فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۱۸، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۸۶-۱۷۲ (۱۳۹۰)

بررسی مقاومت به شوری در گونه *Sesbania aculeata*

همت کریمی[۱]، احمد عبدلزاده[۲*]، حمید رضا صادقی‌پور[۳]، پویان مهربان[٤] و عباسعلی نوری‌نیا[٥]
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
٤- دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان
٥- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲٦ تاریخ پذیرش: ۸۹/۰٦/۱۵

چکیده

شوری یکی از مهمترین عوامل کاهش محصولات کشاورزی و رستنی‌های طبیعی در بسیاری از مناطق دنیا ازجمله ایران است. سسبانیا 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 سسبانیا در محیط کشت شنی در گلخانه با محلول هوگلند کاشته شد. به‌نحوی‌که طرح آزمایش کاملاً تصادفی و تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم 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 سسبانیا 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، سسبانیا آکیولاتا، رشد، تغییرات تشریحی.

مقدمه

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

Archive of SID
www.SID.ir

به‌صورت 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 به‌شدت منفی می‌کند که باعث کاهش جذب آب توسط گیاه می‌شود (Tester & Devenport, 2003) که در کوتاه‌مدت پژمردگی گیاه را به‌دنبال 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 به‌دلیل انباشتگی یون‌های سمی و کاهش جذب عناصر ضروریست. ورود سدیم از خلال غشاهای 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 متابولیکی یون سدیم نتیجه توانایی سدیم در رقابت با پتاسیم 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 به‌دنبال 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. به‌طوری‌که 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-Mayber, 1975؛ Longstreth & Nobel, 1979؛ Baum *et al.*, 2000؛ Karimi *et al.*, 2009).

گیاه *Sesbania aculeata* با نام انگلیسی دهینچا[1] 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 به‌خوبی 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 سسبانیا آکیولاتا و لوبیا 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 سسبانیا کمتر از لوبیا است. آنها گزارش کردند که دلایل مقاوم بودن

1- Dhaincha

Archive of SID

www.SID.ir

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، به‌طوری‌که نسبت K^+/Na^+ در بخش هوایی بیشتر از ریشه است. همچنین با افزایش شوری مقدار Na^+ در بخش‌هوایی و ریشه زیاد شده و مقدار K^+ در بخش هوایی کاهش می‌یابد. Jungklang *et al.*, (2004) گزارش کردند که گیاه سسبانیا روستراتا نسبت به لوبیا در برابر شوری مقاومتر است. به‌طوری‌که در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مقدار کلروفیل a فقط در لوبیا 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 حیطه 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 هوگلند شامل ۰/۵ میلی‌مولار KH_2PO_4، ۲/۵ میلی‌مولار KNO_3، ۱/۵ میلی‌مولار $Ca(NO_3)_2$ و ۰/۵ میلی‌مول در لیتر $MgSO_4$ همراه با عناصر کم مصرف بود. آبیاری و تغذیه گیاهان تا مرحله دو برگی به وسیله محلول غذایی فاقد شوری انجام شد و پس از آن تیمارهای شوری در طی دو شب متوالی (هر شب ۷۵ میلی‌مول) 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 میلی‌مولار کلرید سدیم (برابر با ٦/۸۵ و ۱۳/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر) با ده تکرار انجام شد. به‌طوری‌که 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 بدست‌آمد.

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 آمونیم در طول موج ٤۷۰ نانومتر انجام گردید (Gupta *et al.*, 1985). اندازه‌گیری کلر پس از استخراج ۰/۵ گرم از بافت تر گیاهان

Archive of SID

www.SID.ir

با آب‌مقطر در حمام آب‌جوش با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-160 Shimadzu) در طول‌موج ٤٦٠ 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 (مدلHM 335 E) تهیه شد و با استفاده از سافرانین (۱٪) و فاست‌گرین (۵٪) رنگ‌آمیزی گردید (Ruzin, 1999). همه برش‌ها در میکروسکوپ المپوس 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 و۱۰۰ 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 ٦٢٠ نانومتر خوانده شد.

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، به‌طوری‌که مقدار کاهش وزن خشک کل گیاهان در شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به گیاهان شاهد به‌ترتیب ١٦ درصد و ٤٢ 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، به‌طوری‌که در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم طول بخش هوایی نسبت به شاهد در حدود ۲۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). به‌علاوه 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 به‌ترتیب ۳۱ و ٤٢ درصد کاهش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

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**	۱٦۹/۵**	۱۵۲٦/٦**	۱/۱۲**	۵/۰۱**	۱۰/٦۱**	۲/۵۹**	۱/۵۳ns	۳۰۱/۹**	٤۹/٤**	۲٤/۳ns
خطا	۲۷	۱۷/۱	۳۰/٤	۷۲/۷۵	۰/۰۷	۰/۵٦	۰/۹٤	۰/۳٦	٤/٤۲	۲۵/۱	۵/۲٦	۲۷/۲
کل	۲۹											

ns عدم معنی‌داری، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

جدول۲- مقایسه میانگین عوامل رشد گیاه *Sesbania aculeate* تحت تیمارهای شوری

شوری (میلی مولار)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر بخش هوایی (گرم)	وزن تر کل (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 (سانتی‌متر)	تعداد برگ	تعداد برگچه
۰	۳۲/۷۷^{a}	۳۳/٤٦^{a}	٦٦/۲۳^{a}	۱/٤۰^{a}	٤/۲٦^{a}	۵/٦٦^{a}	۳/۱۲^{b}	۹۱/۱۵^{a}	٤٤/۵۳^{a}	۱٤/۷۲^{a}	۱۳/۰٤^{a}
۷۵	۲۳/۵۵^{b}	۳٦/۷۹^{a}	٦۰/۳۵^{a}	۰/۹۹^{b}	۳/۷۷^{b}	٤/۷۷^{b}	۳/۷۷^{a}	۸۸/۰۵^{b}	۳٦/۰۹^{b}	۱۱/۱۸^{b}	۸/۷۱^{b}
۱۵۰	۱٤/۵۹^{c}	۲۵/۷۵^{b}	٤۰/۳۵^{b}	۰/٦۹^{c}	۲/۵۹^{c}	۳/۲۹^{c}	۳/۹۱^{a}	۸۹/٤٤^{b}	۳۵/۰۳^{b}	۱۰/۱۳^{b}	۷/۵۷^{b}

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

Archive of SID
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com
www.SID.ir

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

منابع تغییر	درجه آزادی	سدیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)			پتاسیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)			فسفر (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)			کلر (میلی‌گرم 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**	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۶ns	۰/۰۳۲ns	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 معنی‌داری، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

جدول ٤ – مقایسه میانگین غلظت سدیم و پتاسیم در بخش‌های مختلف گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری

شوری (میلی‌مولار)	سدیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)			پتاسیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)			فسفر (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)			کلر (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)		
	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

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

Archive of SID
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com
www.SID.ir

نتایج تجزیه واریانس آشکار ساخت که شوری بر غلظت تمامی املاح بجز فسفر اثر معنی‌دار دارد. (جدول ۳). شوری باعث افزایش تراکم یون سدیم در ریشه، ساقه و برگ گیاهان شد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار یون سدیم در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به میزان حدود ۳۰ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در برگ مشاهده شد (جدول ٤). 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. به‌طوری‌که شوری سبب کاهش معنی‌دار 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 ٤)، به‌طوری‌که در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به شاهد تراکم یون پتاسیم در ریشه ٦۲ درصد و در برگ ۱۹ درصد کاهش نشان داد. بدین ترتیب بیشترین میزان کاهش این نسبت در ریشه مشاهده شد (جدول ٤). 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، به‌طوری‌که در تیمار شوری از ۱۵۰ میلی‌مولار تراکم یون کلر در ریشه و ساقه به‌ترتیب ٤/۷ و ٤/٦ برابر افزایش یافت ولی در برگ ۷/۹ برابر زیاد شد. شوری اثر معنی‌داری در تراکم فسفر ریشه، ساقه و برگ گیاه سسبانیا نداشت. اما تراکم فسفر در برگ‌ها نسبت به ریشه و ساقه، هم در گیاهان شاهد و هم در تیمارهای شوری بیشتر بود (جدول ٤).

شوری نسبت پتاسیم به سدیم ریشه، ساقه و برگ را به طور معنی‌داری کاهش داد، به‌طوری‌که 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 به‌ترتیب تصاویر میکروسکوپی برشهای برگ، ساقه و ریشه گیاه سسبانیا آکیولاتا را نشان می‌دهد. شوری باعث افزایش معنی‌دار ضخامت پارانشیم نرده‌ای شد، به‌طوری‌که ضخامت این بافت در برگ‌های تحت ۱۵۰ میلی‌مولار شوری بیش از دو برابر گیاهان شاهد بود (شکل۱، جدول ٦). بعکس ضخامت پارانشیم اسفنجی در برگ گیاهان تحت شوری کم شد. به‌نحوی‌که افزایش ضخامت پارنشیم نردبانی بسیار چشمگیرتر از کاهش ضخامت پارنشیم اسفنجی بود. بنابراین ضخامت برگ تحت شوری افزایش معنی‌داری داشت. بدین ترتیب بیشترین ضخامت برگ و پارانشیم نرده‌ای در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد. البته نسبت پوست به استوانه آوندی ریشه تحت شوری کاهش یافت، اما شوری بر نسبت پوست به استوانه آوندی ساقه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ٦). شوری تغییر معنی‌داری در مقدار کلروفیل برگ گیاه سسبانیا ایجاد نکرد، اما میزان اسیدهای آمینه و قندهای محلول را به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۷).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- مقایسه میانگین نسبت پتاسیم به سدیم و فسفر به کلر در گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری

شوری	نسبت پتاسیم به سدیم			نسبت فسفر به کلر		
(میلی‌مولار)	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ
۰	۱/۹۳^{a}	۱/۰۵^{a}	۱/۵۱^{a}	۰/۳۰^{a}	۰/۲۳^{a}	۰/٤۷^{a}
۷۵	۰/۳۰^{b}	۰/٦۲^{b}	۰/۲۹^{b}	۰/۰۸^{b}	۰/۱۰^{b}	۰/۰۷^{b}
۱۵۰	۰/۱۸^{b}	۰/٤۵^{c}	۰/۲۱^{b}	۰/۰۷^{b}	۰/۱۱^{b}	۰/۰۷^{b}

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

جدول٦- مقایسه میانگین برخی عوامل تشریحی گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری

منابع تغییر	نسبت پوست به استوانه آوندی ریشه	نسبت پوست به استوانه آوندی ساقه	ضخامت برگ (میکرومتر)	ضخامت پارانشیم نردبانی (میکرومتر)	ضخامت پارانشیم اسفنجی (میکرومتر)
شوری (میلی‌مولار)					
۰	۰/۵۸^{a}	۰/۳۸^{a}	۲۳۱/٦٦^{c}	۱۰۹/۱٦^{c}	۷۹/۱٦^{a}
۷۵	۰/۵۳^{a}	۰/۳۵^{a}	۳۰٦/٦٦^{b}	۲۱۰/۰۰^{b}	۵۸/۳۳^{b}
۱۵۰	۰/۳۰^{b}	۰/۳۵^{a}	۳۳۰/۸۳^{a}	۲۳٤/۱٦^{a}	۵٦/٦٦^{b}

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

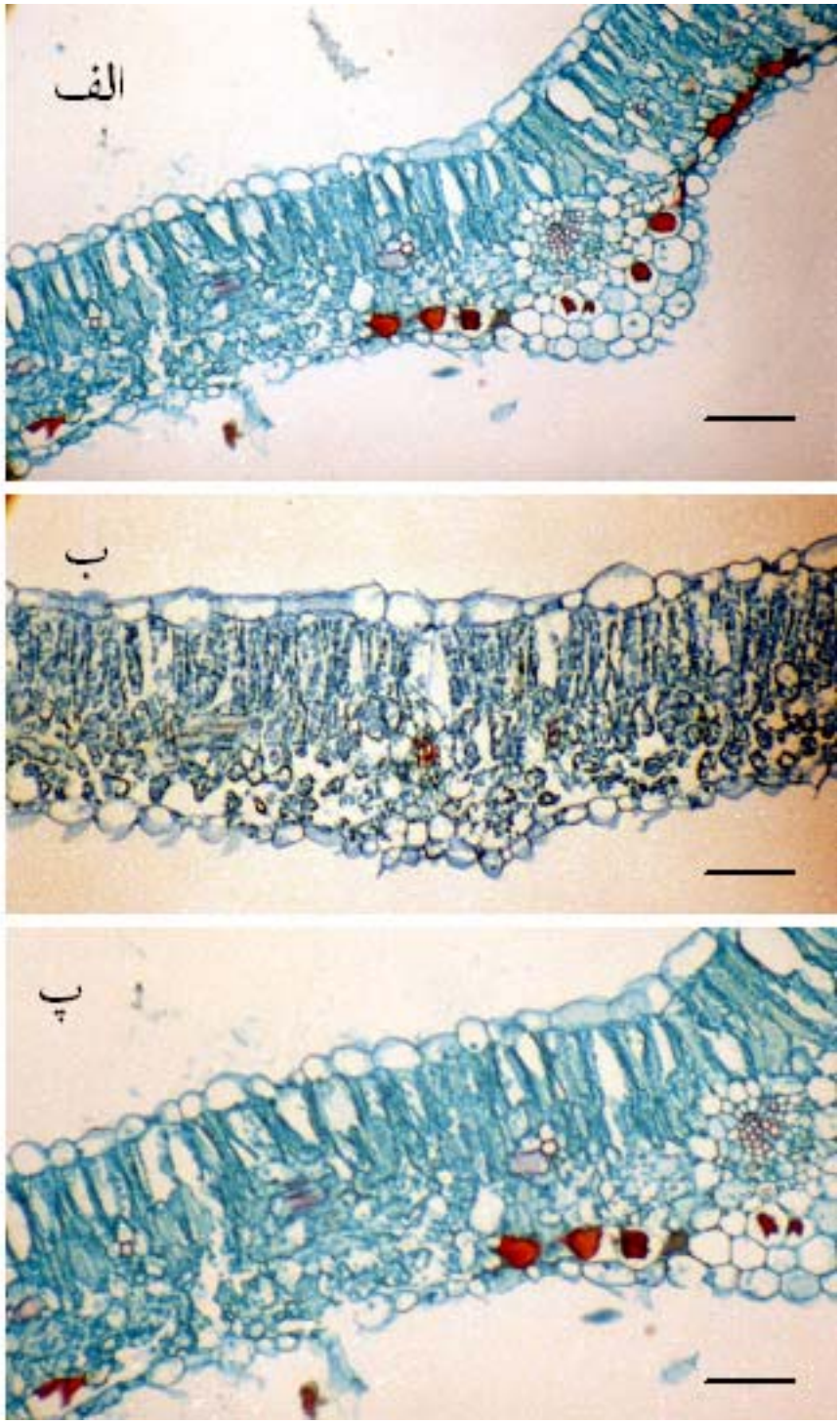
جدول ۷- اثر شوری و پتاسیم در میزان کلروفیل، قندهای محلول، اسیدهای آمینه در برگ گیاه *Sesbania aculeate*

شوری (میلی‌مولار)	اسیدهای آمینه کل (میکروگرم بر گرم وزن تر)	قندهای محلول کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
۰	^{b}۱٤/۷۷	^{b}۸/۹٤	^{a}۳/۳۰
۱۰۰	^{a}۲٦/۹٦	^{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.

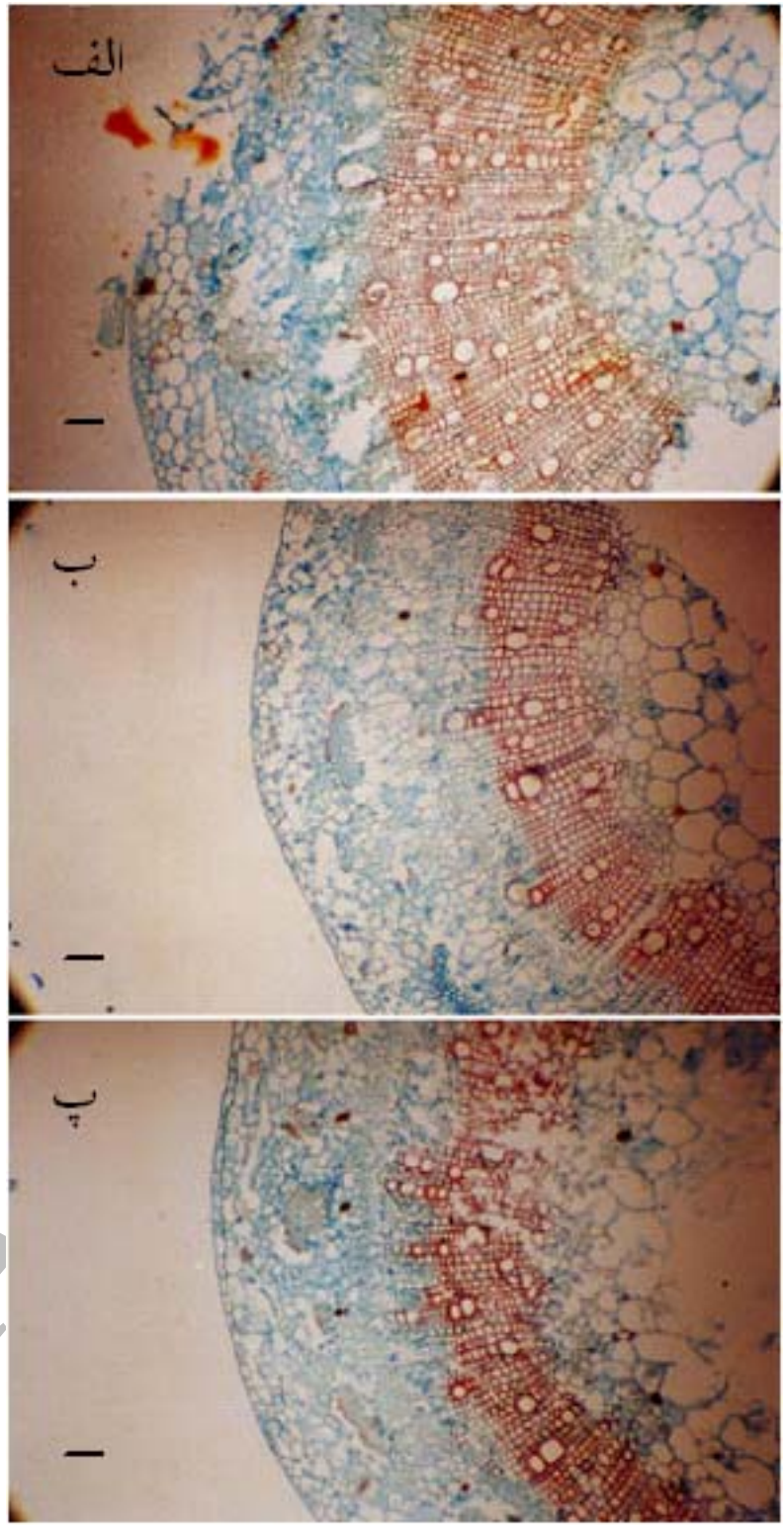
Archive of SID

www.SID.ir



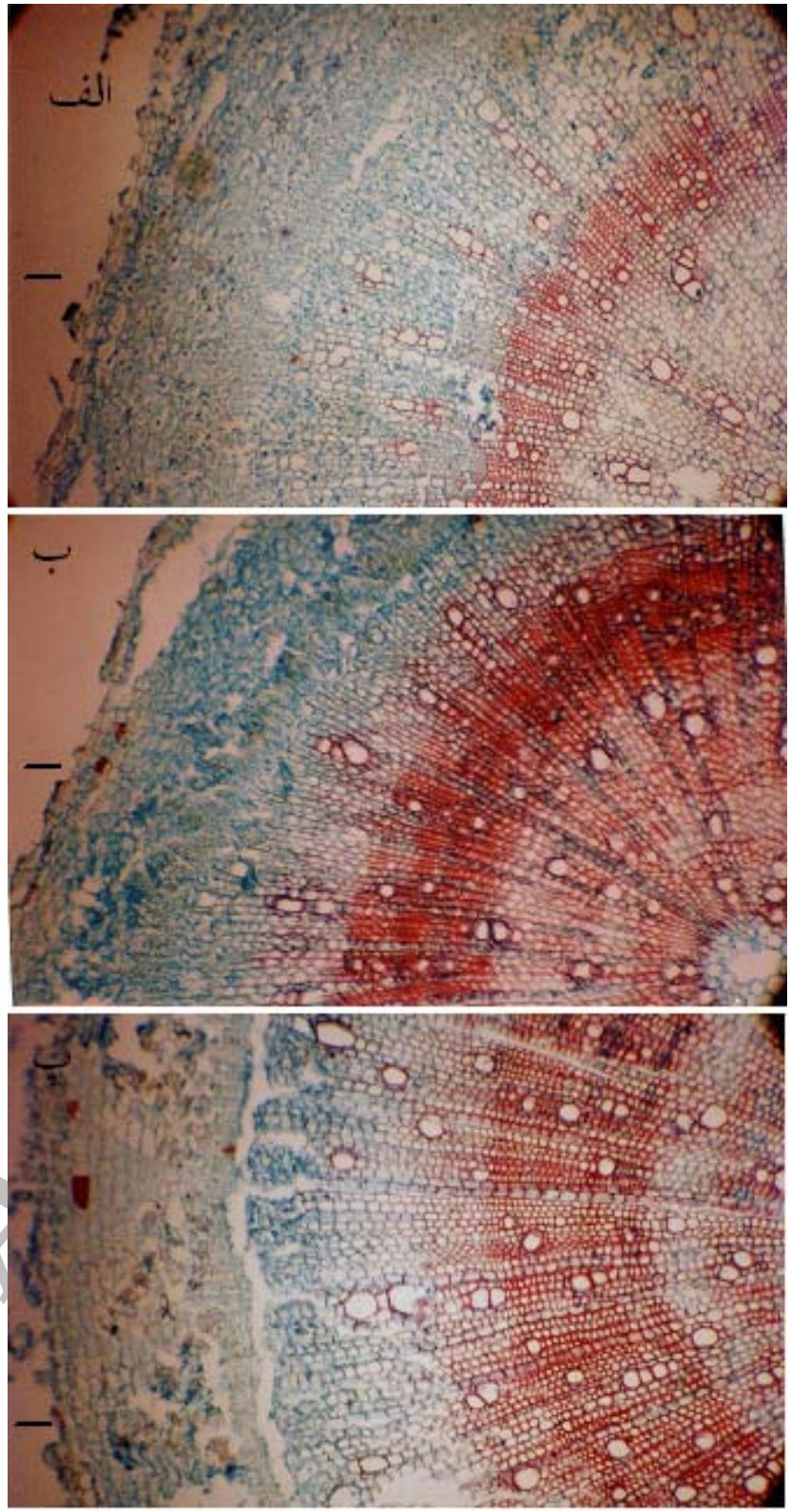
شکل ۱- تغییرات تشریحی بخش برگ گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری (الف- شاهد، ب- ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، پ- ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم؛ میله = ۱۰۰ میکرومتر).

www.SID.ir



شکل ۲- تغییرات تشریحی بخش ساقه گیاه *Sesbania aculeate* تحت تأثیر تیمارهای شوری (الف- شاهد، ب- ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، پ- ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم؛ میله = ۱۰۰ میکرومتر).

www.SID.ir



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

www.SID.ir

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 سسبانیا 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 سسبانیا 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 (Benlloch *et al.*, 1994؛ Maathuis & Sanders 1996؛ Zhu, 2003؛Essa, 2002). 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 (Bohera & Doerffling, 1993؛ Brownlee, 2002؛Shabala, 2003). نسبت پتاسیم به سدیم کمتر از یک با صدمه به فعالیت کلروپلاست‌های جداشده، کاهش فعالیت روبیسکو 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 سسبانیا 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 سسبانیا تحت شوری باشد. هرچند، با توجه به بقا گیاهان و رشد قابل‌توجه 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

Archive of SID

www.SID.ir

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، به‌طوری‌که 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 کم‌شدن جذب آب به‌دلیل 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 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 به‌دلیل 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 سسبانیا گراندیفولیا در شرایط شوری افزایش می‌یابد. این نتایج آشکار ساخت که گیاه سسبانیا آکیولاتا با کاهش رشد حدود ٤۲ 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 سسبانیا آکیولاتا (*Sesbania aculeata*) در محیط گلخانه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵ (٦): ۱۵۸-۱٦۹.
- 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

Archive of SID
www.SID.ir

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 pothosynthesis in Sesbania grandiflia L. Growth under salin 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. Nutritinal evalution of dhaincha (*Sesbania aculeata*) seeds as dietary protein source for *tilapia Oreochromis niloticus*, Aqaculture 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., Silviera, V. and Owens, S.H., 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. Analytical Chemistry, 22: 1156-1158.
- 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 crap sand the role of physiology based selection traits, Plant and Soil, 247: 93-105.
- Omokolo, N.D., Tsala, N.G. and Djocgoue 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: Polijakoff-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, agenetic locuse 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.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of salinity tolerance in *Sesbania aculeatea* (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 Sceience, Golestan University, Gorgan, Iran.
4- PhD. Student inPlant Physiology, Faculty of Sience, 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 aculeate*, growth, morphological studies

Archive of SID

www.SID.ir