فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۱۷، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۳٤-۲۱ (۱۳۸۹)

بررسی تأثیر تنش شوری بر روی برخی خصوصیات مرفولوژی و آناتومی سه گونه سالسولا
(*Salsola rigida* S.C.G mel , *Salsola richteri* Moq , *Salsola dendroides* Pall)

علی تیموری[1*] و محمد جعفری[2]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: Teimouri_a @yahoo.com
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸٦/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۷/۰۳/۱۱

چکیده

شوری خاک یکی از مشکلات مهم مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. براساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی بیش از٤۰ درصد از اراضی تحت آبیاری ایران در معرض شوری قرار دارند. امروزه استفاده از روش بیولوژیک جهت مقابله با مسائل شوری خاک به طور وسیع بکارگرفته می‌شود. ولی موفقیت چشمگیر زمانی حاصل می‌شود که منابع ذخیره گیاهی که دارای تغییرات ژنتیکی مطلوب هستند در دسترس باشند. چرا که مقاومت‌های متفاوت در برابر شوری ناشی از تنوع ژنتیکی گیاهان می‌باشد و انتخاب براساس یک عامل، معیار مناسبی در ارزیابی مقاومت به شوری نخواهد بود. بنابراین در انتخاب ارقام مقاوم لازم است به مجموعه‌ای از شاخص‌های مقاومت به شوری که موجب تغییراتی در فیزیولوژی، آناتومی و مرفولوژی گونه‌ها و ارقام گیاهی می‌گردند، توجه شود. در این تحقیق تأثیر تنش شوری روی سه گونه مرتعی مورد بررسی قرار گرفت. به‌طوری‌که هر سه گونه مورد آزمایش در این بررسی از خانواده اسفناجیان بوده و جهت تعلیف دام و احیای مناطق خشک و نیمه‌خشک مناسب هستند. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه گونه مرتعی *S.rigida*، *S.dendroides* و *S.richteri* و ۷ سطح مختلف محلول آب شور محتوی کلرور سدیم خالص، با غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰، ۵۰۰ و ٦۰۰ میلی‌مولار بود. هدف از انجام این تحقیق بررسی برخی از شاخص‌های مقاومت به شوری بود. از این رو، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری بر خصوصیات مرفولوژی و آناتومی گیاهان اثر می‌گذارد. به طوری‌که با افزایش شوری تغییرات مرفولوژی در گیاهان نظیر: ریزش برگ‌های پائینی، زردشدگی برگ‌ها و گوشتی شدن برگ‌ها مشاهده گردید و با توجه به نتایج بدست‌آمده از آناتومی برگ‌ها مشاهده شد که گیاهان مورد آزمایش برای مقابله با شوری از مکانیسم تجمع کریستال‌های نمک در سلولهای مزوفیلی برگ و همچنین افزایش کرک جهت کاهش میزان تبخیر و تعرق و دفع نمک استفاده می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: اسفناجیان، تنش شوری، کرک، سالسولا، مرفولوژی، آناتومی

مقدمه

بخش عمده مساحت ایران از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. از ویژگیهای این مناطق، تبخیر زیاد و نزولات جوی اندک و پراکنده می‌باشد که موجب تجمع نمک‌های مختلف در لایه سطحی خاک می‌گردد. نداشتن مدیریت صحیح آبیاری، این مشکل را تشدید می‌نماید. بنابراین بسیاری از خاکهای مناسب جهت کشت، بر اثر استفاده از آب با کیفیت نامطلوب و عدم رعایت اصول صحیح مدیریتی غیرقابل‌کشت شده و اصلاح مجدد این قبیل خاک‌ها مستلزم هزینه بسیار زیاد می‌باشد. بنابراین شوری خاک یکی از مشکلات مهم مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران می‌باشد (حق نیا، ۱۳۷۳). براساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی بیش از ٤٠ درصد از اراضی تحت آبیاری ایران در معرض شوری ثانویه قرار دارند (پسرکلی، ۱۹۹۳). یکی از راههای اصلاح خاک‌های شور، آبشویی این خاک‌ها و خارج کردن نمک‌های خاک می‌باشد که متأسفانه به علت کمبود آب در این مناطق، این روش عملی نیست. راهکار دیگر، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به شوری می‌باشد (جعفری، ۱۳۷۳). امروزه استفاده از روش بیولوژیک جهت مقابله با مسائل شوری خاک به طور وسیع بکارگرفته می‌شود. ولی موفقیت چشمگیر زمانی حاصل می‌شود که منابع ذخیره گیاهی که دارای تغییرات ژنتیکی مطلوب هستند در دسترس باشند. چرا که مقاومت‌های متفاوت در برابر شوری ناشی از تنوع ژنتیکی گیاهان می‌باشد و انتخاب براساس یک عامل، معیار مناسبی در ارزیابی مقاومت به شوری نخواهد بود. بنابراین در انتخاب ارقام مقاوم لازم است به مجموعه‌ای از شاخصهای مقاومت به شوری توجه شود (Jones & Qualset, 1984).

تنش شوری از تنش‌های غیرزنده مهم است که اثرهای زیانباری بر عملکرد گیاه دارد. تنش شوری برای رشد گیاه یک عامل محدودکننده است؛ زیرا سبب اختلالات تغذیه‌ای از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم، افزایش غلظت یونی درون سلول و فشار اسمزی می‌گردد (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۷۷). شناخت واکنش‌های گیاهان به شوری از اهمیت خاصی برخوردار است. سازوکارهای افزایش تحمل به نمک در گیاهان مختلف موجب تغییراتی در شاخص‌های مرفولوژیکی، آناتومی و فیزیولوژیکی می‌گردد که تحت تأثیر گونه گیاهی، مرحله رشد و عوامل خارجی از قبیل خاک، نوع نمک و شرایط آب هوایی (رطوبت و دما) قراردارد (حق نیا، ۱۳۷۳). تغییرات مرفولوژیکی که در پاسخ به شوری اتفاق می‌افتد، ظاهراً در گیاهان مختلف فرق می‌کند. یکی از معمولی‌ترین اثرهای شوری بازداشتن رشد می‌باشد که اغلب بدون سایر نشانه‌های خسارت از قبیل سوختگی برگ ظاهر می‌شود. این دگرگونی و سایر تغییرات ظاهری رشد، مانند حالت پربرگی حکایت از آن دارد که تنظیم‌کننده‌های رشد ممکن است در پاسخ گیاه به شوری دخالت داشته باشند (Poljakoff ,1988). شوری بر قطر ساقه گیاه نیز مؤثر است، به طوری‌که قطر ساقه در تیمار شوری نسبت به شاهد کمتر می‌شود و علت آن اساساً مربوط به کاهش بافت آوندی است و کاهش کمتری در بافت پارانشیمی پوست و مغز ساقه دیده شده است (Matsushita ,1992). گیاهان شورروی با دسترسی به نمک اضافی، علاوه بر ظرفیت جداسازی NaCl در واکوئل‌ها و تولید سازگارکننده‌های اسموتیکی در سیتوپلاسم، مکانیسم‌های ثانویه متنوعی دارند. در سطح بافتی، برخی شورروییها،

دارای غدد نمکی، کیسه‌های نمکی و بافت‌های آبدار برای کنترل عدم تعادل می‌باشند (Freitas ,1992). تصویر روشنی از فیزیولوژی بردباری به نمک در شورورویها بدست‌آمده که در آن چندین سیستم آنزیمی کلیدی و مکانیسم‌های کنترل ژنتیکی مشخص شده است. از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی تحمل به شوری، می‌توان به تعدیل اسمزی، تفکیک و تراوش نمک اشاره کرد. تحقیقات نشان می‌دهد که گیاهان متحمل به شوری گیاهانی هستند که توانایی زیادی در بدست آوردن مواد غذایی ضروری از محلول شور را داشته باشند. به‌طوری‌که گیاهان تا حدی با شوری مقابله می‌کنند و ازجمله مهمترین روش‌های مقابله با شوری، می‌توان از پدیده‌هایی مانند نفی نمک که از رسیدن نمک به آوند چوبی جلوگیری می‌کند، خارج کردن یونها از مسیر اصلی متابولیسم سلول و تجمع تدریجی آنها در یکی از اجزای سلول مانند واکوئل، تنظیم اسمزی بوسیله سنتز مواد آلی ازجمله اسید آمینه پرولین، دفع نمک بوسیله ساختارهایی مانند غدد نمک و کرک‌های نمکی، رقیق کردن نمک بوسیله افزایش حجم و گوشتی‌شدن را در بعضی گیاهان نام برد. گیاهان شورروی همچنین می‌توانند کارایی مصرف آب خود را در پاسخ به نمک افزایش دهند. درنتیجه مقدار آبی را که باید برای هر واحد رشد یا تعرق خارج کنند، به حداقل می‌رسانند (Gelenn ,1992).

به‌طورکلی رشد ریشه تقریباً همیشه نسبت به رشد ساقه و اندام هوایی با افزایش شوری کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، توسعه ریشه و طویل‌شدن اندام هوایی فرایندی وابسته به آماس است (Lauchli & Epstein , 1990). نتایج تحقیقات نشان داد که در اثر شوری ارتفاع، سطح برگ و تعداد برگ در کلزا کاهش می‌یابد. کاهش در تمام صفات در ارقام مقاوم کمتر از ارقام حساس گزارش گردید (Redman *et al*., 1994). کاهش سرعت رشد نسبی در جوهای تحت تنش شوری همبستگی بالایی با افزایش کاتیون‌های جذب شده و به‌ویژه سدیم تجمع یافته در بخش هوایی دارد، زیرا همزمان با کاهش رشد، غلظت سدیم در بخش هوایی و ریشه افزایش می‌یابد. بنابراین از مهمترین عوامل کاهشی سرعت رشد نسبی[1] و به خصوص در تیمارهای شوری بالا می‌توان سمیت یونی حاصل از کلرور سدیم را نام برد (Kramer *et al*., 1990). نتایج تحقیقی بر روی گیاه *Atriplex griffithii*. به منظور بررسی اثرات شوری روی رشد، روابط آبی و تجمع یون با تیمارهای مختلف شوری شامل (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ میلی‌مولار NaCL) با محیط کشت بصورت هیدروپونیک[2] در داخل اطاقک رشد نشان داد که ماده خشک کل گیاه در تیمار شوری ۳۶۰ میلی‌مولار کاهش یافت و افزایش قابل‌توجهی در رشد ریشه در تیمار شوری ۹۰ mM نسبت به شاهد مشاهده گردید. پتانسیل آبی و اسمزی ساقه‌ها با افزایش شوری و مدت رشد منفی‌تر شد. مقدار یون سدیم و کلر در ساقه و ریشه با افزایش میزان شوری افزایش یافت, ولی مقدار یونهای Mg^{++}، K^{+} و Ca^{++} کاهش یافت (Khan *et al*., 2000). در یونجه افزایش تحمل به شوری با افزایش وزن خشک ریشه و ساقه و تعداد ساقه و طول ساقه اصلی همراه است. این واکنش‌ها از جمله اثرات غیرمستقیم و اثرات فیزیولوژیکی مربوط به تحمل است که جنبه‌های منفی آنها نشان‌دهنده زیان‌های وارده به گیاه و تولید محصول در شرایط شور می‌باشد (Noble *et al*., 1984). نتایج تحقیقی در بررسی تحمل به شوری در گیاه آتریپلکس در چهار محیط شور نشان داد

1. Relative growth rate
2. Hydroponics

که رشد شدیداً بوسیله سطوح پایین نمک در کلیه محیط‌های شور تحریک شده و گیاهان در محیط‌های شور که حاوی قسمتهای مساوی NaCl و KCl بودند رشد بهتری داشتند (Mozafar *et al.*, 1970). همچنین نتیجه مطالعه‌ای بر روی ۲۰ گیاه شور روی دولپه و ۲۷ گیاه شور روی تک‌لپه نشان داد که رشد شورزیهای دو لپه‌ای بردبارتر نسبت به شاهدها با ۱۸۰ میلی‌مولار NaCl تحریک شد (Glenn *et al.*,1999). سرانجام, گزارش شده است که در برخی گیاهان شورزی مانند *Atriplex halimus* بهترین غلظت کلرور سدیم اضافه شده به محیط تغذیه ۱۲۰ میلی‌مولار برآورده شده است (Gale *et al.*, 1970).

از آنجایی که جمعیت کشور روز به روز در حال افزایش است، نیاز به بالا بردن سطح زندگی مردم، مبارزه با فقر و گرسنگی و لزوماً ایجاد محیط سالم برای زندگی ایجاب می‌کند تا راه‌های استفاده از گیاهان مناسب با شرایط موجود اقلیمی و اقدامات لازم در زمینه‌های اصلاح خاک با در نظر گرفتن تحمل گیاهان نسبت به شوری بعمل‌آید. به این منظور با توسعه کشت و بالا بردن سطح تولید علوفه که تأثیر اساسی در بخش دامداری، صنایع غذایی و سایر صنایع جنبی و تقویت زیرساخت‌های روستاها دارد، از مهاجرت روستاییان به شهرها جلوگیری خواهد شد (فرخواه، ۱۳۸۰). همچنین با توجه به این که مدیریت اراضی شور از طریق زهکشی یا استفاده از سیستمهای آبیاری پیشرفته اغلب هزینه هنگفتی را نیاز دارد، اما استفاده از گیاهان مرتعی متحمل به شوری یکی از راههای بسیار مؤثر اقتصادی در احیا و اصلاح اراضی شور می‌باشد (هاشمی‌نیا، ۱۳۷٦). بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر تنش شوری بر روی برخی از شاخصهای مقاومت به شوری (تغییرات مرفولوژی و آناتومی) سه گونه مرتعی سالسولا و تعیین مقاومت آنها به شوری بود. گونه‌هایی که در این آزمایش استفاده شده چندساله و از خانواده اسفناجیان بوده و برای تعلیف دام و احیای مناطق خشک و نیمه‌خشک مناسب هستند.

مواد و روشها

برای بررسی اثرات تنش شوری ناشی از نمک کلرورسدیم (NaCL) بر روی برخی خصوصیات مرفولوژی و آناتومی سه گونه مرتعی، تحقیقی در گلخانه مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور به صورت آزمایش فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل بذرهای تازه سه گونه مرتعی یعنی *S.rigida*, *S.richteri* و*S.dendroides* تهیه شده از مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان سمنان و ۷ سطح مختلف شوری محتوی کلرور سدیم با غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰، ۵۰۰ و٦۰۰ میلی‌مولار بود. منبع تأمین شوری نمک کلرید سدیم خالص (Merck) که به دلیل غالب بودن این نمک در بیشتر آب‌ها و خاک‌ها و اثرات سمی آن مورد توجه است.

آزمایش به صورت کشت گلخانه‌ای و در گلدان‌های پلاستیکی اجرا گردید. به منظور ایجاد شرایط یکنواختی برای گیاهان از لحاظ بسترخاک از کوارتز استفاده شد. عمل ضدعفونی کوارتز با دستگاه الکتریکی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت انجام شد. بعد بذرهای گونه‌های مرتعی را با غوطه‌ورکردن در محلول سدیم هیپوکلریت ۲٪ به مدت ۷ دقیقه و شستشوی مکرر با آب‌مقطر ضدعفونی شدند. به هنگام شروع کشت بذرهای گیاهان، گلدان‌ها و توری‌ها نیز کاملاً ضدعفونی شدند. سپس تعداد ۱۵ عدد بذر در داخل گلدان‌ها قرار داده شد. لازم به

تذکر است که عمق کاشت بذرها در حدود یک سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از جوانه‌زنی، گلدان‌ها به داخل گلخانه مجهز با ترموپریود تقریبی ۳۰/۲۰ درجه سانتی‌گراد (روز و شب) با فتوپریود ۱۲ ساعت منتقل گردید. سپس آبیاری گیاهچه‌ها به مدت ۷ روز با آب معمولی (EC =1.6 و pH = 7) انجام گردید و بعد از روز هفتم گیاهان با محلول غذایی هوگلند (این محلول غذایی توسط هوگلند و ارنون در سال ۱۹۵۰ در دانشگاه کالیفرنیا ارائه شده و برای کاشت انواع گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد) آبیاری شدند. آبیاری گلدان‌ها تا زمان اعمال تیمارها، با استفاده از محلول غذایی هوگلند ادامه یافت. با توجه به اینکه عناصر ضروری موجود در محلول غذایی هوگلند به مصرف گیاه می‌رسید پس از ۱۰ روز محلول غذایی جدید جایگزین محلول قبلی می‌گردید. پس از استقرار بوته‌ها، عملیات تنک‌کردن انجام شد. به‌طوری‌که در هر گلدان ٤-۳ بوته باقی گذاشته شد. بعد از حدود ٦۰ روز تیمارهای مختلف شوری اعمال شد. به منظور اعمال تیمارهای شوری، نمک کلرید سدیم (خالص) مورد نیاز براساس غلظت‌های از پیش تعیین شده و برای هر تیمار تهیه و توزین و به محلول غذایی هوگلند افزوده شد تا با آبیاری به گلدان‌ها داده شوند. قبل از مصرف تیمارهای با شوری بالا ابتدا از غلظت پایین استفاده شد و به تدریج غلظت نمک افزایش یافت تا صدمات ناشی از شوری‌های بالا به حداقل برسد. در پایان آزمایش، پس از خارج کردن گیاهان از گلدان‌ها و پاک کردن و شستن ریشه‌ها قسمت‌های هوایی از ریشه جدا شدند. سپس برای محاسبهٔ وزن ماده خشک اندام هوایی و ریشه‌ها، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند و وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها برحسب گرم با ترازوی دقیق (۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد، لازم به تذکر است که طول ریشه‌ها و ارتفاع گیاهان با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی بعضی از قسمت‌های ساختار برگ در هر گونه، ابتدا نمونه‌های برگ بصورت تصادفی از هر تیمار انتخاب شد و پس از قرارگرفتن در الکل ۷۰ ٪ و فیکس (تثبیت شدن) موقت در الکل جهت تشریح به بخش آزمایشگاه آناتومی انتقال یافت. سپس برش عرضی نمونه‌ها برای بررسی (وجود یا عدم وجود) کریستال‌های نمک و کرک‌ها انجام شد. در این روش نمونه‌ها از الکل ۷۰٪ به منظور برش‌گیری عرضی خارج گردیدند که این کار شامل مراحل برش‌گیری دستی، رنگ‌آمیزی و تثبیت دائمی بر روی لام انجام گردید.

الف) برش‌گیری

در این روش نمونه‌هایی که در الکل ۷۰٪ قرار داشتند خارج گردید و به کمک ساقهٔ آقطی برش‌گیری دستی انجام شد. لازم به تذکر است که این برشها به صورت عرضی انجام شد.

ب) رنگ‌آمیزی

رنگ‌آمیزی برشها به این صورت انجام شد که برشهایی که به صورت دستی تهیه کردیم ابتدا در آب‌مقطر قرار می‌دهیم، بعد از تهیه برش‌ها ابتدا چند دقیقه آنها را در آب ژاول قرار می‌دهیم تا به طور کامل بی‌رنگ شوند، سپس چندین بار با آب‌مقطر شستشو می‌دهیم تا اثر آب ژاول از بین برود و در نهایت به وسیله محلول سبز متیل و محلول کارمن زاجی رنگ‌آمیزی را انجام می‌دهیم که به این صورت است:

به مدت ۱۰-۱ دقیقه برش‌ها را در سبز متیل ۵٪ قرار می‌دهیم, بعد با آب‌مقطر چندین بار شستشو می‌دهیم و بعد به مدت ۲۰- ۱۰ دقیقه برش‌ها را در محلول کارمن زاجی قرار می‌دهیم و بعد با آب‌مقطر برش‌ها را شستشو می‌دهیم.

ج) ثابت کردن دائمی برش‌ها بر روی لام

بعد از رنگ‌آمیزی و شستشو، برش‌ها توسط یک قطره گلیسرین بر روی لام به صورت دائمی تثبیت شدند و برای بررسی (وجود یا عدم وجود) کریستال‌های نمک و کرک‌ها توسط میکروسکوپ نوری قرار گرفتند (قاسمی فیروز آبادی،۱۳۷۷).

از این رو، بر روی داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مختلف شاخص‌های رشد شامل: ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی توسط نرم‌افزار Minitab تست نرمالیته انجام گردید و بعد با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در رسم شکل‌ها و جدولها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری بر ارتفاع گیاه در جدول ۱، آورده شده است. مشاهده می‌شود که از این لحاظ بین گونه‌های مرتعی و همچنین بین سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که اثر متقابل شوری و گیاه نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است.

طول ریشه

جدول ۱، نشان می‌دهد که گونه‌های مختلف مرتعی از لحاظ طول ریشه در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارند. همچنین سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری بر طول ریشه در سطح ۱٪ داشته است. به‌طوری‌که اثر متقابل گیاه و شوری نیز معنی‌دار شده است (P< ۱٪ ۰۰ ۱). گیاه *S.dendroides* بیشترین طول ریشه را در بین سه گونه مورد آزمایش به خود اختصاص داده است. شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش شوری تا سطح ۲۰۰mM بر طول ریشه گیاه *S.dendroides* افزوده می‌شود، در صورتی که گیاه *S. rigida* بیشترین طول ریشه را در تیمار شوری ۱۰۰ mM داشته است، ولی افزایش شوری اثر منفی بر طول ریشه گیاه *S.richteri* داشته است.

وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان می‌دهد که بین گونه‌های مختلف از لحاظ صفت وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. با توجه به جدول یاد شده ملاحظه می‌گردد که شوری اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر وزن خشک ریشه گیاهان داشته است. به‌طوری‌که اثر متقابل گیاه و شوری نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است.

شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش شوری بر وزن خشک ریشه دو گونه *S.dendroides* و *S.rigida* افزوده شده است. به طوری‌که بیشترین وزن خشک ریشه گیاه *S.dendroides* در تیمار شوری ۲۰۰mM بوده و بیشترین وزن خشک ریشه گیاه *S.rigida* در تیمار شوری ۱۰۰ mMبوده است، ولی شوری اثر منفی بر وزن خشک ریشه *S.richteri* گذاشته است.

وزن خشک کل اندام‌های هوایی

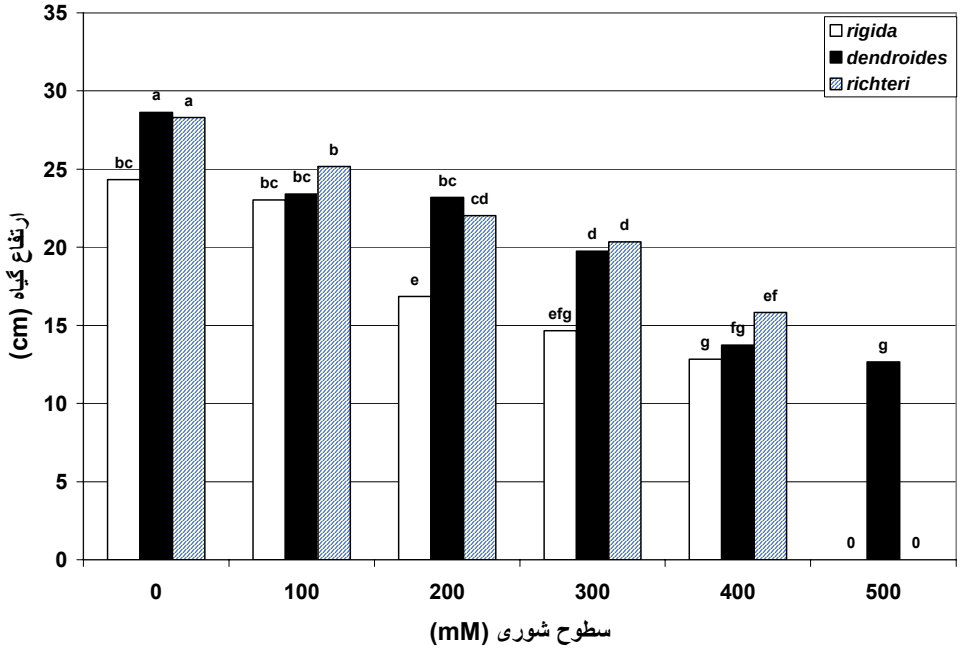
نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که شوری اثر معنی‌داری بر وزن خشک کل اندام‌های هوایی داشته است. به‌نحوی‌که بین گونه‌های مرتعی مورد مطالعه از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد. اثر متقابل گونه و شوری نیز

معنی‌دار بود (P< /۰۰۱). شکل ٤ نشان می‌دهد که با افزایش شوری تا سطح ۲۰۰mM اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام‌هوایی گیاه *S.richteri* نداشته است، ولی وزن خشک اندام‌هوایی گیاه *S.rigida* تا سطح شوری ۱۰۰mM افزایش یافته و از آن سطح به بعد روند کاهشی دارد و در گیاه *S.dendroides* تا سطح شوری ۲۰۰mM افزایش وزن خشک اندام هوایی دیده می‌شود و از سطح شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به بعد روند کاهشی دارد.

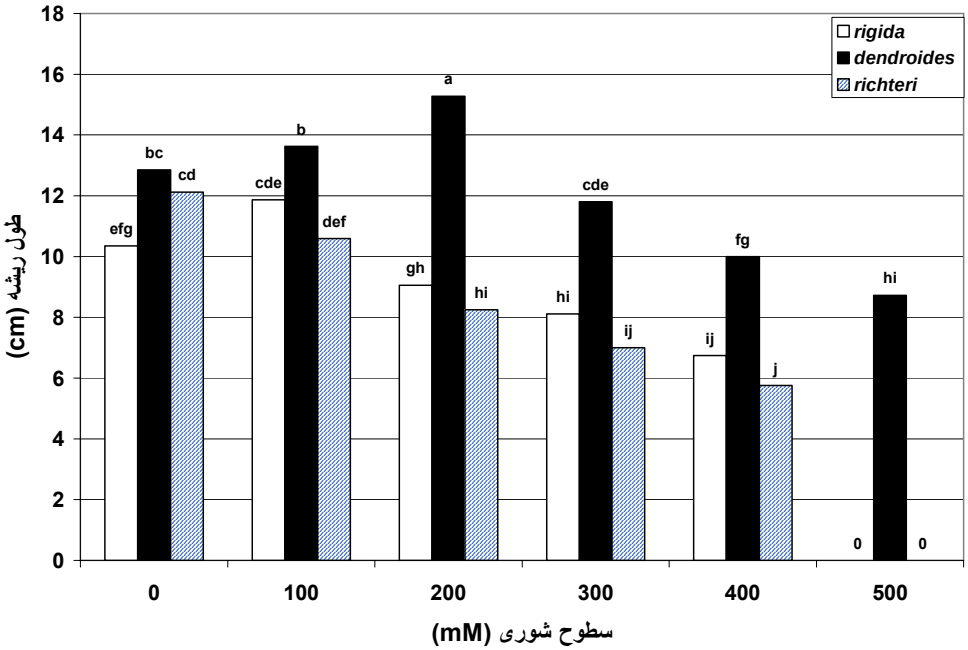
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی سه گونه *Salsola dendroides*، *Salsola richteri* و *Salsola rigida* در مرحله رشد رویشی (۰-۵۰۰mM)

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	MS (میانگین مربعات صفات)			
		ارتفاع گیاه	طول ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام‌های هوایی
گیاه	۲	۱٦۸/۹۱**	۱٤۳/۲۰ **	۱۲۹۸۱/٦۸**	٤۲۱۵۱٦/۰۰ **
شوری	٦	۱۲٦٤/۱۹**	۲۵۸/۵٤ **	۲٦۱۵۱/۳۲ **	۱۲۵۰۷۰٦/۷۱ **
شوری*گیاه	۱۲	٤۷/۱۷*	۱۳/۰٤ **	۵۹٤۰/۹۹ **	۱۳۸٦۹۰/۱۷ **
اشتباه آزمایشی	٦۳	۲/۷۱	۰/۸۵	۱۲/۰۷	٦٤۸٤/۷۳
درصد ضریب تغییرات	–	۱۰/۳۳	۱۱/۹٦	۵/۵۹	۱٤/۸۰

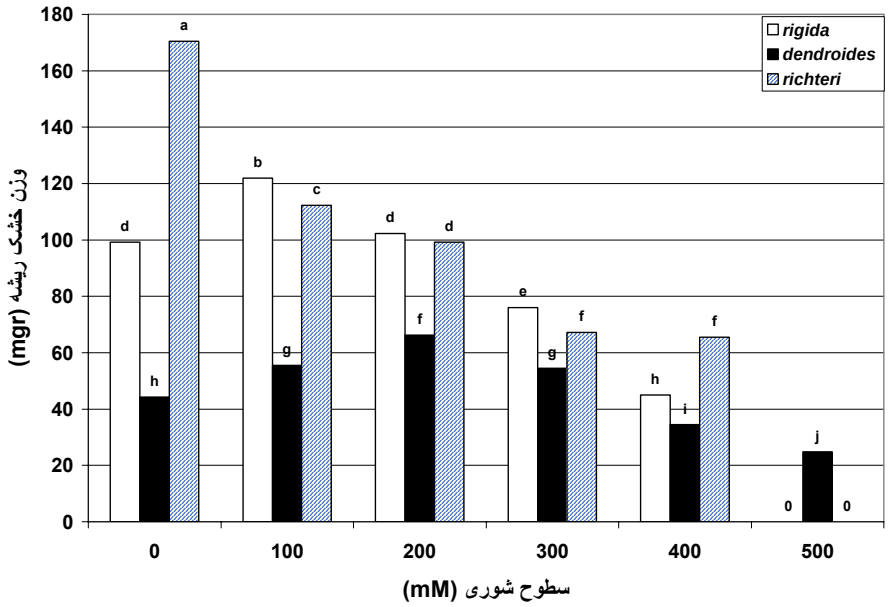
*،** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪



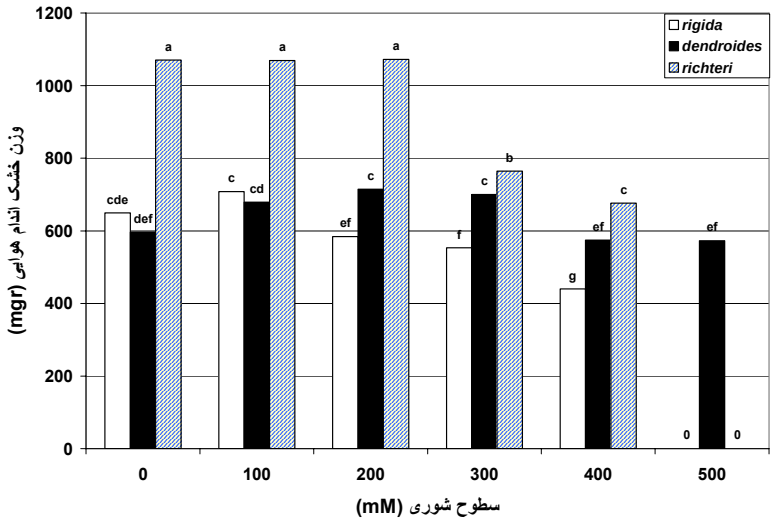
شکل ۱ - اثر متقابل گیاه و شوری بر روی ارتفاع گیاه



شکل ۲- اثر متقابل گیاه و شوری بر روی طول ریشه



شکل۳- اثر متقابل گیاه و شوری بر روی وزن خشک ریشه

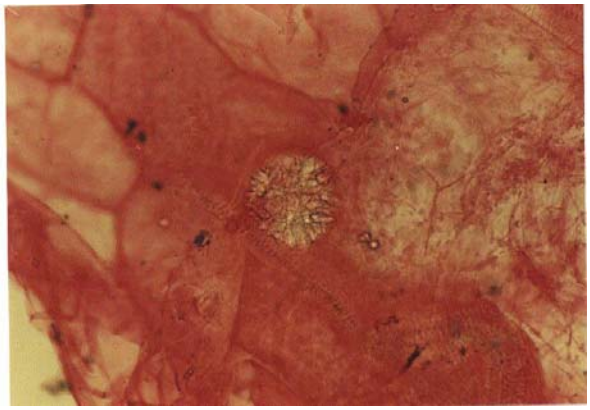


شکل ٤- اثر متقابل گیاه و شوری بر روی وزن خشک اندام‌های هوایی

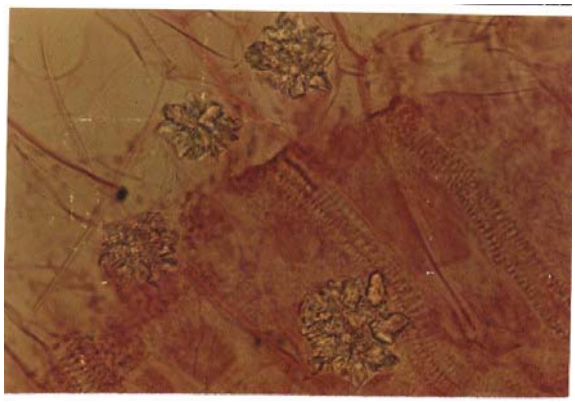
بررسی کریستال‌های نمک در برگ

در بررسی‌های تشریحی تغییرات ساختار بـرگ، تـشکیل کریستال‌های نمکی در هر سه گونه مرتعی و ایجاد کـرک در (*S.dendroides* و *S.rigida*) مشاهده گردید، به‌طوری‌که برگ گیاه *S. richteri* فاقد کرک بود.

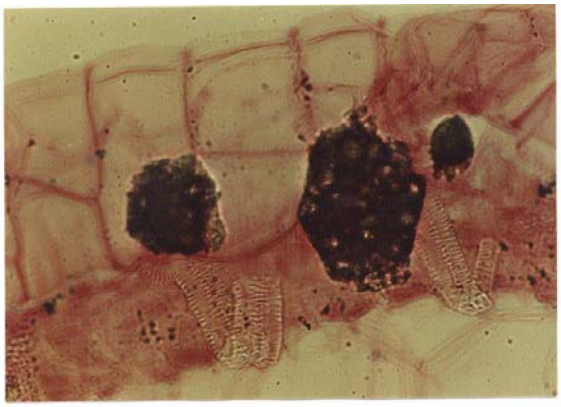
تشکیل کریستال‌های نمکی در سـلولهای مزوفیلـی در شکل ۵-۱، ۵-۲ و ۵-۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۱ – نمایی از کریستال نمکی در مزوفیل برگ *S. rigida* در تیمار ٤۰۰mM با بزرگنمایی ٤۰×



شکل ۵-۲ – نمایی از کریستال نمکی در مزوفیل برگ *S. dendroides* در تیمار ٤۰۰mM با بزرگنمایی ٤۰×



شکل ۵-۳ – نمایی از کریستال نمکی در مزوفیل برگ *S. richteri* در تیمار ٤۰۰mM با بزرگنمایی ٤۰×

بحث

تجربه حاضر نشان داد که پاسخ گیاهان به تنش شوری متفاوت و ویژه گونه است و می‌تواند بر مراحل مختلف زندگی گیاه ازجمله مرحله رشد رویشی اثر گذارد. به طوری‌که, نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که فقط گونه *S.dendroides* در تیمار شوری ۵۰۰ mM زنده ماند و دو گونه دیگر از بین رفتند و در تیمار شوری ۶۰۰ mM هر سه گونه مرتعی از بین رفته ولی تا سطح شوری ۴۰۰ mM هر سه گیاه زنده ماندند. تنش شوری با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، رشد رویشی گیاه را تقلیل می‌دهد و بر جنبه‌های مختلف ریختی، تشریحی و عملکردی گیاه اثر منفی می‌گذارد. اثر شوری بر خصوصیات ریخت‌شناسی گیاهان به شرایط گیاه و عوامل ژنتیکی آن مربوط می‌باشد. با افزایش شوری، آثار تغییر در ساختار ظاهری گیاه مشاهده شد. برگ‌های *S.richteri* با تنش شوری پیچش پیدا کردند و سریع به سن پیری رسیده و افتادند. قابل ذکر است که گیاه *S.richteri* فاقد کرک بود. به‌طوری‌که در گیاه *S.dendroides* نیز برگ‌های پایین در غلظت‌های بالای نمک افتاده و سیمای ظاهری گیاه روشن‌تر به نظر می‌رسید و افزایش کرک و برگ‌های کوچک و ریز در انتهای ساقه و همچنین حالت گوشتی شدن برگها مشاهده گردید. در *S.rigida* بخش انتهایی برگ‌ها زرد و خشک (حالت نکروزه) شد و افزایش تعداد کرک جهت کاهش میزان تبخیر و تعرق و دفع نمک مشاهده شد. این دگرگونی‌ها و سایر تغییرات ظاهری رشد، مانند حالت پربرگی حکایت از آن دارد که تنظیم‌کننده‌های رشد ممکن است در پاسخ گیاه به شوری دخالت داشته باشند. گیاهان متحمل‌تر به شوری اغلب دارای روش‌های ویژه‌ای برای مدیریت نمک در برگها هستند. غده‌ها و کیسه‌های نمکی برای خروج املاح به سطوح خارجی برگ مثال‌هایی از این سازوکارها هستند. با توجه به نتایج بدست‌آمده از آناتومی برگها مشاهده گردید که گیاهان مورد آزمایش برای مقابله با تنش شوری از مکانیسم تجمع کریستال‌های نمک در سلولهای مزوفیلی برگ و همچنین تشکیل کرک جهت کاهش میزان تبخیر و تعرق و دفع نمک استفاده می‌کنند. اثر تنش شوری بر کاهش میزان رشد گیاه از واضح‌ترین پاسخ‌های گیاهان به شوری است. وزن خشک ریشه، طول ریشه، ارتفاع گیاه و وزن ماده خشک اندام هوایی از عواملی هستند که تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند. یکی از عوامل رشد که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت ارتفاع گیاه بود. ارتفاع گیاه در تمام گونه‌های مورد آزمایش با افزایش شوری روند کاهشی نشان داد که احتمالاً مربوط به کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شوری اثر منفی بر ارتفاع تمام گونه‌های مورد آزمایش داشت. به‌طوری‌که نتایج بدست‌آمده از این تحقیق نشان داد که در گیاه *S.dendroides* با افزایش شوری (تا سطح شوری ۲۰۰mM) و همچنین در گیاه *S.rigida* (تا سطح شوری ۱۰۰ mM) رشد طولی ریشه گیاهان افزایش یافت و این نشان می‌دهد که گیاه برای دستیابی به آب و مواد غذایی بر طول ریشه خود افزوده است. ولی در گیاه *S.dendroides* تیمار شوری بالاتر از ۳۰۰ mM و در *S.rigida* تیمار شوری بالاتر از ۲۰۰ mM با کاهش طول ریشه همراه بوده است. از این رو، رشد طولی ریشه گیاه *S.richteri* نسبت به شوری حساس بوده و بنابراین با افزایش سطح شوری روند کاهشی داشته است. مطالعات نشان می‌دهند که میزان طول ریشه و گسترش آن بستگی

زیادی به شرایط زیستگاه دارد. به طوری‌که ریشه برخی از گیاهان شورروی می‌تواند تا اعماق زیاد خاک نفوذ کرده و به علت داشتن سیستم ریشه‌ای عمیق قادرند آب را از اعماق زیرین خاک جذب کنند و در طی دوره خشک که نمک در لایه‌های سطحی خاک تجمع می‌یابد به زندگی خود ادامه دهند. با افزایش شوری تا سطح ۱۰۰mM بر وزن خشک ریشه گیاه *S. rigida* افزوده شد و با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. در صورتی که با افزایش میزان سطوح شوری تا سطح ۲۰۰mM بر مقدار وزن خشک ریشه گیاه *S.dendroides* افزوده شد و از سطح شوری ۲۰۰mM به بعد روند کاهش پیدا کرد. همچنین با افزایش شوری از وزن خشک ریشه گیاه *S.richteri* کاسته شد و وزن خشک تیمار ٤۰۰mM نسبت به شاهد تقریباً ٦۰٪ کاهش یافته است. این موضوع نشان‌دهنده این است که گیاه یادشده نسبت به شرایط شوری بالا حساس است. البته این کاهش وزن خشک می‌تواند به علت کاهش و تحلیل دسته‌های آوندی و کم شدن قطر آنها برای کاهش آب مصرفی گیاه، جهت افزایش مقاومت در مسیر جریان آب باشد. احتمالاً این امر ناشی از کاهش لایه‌های زاینده آوندی و درهم ریختن نسبی نظم و آرایش سلول‌های منطقه زاینده در تیمارهای سنگین نمک باشد. علاوه بر این فضاهای بین سلولی در پارانشیم پوست افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق و بررسی بر روی گیاه *Atriplex patula* نشان داد که با افزایش شوری، کاهش در ماده خشک ریشه بیش از اندام هوایی می‌باشد. در گیاه *S.dendroides* تا تیمار شوری ۲۰۰mM وزن خشک اندام هوایی افزایش نشان داد و از آنجایی که رشد طولی ریشه نیز با افزایش همراه بود، نشان می‌دهد که با دریافت مواد غذایی بیشتر، رشد بیشتر اندام هوایی تأمین شده است. ولی چون از ارتفاع گیاه کاسته شده، این افزایش وزن می‌تواند مربوط به شاخ و برگ‌هایی باشد که تا تیمار ۲۰۰ mM ازدیاد یافته است. ولی در گیاه *S. rigida* تا تیمار شوری ۱۰۰mM وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت، ولی از تیمار شوری ۲۰۰ mM کاهش وزن خشک اندام هوایی مشاهده گردید. همچنین در طول آزمایش مشاهده شد که گیاه *S.richteri* با اعمال تنش شوری، از تیمار شوری ۲۰۰ mM به علت مقاومت در برابر نمک در دسترس، بر ساختارهای داخلی خود اثر گذاشته و از وزن خشک اندام هوایی خود کاسته است و افزایش وزن خشک اندام هوایی در این گیاه در تیمارهای مختلف شوری مشاهده نشد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که ریشه گیاه متحمل‌تر از اندام هوایی در برابر شوری است و افزایش شوری نسبت ریشه به ساقه را تغییر می‌دهد که یک سازش در محیط‌های شور می‌باشد. همچنین گزارش شده است که رشد ریشه تقریباً همیشه کمتر از اندام هوایی با افزایش شوری، تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش نشان می‌دهد. بنابراین مجموعه تغییرات به وجود آمده در هر سه نمونه مورد تحقیق، جهت حفظ بقا و افزایش عملکرد محصول می‌باشد. همان‌طور که قبلاً گفته شد هر سه گونه مورد بحث از نظر مرتعی و مصرف دام و علوفه مورد توجه هستند. در این تحقیق دیده شد که بهترین عملکرد را *S.dendroides* در تیمار شوری ۲۰۰mM با افزایش عملکرد حدود ۲۰٪ نسبت به شاهد داشته است، ولی از تیمار ۳۰۰ mM به بالا، کاهش عملکرد را در این گیاه مشاهده می‌کنیم. همچنین بهترین عملکرد را گیاه *S. rigida* در تیمار شوری ۱۰۰ mM با افزایش عملکرد حدود ۹٪ نسبت به شاهد داشته است و از تیمار شوری

۲۰۰ mM به بالا کاهش عملکرد را در این گیاه می‌بینیم و در *S.richteri* تا سطح شوری ۲۰۰ mM افزایش عملکردی دیده نشد و از تیمار شوری ۲۰۰ mM به بالا با کاهش عملکرد در این گیاه مواجه هستیم. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که گونه *S.dendroides* در مقایسه با دو گونه دیگر نسبت به تنش شوری محیط، مقاومت بیشتری دارد و حساسترین گونه نسبت به شوری گیاه *S.richteri* است.

این گزارش‌ها نشان می‌دهند که گیاهان شورروی می‌توانند به همان اندازه محصولات آبیاری شده مرسوم عملکرد داشته باشند. با توجه به سطح زیاد مراتع شور در کشور و کاهش علوفه قابل استفاده در مراتع می‌توان با کاشت این گیاهان به‌ویژه گیاه *S.dendroides* علاوه بر تأمین غذای دام‌ها، در جهت کاهش نمک از سطح خاک اقدام کرد. به طور کلی می‌توان گفت که هر سه گونه مورد بررسی در این تحقیق، تغییرات ریختی (مورفولوژیکی)، عملکردی (فیزیولوژیکی) و تشریحی (آناتومیکی) در جهت بالا بردن مقاومت به تنش شوری، از خود نشان داده‌اند که برحسب گونه مورد نظر می‌تواند متفاوت باشد و گیاه *S.dendroides* احتمالاً می‌تواند به‌عنوان شورروی اجباری که برای رشد بهینه خود نیاز به غلظت‌های پایینی از نمک دارد، برای کاشت در مناطق شور معرفی شود. از آنجایی که دو گونه دیگر نیز (بخصوص گونه *S. rigida*) می‌توانند در مقابل نمک از خود مقاومت نشان دهند؛ از این رو از آنها نیز می‌توان برای احیای مرتع و تثبیت خاک‌های روان و چشم‌انداز سبز کردن صحرای ایران با توجه به میزان نمک منطقه مورد نظر استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

- جعفری، م.، ۱۳۷۳. سیمای شوری وشورروییها. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، ٥٦ صفحه.
- حق نیا، غ.، ۱۳۷۳. راهنمای تحمل گیاهان نسبت به شوری (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۲ صفحه.
- سی و سه مرده، ع. و پوستینی، ک.، ۱۳۷۷. اثر تنش شوری بر تغییرات محتوای یونی اندامهای گیاه در مراحل مختلف رشد سه رقم گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- فرخواه، ع.، ۱۳۸۰. بررسی مقایسه‌ای جنبه‌های مختلف فیزیولوژیکی سه گونه گیاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- قاسمی فیروز آبادی، ا.، ۱۳۷۷. بررسی مقاومت به خشکی و شوری روی دو گونه مرتعی. پایان نامه کاشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- هاشمی نیا، س، م.، کوچکی، ع. و قهرمان، ن.، ۱۳۷٦. بهره‌برداری از آبهای شور در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد،۲۳٦ صفحه.

-Freitas, H. and Breckle, S.W., 1992. Importance of bladder hairs for salt tolerance of field-grown *Atriplex* species from a Portuguese salt mash. Gustav Fischer Verlag Jena, 187. 283-297.

-Gale, J., Naaman, R. and Poljakoff-Mayber, A., 1970. Growth of Atriplex halimus L. in sodium chloride salinated cultured solutions as affected by relative humidity of the air. Aus. J. Biol .Sci. 23, 947-952.

-Gelenn, E.P., Coates, W., Riley, J.J., Kuehi, R. and Swingle, R.S., 1992. Salicornia bigelovii torr, seawater-irrigated forage for goats. Anim. Feed Sci. Techno. 40:21-30.

-Glenn, E.P., Coates, W.Riley, J.J., Kuehi, R. and Swingle, R.S., 1992. Salicornia bigelovii torr. With seawater on sand in a coastal desert environment. J. Arid environs. 36:711-730.

-Glenn, E.P., Brown, J. and Jamal- Khan., 1999. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. The university of Arizona, pp: 83-110.

12-Jones, R.A. and Qualset, C.O., 1984. Breeding crops for environmental stress. Tsolean Nijhoff/junk, The Netherlands .

-Khan M.A., Ungar I.A. and Showalter A.M., 2000. Effects of Salinity on Growth, Water Relations and Ion Accumulation of the Subtropical Perennial Halophyte, Atriplex griffithii var. stocksii.

Publisher: Elsevier. Annals of Botany, Volume 85, Number 2, pp. 225-232(8)

-Kramer, G. R., Epstein, E. and Lauchli, A., 1990. Effects of sodium potassium and calcium on salt stressed barley .I. Growth analysis. Physiol. Plant. 80: 83-88.

-lauchli, A. and Epstein, E. 1990. Plant responses to saline and sodic conditions. Pp. 11-117. New York.

-Matsushita, N. and Matoh, T., 1992. Characterization of Na+ exclusion mechanisms of salt-tolerant reed plants in comparison with salt sensivity rice plants. Plant. 83:170-176

-Mozafar, A.J., Goodin, R. and Oertli, J.J., 1970. Na and K Interactions in Increasing the Salt Tolerance of *Atriplex halimus* L.: I. Yield Characteristics and Osmotic Potential. Agron J 62:478-481

-Noble, C.L., Halloran, G.M. and West, D.W., 1984. Identification and selection for salt tolerance in Lucerne (Medicago sativa L.). Aus.J.Agric. Res 35:239-252.

-Pessarakli, M. (ed) (1993): Handbook of plant and crop stress pp., 697, Marcel Dekker.

-Poljakoff-Mayber, A. and Gale, J., 1988. Desert plant in saline environments. National list of plants that occur in wetlands National summary. USFWS Biological Report 88(24).

-Redman, R.E., Qi, M.Q. and Belyk, M., 1994. Growth of transgenic and standard canola varieties in response to soil salinity. Can. J. plant Sci. 74: 797-799.

The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three *Salsola* species: *S. rigida, S. dendroides, S. richteri*

Teimouri, A.[1*] and Jafari, M.[2]

1*- Corresponding Author, MSc, in Desert Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: Teimouri_a@yahoo.com
2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received:14.11.2007 Accepted:31.05.2008

Abstract

Soil salinity is one of the most important problems of arid and semi-arid regions in the world. Based on Food and Agriculture Organization report, more than 40% of Iran's under Irrigation lands, are against secondary salinity. Nowadays biological methods are widely used to confront, soil salinity problems. However, significant achievement will take place when plant reserve resources having desired genetically changes, be available. Various resistances against salinity are due to plant genetically variations and selection for just one factor will not be a suitable criteria in measurement of this experimental property. To choose resistant varieties, it is necessary to notice to a set of indexes to create changes in physiology, anatomy, and morphology of plant species. The study of salinity stress on three range plant species of Chenopodiaceae family was the main objective of this experiment. The study conducted in completely random design with factorial experiment and four replications. Experimental treatments were three Salsola species and seven levels of salty water solution containing pure sodium chloride with concentration of 0, 100, 200, 300, 400, 500 and 600 mM. Results of the experiment showed that salinity affected the plants morphological and anatomical characteristics. With increasing salinity rates, some morphological changes such as; leaves falling, chlorosis and succulence were observed. Anatomical changes such as accumulation of crystal salt in mesophyll cells and increasing of trichomes for evapotranspiration decrease and salt exclusion were also observed in the species under study.

Key Words: Chenopodiaceae, salinity stress, trichome, Salsola, morphology, physiology