

بررسی اثرات شوری NaCl روی *Salsola tomentosa*: پارامترهای رشد،

روابط آبی، محلول‌های سازگار و کلروفیل

فاطمه پناهی*^۱، محمدحسن عصاره^۲، محمد جعفری^۳، حسین ارزانی^۴، علی طویلی^۵، علیرضا گیور^۶، مجید قربانی^۷، جواد عطارها^۸، زینب جهان‌دیده^۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۰

چکیده

یکی از فرایندهای مهم و تعیین‌کننده در تخریب اراضی و بیابان‌زایی، شور شدن خاک است. در این تحقیق، تحمل‌پذیری گونه *Salsola tomentosa* نسبت به تنش شوری در مرحله رشد در شرایط آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت تا بهتر بتوان نسبت به انتخاب و معرفی گونه مناسب در اراضی شور اقدام نمود. به منظور اعمال تیمارهای شوری، نمک NaCl در شش سطح شوری (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ میلی‌مولار) با سه تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. وزن تر و خشک، محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ، محتوای پرولین، قندهای محلول و محتوای کلروفیل اندازه‌گیری شدند. آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS (۱۶) و به روش چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده، با افزایش سطح شوری تا ۲۰۰ میلی‌مولار، وزن تر و خشک اندام‌ها، افزایش و با افزایش شوری بیش از این مقدار کاهش یافت. همچنین با افزایش شوری تا ۵۰۰ میلی‌مولار محتوای کلروفیل و پتانسیل آب برگ به‌طور معنی‌داری کاهش و محتوای نسبی آب برگ، پرولین و قندهای محلول با به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. در نهایت، باید اشاره کرد که طبیعت غیرقابل‌پیش‌بینی است و مشاهده روندهای غیرمنتظره تحت شرایط خاص غیرممکن نیست.

کلمات کلیدی: پرولین، شوری خاک، قندهای محلول، محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب، *Salsola tomentosa*.

۱. استادیار دانشگاه کاشان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین / Email:alabd_fpanahi@yahoo.com

۲. استاد مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

۳. استاد دانشگاه تهران

۴. استاد دانشگاه تهران

۵. دانشیار دانشگاه تهران

۶. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه کاشان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

۷. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه کاشان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

۸. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه کاشان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

۹. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه کاشان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین عواملی است که سبب کاهش و گاهی اوقات نابودی رستنی‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گردد. نمک از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک، سمیت یون‌ها و به هم زدن تعادل یون‌ها یا کمبود تغذیه‌ای موجب آسیب رساندن به گیاه می‌شود (گورهام^۱، ۱۹۹۳). خاک‌های شور و سدیمی بخش وسیعی از سرزمین ایران را تشکیل می‌دهند. برخی گزارش‌های اراضی تحت‌تأثیر شوری در ایران را ۲۵-۲۷ میلیون هکتار برآورد کرده‌اند که معادل ۱۵ تا ۱۷ درصد از کل سطح کشور است (لووقو^۲، ۱۹۹۳ و سعیری و محمودی ۲۰۰۲). علی‌رغم شرایط اکولوژیکی سخت و شکننده حاکم بر این مناطق، گیاهانی وجود دارند که می‌توانند این شرایط به‌شدت محدودکننده را تحمل کنند. این گیاهان به‌علت ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی سازگار با این شرایط به‌ویژه شوری و خشکی ناشی از آن، کاربردهای اقتصادی فراوانی از قبیل چرا به‌عنوان ذخایر علوفه، تأمین سوخت، تثبیت ماسه‌های روان، کنترل فرسایش، اهداف صنعتی، دارویی و به‌عنوان مواد پاک‌کننده دارند. بنابراین توسعه گیاهان مقاوم به شوری زیاد (هالوفیت‌ها) که سبب حفاظت خاک، تولید علوفه و تأمین غذا با کمترین هزینه است، از گسترش بیابان‌ها و اراضی شور جلوگیری کرده و به‌عنوان یک گزینه ممکن به‌لحاظ اقتصادی برای بهره‌برداری از اراضی شور و حفظ آب در نظر گرفته می‌شود (اجمل خان و قیصر^۳، ۲۰۰۶). جنس *Salsola* یکی از جنس‌های بزرگ خانواده *Chenopodiaceae* است که نقش مهمی در اصلاح و احیای مراتع تقریباً خشک و اراضی شور ایفا می‌کند. برتری این جنس بر سایر جنس‌ها در این است که علاوه بر خشبی بودن، جزو گیاهان علوفه‌ای بوده و قدرت تولید بذر آن خوب و میزان تولید علوفه بالایی دارد.

پناهی و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه عکس‌العمل گونه *Salsola arbuscula* نسبت به تنش شوری NaCl، به افزایش معنی‌دار میزان مقدار پارامترهای رشد با افزایش شوری تا ۴۰۰ میلی‌مولار اشاره کردند، اما با افزایش شوری بیش از مقدار مورد

نظر، مقدار رشد کاهش یافت. قربانی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثر شوری روی *Nitraria schoberi* به کاهش رشد، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب بر اثر افزایش شوری اشاره کرده‌اند. مطالعات پناهی و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر شوری NaCl بر میزان پرولین و قندهای محلول گونه *Salsola orientalis* در گلخانه و عرصه در سه استان سمنان، اصفهان و مرکزی به افزایش پرولین و قندهای محلول با افزایش شوری اشاره کردند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از عرصه با نتایج گلخانه تطابق داشت. بنزرتی^۴ و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی اثر شوری روی *Atriplex portulacoides* نتیجه گرفتند که افزایش شوری سبب افزایش پارامترهای رشد تا mM NaCl ۲۰۰ و سپس سبب کاهش آن‌ها می‌گردد و همچنین افزایش قابل توجه میزان پرولین، قندهای محلول و محتوای نسبی آب با افزایش میزان شوری دیده می‌شود. این تحقیق بخش کوچکی از تحقیقی بزرگ‌تر در بررسی سه گونه از جنس سالسولا در شرایط گلخانه‌ای و محیط طبیعی است.

در این تحقیق، تحمل‌پذیری گونه *Salsola tomentosa* نسبت به تنش شوری در مرحله رشد در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد تا بهتر بتوان نسبت به انتخاب و معرفی گونه مناسب در اراضی شور اقدام کرد.

مواد و روش‌ها

گونه *Salsola tomentosa* گیاهی چندساله و متعلق به تیره *Chenopodiaceae* است. زمان گل‌دهی آن اواخر تابستان و اوایل پاییز و زمان تشکیل میوه اواخر پاییز است. گیاه متعلق به منطقه ایران و تورانی است و اغلب همراه گونه *Artemisia sieberi* در نواحی ایران، قفقاز، آسیای مرکزی و افغانستان دیده می‌شود. پراکندگی آن در ایران، شمال، شمال غرب، غرب، مرکز، شمال شرق، شرق، جنوب و جنوب شرق است (اسدی، ۲۰۰۱). بذرها به‌علت عاری بودن از هر گونه ماده غذایی و کنترل تمام شرایط، درون ماسه کاشته شدند. بعد از جوانه‌زنی، حدوداً دو هفته بعد، گلدان‌ها به گلخانه انتقال داده شدند. برای آبیاری گلدان‌ها از محلول غذایی هوگلند استفاده شد و وقتی گونه‌ها به اوج مرحله رشد رسیدند، شروع به اعمال تیمارهای

1. Gorham
2. Le Houérou
3. Ajmal Khan & Qaiser

جذب مواد غذایی لازم برای رشد باشد. راویندران^۷ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که غلظت‌های کم NaCl، رشد بعضی از گونه‌های هالوفیتی را تحریک می‌کند. این قبیل اثرات تحریک‌کننده شوری متوسط روی رشد بعضی از گیاهان هالوفیت احتمالاً به حالت اسمزی اندام هوایی بهبود یافته به‌عنوان نتیجه‌ای از متابولیسم جذب یون افزایش یافته نسبت داده می‌شود. یافته‌های دبز^۸ و همکاران (۲۰۰۴) روی گونه *Cakile maritima* حمید و اشرف (۲۰۰۸) روی گونه *Cynodon dactylon* براکزر^۹ و همکاران (۲۰۱۳) روی گونه *Chenopodium quinoa* قربانی و همکاران (۲۰۱۵) روی گونه *Nitraria schoberi* عطرها و همکاران (۲۰۱۵) روی گونه گز شاهی *Tamarix aphylla* و بنزرتی و همکاران (۲۰۱۴) روی گونه *Atriplex portulacoides* نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کنند. در این تحقیقات نیز گیاه در غلظت‌های پایین نمک افزایش رشد پیدا می‌کند و در شوری‌های بالاتر پارامترهای رشد کاهش خواهند یافت. کاهش در رشد به‌عنوان نتیجه‌ای از سطوح شوری بالای خاک، احتمالاً عمدتاً به بازداری اسمزی از جذب آب، تجمع بیش از حد یون‌هایی نظیر Na^+ یا Cl^- در سلول‌های گیاه و جذب ناکافی مواد مغذی ضروری نسبت داده می‌شود (مانز و تورمات^{۱۰}، ۱۹۸۶). دلایل متعددی ممکن است برای محدود شدن رشد در دامنه خاصی از شوری وجود داشته باشد. حضور نمک در محلول خاک، رشد و توسعه گیاه را به دو صورت از طریق اثر اسمزی و اثر یونی محدود می‌کند. گیاهان برای ساختن مواد آلی انرژی زیادی صرف می‌کنند. صرف انرژی زیاد برای تنظیم اسمزی برای مقابله با شوری باعث کاهش کارایی ریشه در تأمین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام‌ها می‌شود و رشد اندام‌های هوایی کاهش یافته و در نتیجه تنش شوری باعث کاهش اندام‌زایی و تولید ماده خشک شده و در نهایت کاهش انتقال مواد غذایی را به دنبال داشته و منجر به کاهش وزن ریشه و وزن ساقه می‌شود (کافی و استوارت^{۱۱}، ۲۰۰۱).

شوری در محلول غذایی شد. به‌منظور اعمال تیمارهای شوری، نمک NaCl در شش سطح شوری ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ میلی‌مولار براساس سطوح شوری تحمل شده توسط سایر گونه‌های جنس *Salsola* و تحقیقات انجام شده روی سایر گونه‌های خانواده *Chenopodiaceae* و سه تکرار، نمک‌ها برای هر تیمار تهیه و توزین و به محلول غذایی افزوده شد تا همراه با آبیاری به گل‌دان‌ها اضافه شوند. این تیمارها در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) انجام گرفت. تهیه خاکستر با استفاده از روش (ویلسون^۱، ۱۹۸۳)، تعیین میزان رطوبت آب نسبی به روش (ودرلی^۲، ۱۹۵۰)، پتانسیل آب برگ با روش (علیزاده، ۱۳۸۸)، میزان پرولین با استفاده از روش (بیتز^۳ و همکاران، ۱۹۷۳)، کربوهیدرات‌های محلول با استفاده از روش (ایریگوین^۴ و همکاران، ۱۹۹۲) و اندازه‌گیری کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج^۵ اندازه‌گیری شدند.

به‌منظور آنالیز آماری در مرحله رشد، برای بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نمک روی گونه مطالعه‌شده از تجزیه واریانس در یک طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. سپس از آزمون دانکن^۶ برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

۱. بررسی تأثیر شوری روی پارامترهای رشد در گونه

Salsola tomentosa

در این گونه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه با افزایش شوری محیط تا ۲۰۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش می‌یابد و با افزایش شوری بیش از ۲۰۰ میلی‌مولار وزن تر و خشک به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول ۱ و شکل ۱). بنابراین در این تحقیق شاهد کاهش پارامترهای رشد با افزایش میزان شوری بیشتر از حد معین هستیم.

تأثیر تنش شوری بر رشد، پدیده ساده‌ای نیست که در همه گیاهان به‌طور مشابه عمل کند و ممکن است کاهش در وزن خشک ریشه، اندام هوایی و بیوماس کل در اثر اختلال در

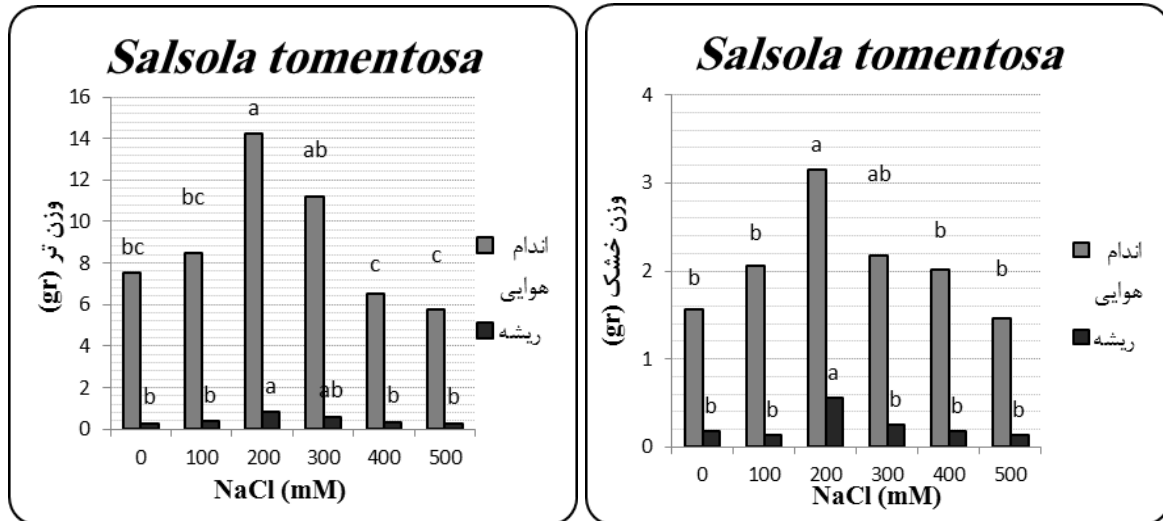
7. Ravindran
8. Debez
9. Brakez
10. Munns & Tormaait
11. Kaffi & Stowart

1. Wilson
2. Weatherly
3. Bates
4. Irigoyen
5. Chlorophyllmeter
6. Duncan

جدول (۱): آنالیز واریانس اثر NaCl روی صفات رشد گونه *Salsola tomentosa*

M.S.				df	S.O.V.
وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن تر اندام هوایی		
۰/۰۷۹**	۱/۰۹۷*	۰/۱۳۸*	۳۰/۶۸۸**	۵	شوری
۰/۰۱۱	۰/۳۲۲	۰/۰۴	۴/۴۲	۱۲	خطا
۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۳		ضریب تغییرات

* در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی دار ** در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی دار ns نداشتن اختلاف معنی دار نیست.

شکل (۱): اثر NaCl روی میزان وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه *Salsola tomentosa*

بنزرتی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای روی *Atriplex portulacoides* به افزایش محتوای نسبی آب برگ با افزایش شوری اشاره کرده‌اند. سینکلر و لودلو^۲ (۱۹۸۵) عقیده دارند که RWC در مقایسه با متغیرهای ترمودینامیکی وضعیت آب، شاخص بهتری است. استرگونو^۳ (۱۹۶۴) تأثیر شوری ناشی از یون کلر را در افزایش گوشتی شدن در بیشتر گونه‌ها مانند جو مسلم دانست. از دیدگاه آن‌ها به دلیل اینکه روزنه‌ها تعادل جریان ورودی و خروجی آب به درون برگ را تنظیم می‌کنند، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، وضعیت روزنه‌ها و تعرق را بهتر منعکس می‌کند.

نتایج این پروژه تحقیقاتی نشان داد که در این گونه با افزایش شوری، پتانسیل آبی کاهش یافته و منفی‌تر می‌شود و با افزایش شوری شاهد افزایش RWC بودیم. بنت^۴ و همکاران (۱۹۸۷) نیز در مطالعه سویا و ذرت مشاهده کردند

۲. بررسی تأثیر شوری روی روابط آبی در گونه *Salsola tomentosa* با افزایش شوری در گونه مورد مطالعه، محتوای نسبی آب برگ (RWC) به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، همچنین افزایش شوری محیط موجب کاهش معنی‌دار پتانسیل آب برگ‌ها می‌گردد (جدول ۲ و شکل ۲).

از مهم‌ترین پارامترهای مشخص‌کننده روابط آبی گیاه می‌توان به محتوای نسبی آب بافت‌ها (RWC) و پتانسیل آبی کل گیاه اشاره کرد (حیدری شریف‌آباد، ۲۰۰۱). شرایط بهتر در محتوای آب نسبی برگ در شرایط شور می‌تواند به علت وجود سازوکارهای کاهش‌دهنده تلفات آب (بسته‌تر شدن روزنه‌ها، گسترش ریشه و تنظیم اسمزی) در گیاه باشد (کامکار و رحیمی، ۲۰۱۲). توانایی حفظ RWC بالاتر در هر پتانسیل آبی بیانگر استحکام دیواره سلول‌ها و تحمل آن‌ها در برابر فروپاشی ناشی از تنش است (خان و ریزوی^۱، ۱۹۹۴). عطارها و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی گونه گز شاهی و

2. Sinclair & Ludlow
3. Stogonov
4. Bannet

1. Khan & Rizvi

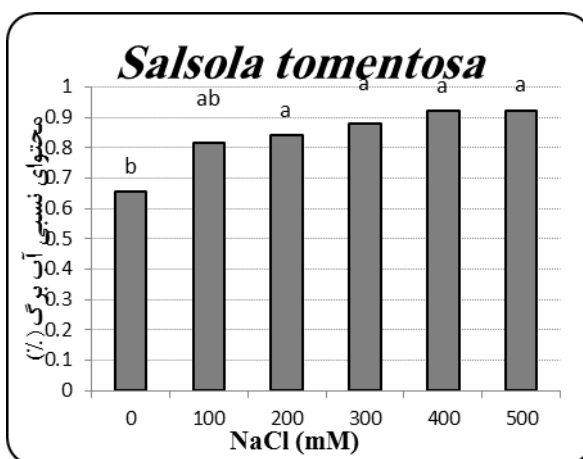
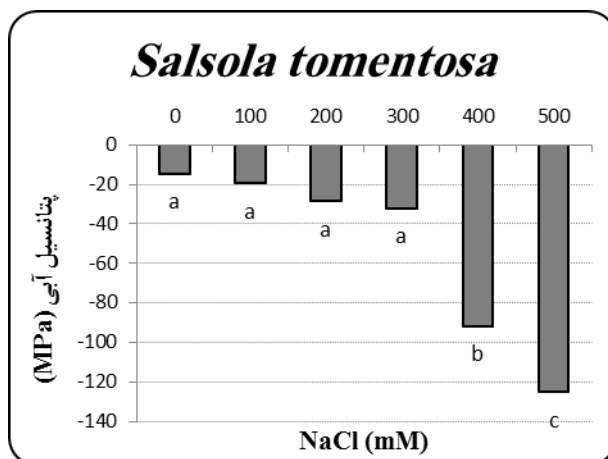
اسمزی) یا جذب بیشتر آب از طریق توسعه ریشه‌ها باشد. در این گونه با افزایش شوری پتانسیل آبی کاهش یافته تا کارایی مصرف آب در پاسخ به تنش شوری افزایش یابد و آب کمتری از طریق تبخیر و تعرق از برگ‌ها خارج شود (کرامر^۲ و همکاران، ۱۹۸۷).

که برگ‌های مقاوم‌تر با کاهش پتانسیل آبی خاک، RWC بیشتری را در خود حفظ می‌کنند. عابدین و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی اثر شوری روی *Phragmites karka* کاهش پتانسیل آب برگ با افزایش شوری را مشاهده کردند. دلیل بالا بودن RWC برگ در *Salsola tomentosa* ممکن است به علت وجود سازوکارهای کاهش‌دهنده آب (تنظیم

جدول ۲. آنالیز واریانس اثر NaCl روی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گونه *Salsola tomentosa*

	M.S.				df	S.O.V.	
	کلروفیل	قندهای محلول ریشه	قندهای محلول اندام هوایی	پرولین ریشه	پرولین اندام هوایی	پتانسیل آبی	محتوای نسبی آب برگ
شوری	۰/۰۴۵*	۲۱۱۹۷۶/۲۷۶**	۱۲۷۶۳۸/۵۰۴**	۱/۸۸۱**	۴/۶۴۸**	۶۲۰۲/۹۲**	۰/۰۳*
خطا	۰/۰۱	۱۰۵۸۹/۲۱۱	۱۹۸۴/۱۰۴	۰/۱۵۹	۰/۷۸۳	۲۰۹/۸۲۵	۰/۰۰۸
ضریب تغییرات	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۱

* در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار ** در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار ns ناداری اختلاف معنی‌دار نیست



شکل (۲): اثر NaCl روی محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آبی *Salsola tomentosa*

از تنش شوری اشاره کرد و سونگ^۳ (۲۰۰۶) با مطالعه *Suaeda salsa* چنین عنوان کرد که پرولین یکی از محلول‌های آلی در کاهش تنش شوری در اکثر هالوفیت‌ها است. افزایش پرولین احتمالاً به واسطه ظرفیت بعضی گیاهان در تجمع ترکیب‌های آلی و غیرآلی در سیتوپلاسم است که نقش مهمی در کاهش پتانسیل آبی و تغییر شیب اسمزی ایفا می‌کند و باعث جریان یافتن آب به گیاه می‌شود (روزا-ایبارا و مایتی^۴، ۱۹۹۵). به‌رحال، غلظت پرولین در گیاهان متحمل

۳. بررسی تأثیر شوری روی محلول‌های سازگار در

گونه *Salsola tomentosa*

در گونه مورد مطالعه افزایش سطوح شوری موجب افزایش معنی‌دار پرولین و قندهای محلول در اندام هوایی و ریشه گیاه می‌گردد و همچنین میزان پرولین و قندهای محلول در اندام هوایی به‌مراتب بیشتر از ریشه گیاه است (جدول ۲، شکل ۳).

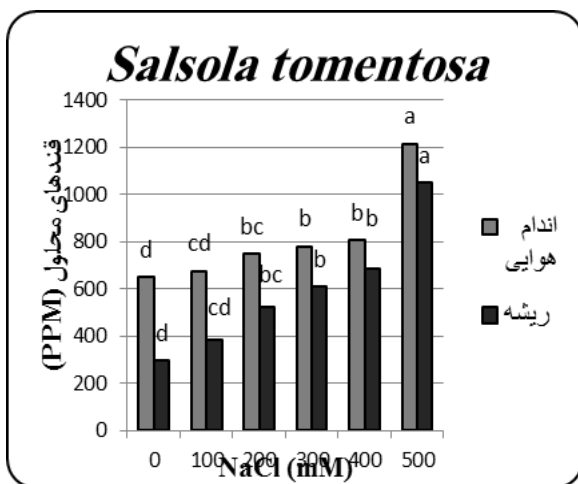
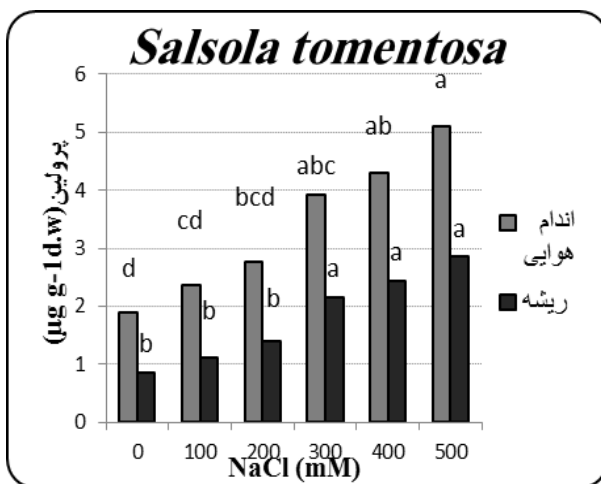
جییپینگ^۱ (۱۹۹۷) نیز به افزایش پرولین به‌عنوان نشانه‌ای

2. Cramer
3. Song
4. Rosa-Ibarra & Maiti

1. Jiping

تافیک و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی *Leptochloa fusca* و *Sporobolus virginicus* گیسلر^۵ و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی گونه *Aster tripolium*، بنزرتی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی *Atriplex portulacoides* و اسلیمی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه *Plantago maritima* به ارتباط مستقیم بین افزایش محلول‌های سازگار با افزایش میزان شوری اشاره کردند. در این مطالعه، تنش شوری موجب تولید محلول‌های سازگار شد. این رویداد احتمالاً به نقش پرولین و قندهای محلول برای تعدیل اسمزی و حفظ پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم برمی‌گردد، زیرا با افزایش شوری، جذب یون‌های Na^+ و Cl^- و تجمع این یون‌ها در واکوئل، پتانسیل آبی واکوئل کم شده و آب را از سیتوپلاسم جذب می‌کند. برای رفع این مشکل گیاه محلول‌های آلی را تولید می‌کند. بنابراین در این گونه بخشی از تنظیم اسمزی در مواجهه با تنش شوری از طریق محلول‌های سازگار حاصل می‌شود.

شوری بیشتر از گیاهان حساس به نمک است (جاود خان^۱، ۲۰۰۷). برای انباشت پرولین در گیاهان، آستانه‌ای از شوری وجود دارد، به عبارت دیگر تا زمانی که غلظت نمک در محیط و به دنبال آن کاتیون‌های یک‌طرفیتی به‌ویژه سدیم در بافت به حد مشخص نرسد، انباشت پرولین صورت نمی‌گیرد (آسپینال و پالگ^۲، ۱۹۸۱). در محیط‌های شور، در پاسخ به فشار اسمزی ممکن است شاهد تجمع قندهای محلول در گیاه باشیم، غلظت آن‌ها بسته به نوع گونه و حتی در اندام‌های گیاه متفاوت است (جاود خان، ۲۰۰۷). افزایش قندهای محلول در اندام هوایی در شرایط تنش به‌عنوان پاسخی مهم از طرف گیاه در برابر کمبود آب است و احتمالاً نتیجه هیدرولیز نشاسته در شرایط تنش، کمبود آب بافت‌ها و افت پتانسیل آبی خاک است (جونز و کوالست^۳، ۱۹۸۴). نتایج سایرام^۴ و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه گندم، تیموری (۱۳۸۲) در مطالعه *Salsola richteri*، زندی اصفهان (۱۳۸۹) در مطالعه *Atriplex leuococlada* و *Suaeda vermiculata*



شکل (۳): اثر NaCl روی محتوای پرولین و قندهای محلول اندام هوایی و ریشه گونه *Salsola tomentosa*

تنش شوری فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه را در مراحل مختلف فنولوژیک مختل می‌سازد. به دلیل اهمیتی که برگ در رشد گیاه بر عهده دارد، این اندام گیاهی از جنبه‌های مختلف از جمله سطح، وزن و میزان کلروفیل مورد مطالعه قرار می‌گیرد (عباسی و همکاران، ۲۰۰۹). حفظ غلظت کلروفیل تحت تنش به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند

۴. بررسی تأثیر شوری روی محتوای کلروفیل در گونه

Salsola tomentosa

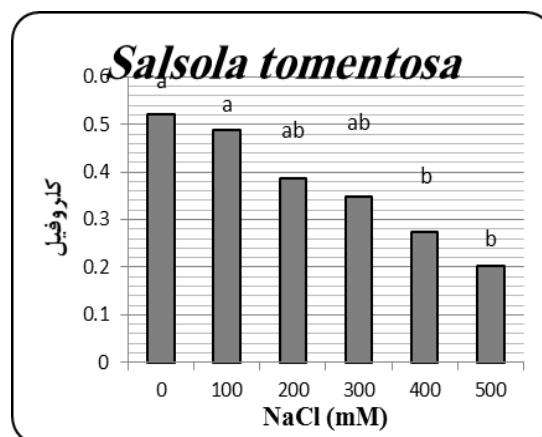
در تحقیق حاضر، با افزایش شوری میزان کلروفیل به‌طور معنی‌داری با افزایش سطح شوری کاهش می‌یابد (جدول ۲، شکل ۴).

1. Javed Khan
2. Aspinall & Paleg
3. Jones & Qualset
4. Sairam

نتیجه گیری

شوری سبب تغییرات ساختمانی ویژه در گونه‌ها می‌شود. از جمله تغییرات ساختمانی می‌توان به تعداد کمتر و اندازه کوچک‌تر برگ‌ها، استمات‌های کمتر در واحد سطح برگ، کوتیکول ضخیم‌تر و سطوح واکسی برگ‌ها، کاهش تفکیک و توسعه بافت آوندی و چوبی شدن زوردس ریشه اشاره کرد. این تغییرات بسته به نوع گونه و نوع شوری متفاوت است (پلجاکوف-میسییر^۳، ۱۹۷۵؛ استروگونو، ۱۹۶۴). در انتها، می‌توان عنوان داشت که در گونه *Salsola tomentosa* با افزایش سطح شوری، وزن تر و خشک اندام‌ها، محتوای کلروفیل و پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابند و در مقابل، محتوای نسبی آب برگ، پرولین و قندهای محلول با افزایش سطح شوری افزایش می‌یابند. بدین ترتیب، گونه مورد نظر با تحمل شوری (از طریق تنظیم اسمزی، ذخیره یون‌ها و کده بندی^۴ درون سلولی)، گوشتی و آب‌دار شدن برگ‌ها و تنظیم شوری از طریق حذف نمک با از دست دادن برگ‌های پیر قادر به مقاومت در برابر شوری است. براساس نتایج به دست آمده از مطالعه گونه بومی *Salsola tomentosa* در گلخانه و با توجه به مطالعات همراه با آن در عرصه، پیشنهاد می‌شود از این گونه در مناطق تحت تأثیر شوری استفاده شود. در نهایت، باید اشاره کرد که طبیعت غیرقابل پیش‌بینی است و مشاهده روندهای غیرمنتظره تحت شرایط خاص غیرممکن نیست.

(موسوی و همکاران، ۲۰۱۱). غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک است (قوش و همکاران، ۲۰۰۴). در شرایط شور، تولید کلروفیل به دلیل کاهش فعالیت آنزیم گلوتامات لیگاز از یک طرف و مصرف بیشتر گلوتامات توسط آنزیم گلوتامین کیناز از طرف دیگر کاهش می‌یابد (حیدری شریف‌آباد، ۲۰۰۱). ممکن است در غلظت بالای املاح، به‌علت اثری که یون‌ها روی پروتئین‌ها دارند، اتصال بین کلروفیل و پروتئین‌های کلروپلاستی سست شده و کلروفیل‌ها تخریب گردند (عباسی و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین کاهش مقدار کلروفیل می‌تواند به دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیب‌هایی نظیر پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به کار می‌روند (روزا-ایبارا و مایتی، ۱۹۹۵). افزایش تولید پرولین باعث می‌شود تا گلوتامات که پیش ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد. کایرو^۱ (۲۰۰۶) در مطالعه گونه *Plantago coronopus* زندی (۱۳۸۹) در مطالعه *Suaeda vermiculata* و *Atriplex leuococlada* کامکار و رحیمی (۱۳۹۱) در مطالعه سه گونه دارویی از جنس بارهنگ (*P. Plantago ovata*، *P. psyllium* و *P. major*)، چاکرابورتی^۲ و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه ژنوتیپ *Brassica* و قربانی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه قره‌داغ به کاهش مقدار کلروفیل با افزایش سطح شوری اشاره کردند.



شکل (۴): اثر NaCl روی میزان کلروفیل *Salsola tomentosa*

3. Poljakoff-Mayber
4. Compartmentation

1. Koyro
2. Chakraborty

1. Abbasi, F., Koochaki, A., Jafari, A. (2009). Assessment of germination and growth of *Rubia tinctorum* L. in different NaCl concentrations. Journal of Iranian field crop research. 7(2): 515-525. [In Persian with English Summary].
2. Abideen Z., Koyro H., Huchzermeyer B., Ahmed M. Z., Gul B., Ajmal Khan M. (2014). Moderate salinity stimulates growth and photosynthesis of *Phragmites karka* by water relations and tissue specific ion regulation. Environmental and Experimental Botany. 105: 70-76.
3. Ajmal Khan M., Qaiser M. (2006). Halophytes of Pakistan: Characteristics, distribution and potential economic usages. Sabkha Ecosystems. Volume II: West and Central Asia, 129-153.
4. Alizadeh A. (2010). The relationship between eater, soil and plant. Astan Ghods Razavi Press.
5. Asadi, M. (2001). Flora of Iran. Chenopodiaceae Family. Pulication of Rangelands and Forests Research Institute. [In Persian].
6. Aspinall D., Paleg L.G. (1981). Physiology and biochemistry of drought and salinity resistances in plant. American Press. New York. Pp: 386.
7. Attarha, J. (2014). The effects of salt stress on *Tamarix aphylla* according to ion accumulation, growth parameters and biochemical parameters: greenhouse assessment. MSc. dissertation. Faculty of Natural Resources and Earth Sciences. University of Kashan. [In Persian with English Summary].
8. Attarha, J., Ranjbar Fordoei, A., Panahi, F. (2014). Investigation of salt stress effects on growth and salt tolerance efficiency in *Tamarix aphylla*. Journal of Natural Resources and Sustainable Development. [In Persian with English Summary].
9. Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.
10. Bennett J. M. I., Sinclair T. R., Muchow R.C., Costello S.R. (1987). Dependence of stomatal conductance on leaf water potential, turgor potential, and relative water content in field grown soybean and maize. Crop Sci, 27: 987-990.
11. Benzarti M., Rejeb K.B., Messedi D., Ben Mna A., Hessini K., Ksontini M., Abdelly C., Debez A. (2014). Effect of high salinity on *Atriplex portulacoides*: Growth, leaf water relations and solute accumulation in relation with osmotic adjustment. South African Journal of Botany. 95: 70-77.
12. Brakez M., El Brik K., Daoud S., Harrouni M.Ch. (2013). Performance of *Chenopodium quinoa* Under Salt Stress. Development in soil salinity assessment and reclamation, Springer publisher: 463-478.
13. Chakraborty K., Sairam R.K., Bhattacharya R.C. (2012). Differential expression of salt overly sensitive pathway genes determines salinity stress tolerance in Brassica genotypes. Plant Physiology and Biochemistry. 51: 90-101.
14. Cramer G.R., J. Lynch, A. Lauchali, Epstein E. (1987). Influx of Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ into Root of Salt-Stressed Cotton Seedling. Plant Phisiol. 83: 510-516.
15. Debez A., Ben H.K., Grignon C., Abdelly C. (2004). Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritima*. Plant soil, 262: 179-189.
16. Geissler N., Hussin S., Koyro H. W. (2009). Interactive effects of NaCl salinity and elevated atmospheric CO₂ concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte *Aster tripolium*. Environmental and Experimental Botany. 65: 220-231.
17. Ghorbani M., Ranjbar Fardoyi A., Panahi F., Attarha J., Marzbani N., Moases M. (2014). Salinity and *Nitraria schoberi*: Growth parameters, chlorophyll content and ion accumulation. International journal of agriculture and crop sciences.7-11: 853-862.
18. Ghorbani, M., Ranjbar Fordoei, A., Panahi, F., Attarha, J. (2014). Investigation of salt stress effects on growth parameters and salt tolerance efficiency in *Nitraria schoberi*. Journal of Natural Resources and Sustainable Development. [In Persian with English Summary].
19. Ghorbani, M., Ranjbar Fordoei, A., Panahi, F., Attarha, J., Marzbani, N., Moasses, M. (2014). Investigation of salt stress effects on relative water content and chlorophyll content in *Nitraria schoberi*. The fourth International

- Conference on Environmental Challenges and Dendrochronology.
20. Ghosh P.K., Ajay K.K., Bandyopadhyay M.C., Manna K.G., Mandal A.K., Hati K.M. (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology*. 95: 85-93.
 21. Gorham J. (1993). Genetics and physiology of enhanced K/Na discrimination. Pp. 151-159. In P. Randall (ed) Genetic aspects of plant mineral nutrition Kluwer Academ. Pub. The Netherlands.
 22. Hameed M., Ashraf M. (2008). Physiological and biochemical adaptations of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. from the Salt Range (Pakistan) to salinity stress, *Flora*, 203: 683-694.
 23. Heidari Sharif-Abad, H. (2001). Plant and Salinity. Publication of Rangelands and Forests Research Institute. 261p. [In Persian].
 24. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of praline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago Sativa*) plants. *Physiol Plant*, 84: 55-60.
 25. Javed Khan M. (2007). Physiological and Biochemical Mechanisms of Salinity Tolerance in Different Wheat Genotypes. NWFP Agricultural University Peshawar. Ph.D. thesis.
 26. Jiping Liu, Jian-Kang Zhu. (1997). Proline Accumulation and Salt-Stress-Induced Gene Expression in a Salt-Hypersensitive Mutant of Arabidopsis' *Plant Physiology*. 114: 591-596.
 27. Jones R.A., Qualset C.O. (1984). Breeding crops for environmental stress. Tsolean. Nijhoff/Junk. The Netherlands.
 28. Kaffi M., Stewart D.A. (2001). Effects of salinity on growth and performance of nine varieties of Wheat. *Journal of agriculture sciences and industrial*. Vol. 12(1). in Panahi F., Investigation of salt tolerance in three species of *Salsola* in laboratory and natural conditions. Ph.D. thesis. Tehran University, Iran (in Persian), 2012.
 29. Kamkar, M., Rahimi, A. (2012). The effect of salinity on the water relations, osmotic regulators and function of three medicinal species of *Plantago sp.*. *Electronic Journal of Crop Production*. 5(2): 145-158. [In Persian with English Summary].
 30. Khan M.A., Rizvi Y. (1994). Effect of salinity, temperature, and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Canadian Journal of Botany*. 72:475-479.
 31. Koyro H.W. (2006). Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environmental Botany*. 56: 136-146.
 32. Le Houérou H.N. (1993). Salt-tolerant plants for the arid regions of the Mediterranean isoclimate zone. In: Lieth H. & A.A.I. Al Massom (Eds.), Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 403-422.
 33. Moosavi Far, B.A., Behdani, M.A., Jami Alahmadi, M., Haseini Bajd M.S. (2011). The changes of chlorophyll index (SPAD), relative water content, electrolyte leakage and seed function in three genotypes of *Plantago sp.* under irrigation cutting off. *Journal of Iranian field crop research*. 9(3):525-534.
 34. Munns R., Torma A. (1986). Whole plant response to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 143-160.
 35. Panahi F., Asareh M.H., Jafary M., Mohseni Saravi M., Givar A., Arzani H., Tavili A. (2013). *Salsola arbuscula* Responses to Salt Stress. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 3(5): 11-18.
 36. Panahi F., Asareh M.H., Jafary M., Givar A., Arzani H., Tavili A., Ghorbani M. (2015). *Salsola orientalis* Responses to Salt Stress. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 3(2): 163-171.
 37. Poljakoff-Mayber A. (1975). Morphological and anatomical changes as a response to salinity stress. In: A. Poljakoff-Mayber & J. Gale (Eds.). *Plant in saline environment*, springer, New York: 97-117.
 38. Ravindran KC, Venkatesan K, Balakrishnan V, Chellappan KP, Balasubramanian T. (2007). Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(10): 2661-2664.
 39. Rosa-Ibarra M., Maiti R.K. (1995). Biochemical Mechanism in glossy sorgum lines for resistance to salinity stress. *Journal of Plant Physiology*. 146: 515-519.
 40. Sairam R.K., Veerabhadra R., Srivastava G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant

- activity and osmolyte concentration. *Plant Science*. 163: 1037-1046.
41. Sinclair T.R., Ludlow M.M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology*. 12: 213-217.
 42. Sleimi N., Guerfali S., Bankaji I. (2015). Biochemical indicators of salt stress in *Plantago maritima*: Implications for environmental stress assessment. *Ecological Indicators*. 48: 570-577.
 43. Song J, Feng G, Zhang F. (2006). Salinity and temperature effects on germination for three salt-resistant euhalophytes, *Halostachys caspica*, *Kalidium foliatum* and *Halocnemum strobilaceum*. *Plant Soil* 279: 201–207.
 44. Strogonov B.P. (1964). Physiological basis of salt tolerance of plants. Acad. Sci. USSR. Davey and Co. New York.
 45. Tawfik M.M., Thalooh A.T., Zaki N.M. (2013). Exploring saline land improvement through testing *Leptochloa fusca* and *Sporobolus virginicus* in Egypt. Development in soil salinity assessment and reclamation, Springer publisher: 615-629.
 46. Teimoori, A. (2003). Investigation of salt stress on three rangeland species of *Salsola rigida*, *Salsola dendroides*, *Salsola richteri*. MSc. dissertation. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. [In Persian with English Summary].
 47. Weatherley, P.E. (1950). Studies in water relation of cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. *New Phytol*. 49: 81-87.
 48. Wilson, J.R. (1983). Effect of water stress on invitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Australian Journal of Agricultural Research*. 39: 377-390.
 49. Zandi Esfahan, E. (2010). Investigation of salt tolerance of two rangeland species of *Atriplex leocolada* and *Suaeda vermiculata* to salinity stress in laboratory and natural conditions. Ph.D. dissertation of rangeland management. Faculty of Agriculture and Natural Resources. [In Persian with English Summary].