین، کاهش رشد تحت شوری ممکن است ناشی از کم شدن جذب آب به دلیل دشواری جذب آب ناشی از پتانسیل آب شدیداً منفی محیط ریشه و یا صرف بخشی از انرژی و ذخیره کربن گیاه جهت تنظیم اسمزی با این محلول‌های سازگار باشد (Munns, 2006). البته شوری افزایش ضخامت برگ را سبب شد که به نظر می‌رسد با کاهش سطح تعرق به

- Mahmood, k., 1998. Effects of salinity, external K^+/Na^+ ratio and soil moisture on growth and ion content of *Sesbania rostrata*, *Biologia Plantarum*, 41(2): 297-302.
- Marschner., H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. 864 p.
- Maser, P., Gierth, M. and Schroeder, I.J., 2002. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plant, *Plant and Soil*, 247: 43-54.
- Munns, R., 2006. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses, *Plant Cell and Environment*, 16 (1): 15-24.
- Munns, R., Husain, S., Rivelli, R.A., James, A.R., Condon (Tony), A.G., Lindsay, P.M., Lagudah, S.E., Schachtman, P.D. and Hare, A.R., 2002. Avenues for increasing salt tolerance crop and the role of physiology based selection traits, *Plant and Soil*, 247: 93-105.
- Omokolo, N.D., Tsala, N.G. and Djougoue P.F., 1996. Changes in carbohydrate, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with *Phytophthora megakarya* Bra. and Grif. *Annals of Botany*, 77 (2): 153-158
- Parida, A.K. and Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effect on plants, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3): 324-349.
- Poljakoff-Mayber, A., 1975. Morphological and anatomical changes in plants as response to salinity. In: Poljakoff-Mayber, A., Gale, J., (Eds.). *Plants in saline environments*. Berlin: Springer-Verlag, 213 p.
- Qiu, Q-S., Guo, Y., Dietrich, M.A., Schumaker, K.S. and Zhu, J-K., 2002. Regulation of SOS1, a plasma membrane Na^+/H^+ exchanger in *Arabidopsis thaliana*, by SOS2 and SOS3. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(12): 8436-8441.
- Ruzin, S.E., 1999. *Plant microtechnique and microscopy*, University of California Press. 322 p.
- Shabala, S., 2003. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. *Annals of Botany*, 92: 627-634.
- Shereen A. and Ansari, R., 2001. Salt tolerance in soybean (*Glycine max.* L.): Effect on growth and water relations, *Pakistan journal of biological Sciences*, 4(1): 1212-1214.
- Tester, M. and Devenport, R., 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants, *Annals of Botany*, 91(1): 1-25.
- Wu, J.S., Ding, L. and Zhu, K.J., 1996. SOS1, a genetic locus essential for tolerance and potassium acquisition, *The Plant Cell*, 8: 617-627.
- Yemm, E. and Cocking, E., 1955. The determination of amino acids with ninhydrin. *Analyst*, 80: 209-213.
- Zhu, K.J., 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in Plant Biology*, 6: 441-445.
- discrimination between potassium and sodium in bean plants, *Plant and Soil*, 166: 117-123.
- Blumwald, E., Aharon, S.G. and Apse, P.M., 2000. Sodium transport in plant cells, *Biochimica et Biophysica Acta*. 1465: 140-151.
- Bohera, S.J. and Doerffling, K., 1993. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity, *Plant and Soil*, 152: 229-303.
- Baum, S.F., Tran, P.N. and Silk, W.K., 2000. Effects of salinity on xylem structure and water use in growing leaves of sorghum, *New Phytologist*. 146: 119-127.
- Brownlee, C., 2002. Plant K^+ transport: Not just uphill struggle, *Current Biology*, 12: 402-404.
- Chavan, P.D. and Karadge B.A., 1986. Growth, mineral nutrition, organic constituents and rate of photosynthesis in *Sesbania grandifolia* L. Growth under saline conditions. *Plant and Soil*, 14: 395-404.
- Diatloff, E. and Rengel, Z., 2001. Compilation of simple spectrophotometric techniques for the determination of elements in nutrition solutions, *Journal of Plant Nutrition*, 24(1): 75-85.
- Essa, T.A., 2002. Effect of salinity stress on growth on nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. merrill) cultivars, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188: 86-93.
- Gupta, A.P., Khanna, S.S. and Tomar, N.K., 1985. Effect of sodicity on the utilization of phosphatic fertilizers by wheat, *Soil Science*, 139(1): 94-103.
- Hossain, M., Focken, R. and Becker, K., 2002. Nutritional evaluation of dhaincha (*Sesbania aculeata*) seeds as dietary protein source for tilapia *Oreochromis niloticus*, *Aquaculture Research*, 33: 653-662.
- Jungklang, J., Suonohara, Y. and Matsumoto, H., 2004. Antioxidative enzymes response to NaCl stress in salt-tolerant *Sesbania rostrata*, *Weed Biology Management*, 4: 81-85.
- Karimi, E., Abdolzadeh, A. and Sadeghipour, H., 2009. Higher salt tolerance in Olive, *Olea europaea* L. plants by supplemental potassium nutrition involves changes in ion accumulation and anatomical attributes. *International Journal of Plant Production*, 3(4): 49-60.
- Khan, A.M., Unga, A.I. and Showalter, M.A., 2000. Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. stocksii. *Annals of Botany*, 85: 225-232.
- Longstreth, D.J. and Nobel, P.S., 1979. Salinity effects on leaf anatomy, consequences for photosynthesis, *Plant Physiology*, 63: 700-703.
- Maathuis, F.J.M. and Sanders, D., 1996. Mechanisms of potassium absorption by higher plant root, *Physiologia Plantarum*, 96: 158-168.
- McCready, M.R., Guggolz, J., Silveira, V. and Owens, S.H., 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22: 1156-1158.

Evaluation of salinity tolerance in *Sesbania aculeata* (Willd.) Pers.

Karimi, H.¹, Abdolzadeh, A.^{2*}, Sadeghipour, H.R.³, Mehraban, P.⁴ and Norinia, A.A.⁵

1-MSc in Plant Physiology, Dept. of Biology, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan, Iran.

2*- Corresponding author, Associate Professor, Dept. of Biology, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan, Iran.

Email: ah_ab99@yahoo.com

3- Assistant Professor, Dept. of Biology, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan, Iran.

4- PhD. Student in Plant Physiology, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan, Iran.

5- Assistant Professor, Research Center of Agriculture and Natural Resources, Golestan, Iran.

Received: 16.01.2010

Accepted: 06.09.2010

Abstract

Salinity is one of the most important causes in reduction of agricultural products and depletion of natural vegetation in many parts of the world, like Iran. *Sesbania aculeata* is a palatable forage and relatively salt tolerant species from Fabaceae family that can be used for reclamation of semi-saline rangelands. The study was performed to evaluate the salinity resistance of this in view of ions accumulation and anatomical changes. *S. aculeata* seeds were planted in sand under greenhouse conditions and irrigated with Hougland nutrient solution. A completely randomized design including three levels of salinity (control, 75 and 150 mM NaCl) was applied and plants were harvested after two months. According to the results, fresh and dry weight of roots and shoots and relative water content were decreased under salinity. With increment of salinity level, Na⁺ and Cl⁻ accumulation increased in all organs of plants which were more obvious in shoots. Furthermore, the potassium concentration and K⁺/Na⁺ ratio decreased in shoots and roots while total amino acids and soluble carbohydrates increased in plants in response to the salinity. Salinity also increased the palisade parenchyma cells thickness and total thickness of leaves, while spongy parenchyma cells thickness decreased under salinity. In addition, ratio of cortex to stele decreased in roots of plants grown under salinity. The results reveal that *S. aculeata* probably accumulates Na⁺ and Cl⁻ mostly in vacuoles and amino acids and sugars in cytosol of thick leaf cells with palisade parenchyma through which osmotic adjustment and water absorption by plants is done with minimum energy. Increase of stele area in comparison with cortex in root may also facilitate water uptake under salinity.

Keywords: salinity, *Sesbania aculeata*, growth, morphological studies