نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره پیاپی ۳۲، سال هشتم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲/صفحات: ۱۱-۱

بررسی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و محتوای یونی در دو گونه *Salsola imbricata* var Forssk و *Salsola tomentosa* var Spach ex Moq

اصغر مصلح آرانی*[1]، غلامرضا بخشی خانیگی[2]، فاطمه عرب[3]

[1] دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد ، یزد

[2] استاد، دانشگاه پیام نور تهران، تهران

[3] کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور تهران، تهران

تاریخ دریافت: ۹۲/٤/٤ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۸

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات پتانسیل‌های اسمزی مختلف (۰، ۰/۳۳-، ۰/۳۷- و ۱/۰۳- مگاپاسگال) ناشی از کلرید سدیم و پلی‌اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ به عنوان القاءکننده‌های تنش‌های شوری و خشکی بر جوانه‌زنی دو گونه *Salsola imbricata* Spach ex Moq، *Salsola tomentosa* Forssk انجام گرفت. این آزمایش در قالب دو طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به‌صورت فاکتوریل در اتاق رشد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به اجرا درآمد. داخل هر پتری‌دیش ۲۰ عدد بذر سالم و هم اندازه قرار گرفت و درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شدند. به منظور بررسی رابطه بین املاح خاک و تجمع آن‌ها در اندام‌های هوایی گیاهان مذکور، خاک رویشگاه و اندام‌های هوایی آن‌ها جمع‌آوری و مورد تجزیه قرار گرفتند. تنش شوری و خشکی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو گونه گردید. بیشترین این شاخص‌ها در شاهد و کمترین آن در پتانسیل ۱/۰۳- مگاپاسگال اندازه‌گیری شد. مقایسه میزان سدیم و پتاسیم در بافت‌های هوایی دو گونه سالسولا نشان داد که میزان سدیم در هر دو گونه به‌طور معنی‌داری بیشتر از پتاسیم بود. نتایج این تحقیق نشان داد که که مقاومت Forss *Salsola imbricata* در مرحله جوانه‌زنی در برابر خشکی و شوری بیشتر از *S. tomentosa* Spach ex Moq بود ولی هر دو در مرحله گلدهی مشابه دیگر هالوفیت‌ها با تجمع سدیم در بافت‌های خود در برابر این تنش‌ها مقاومت کردند. در پتانسیل‌های اسمزی مشابه، اثر بازدارندگی تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شدیدتر بود.

واژگان کلیدی: جوانه‌زنی، خشکی، شوری، *Salsola imbricata*، *Salsola tomentosa*

مقدمه

خشکی و شوری به‌عنوان تأثیرگذارترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان از جایگاه ویژه‌ای در میان تنش‌های محیطی برخوردار هستند. از طرف دیگر ایران سرزمینی خشک و نیمه خشک با نزولات جوی بسیار کم است به‌طوری‌که میانگین بارش سالانه آن در حدود ۲۷٤ میلی‌متر می‌باشد. در مقایسه با میانگین بارش در سطح کره زمین (حدود ۸٦۰ میلی‌متر)، این مقدار بسیار کم بوده و نشان‌دهنده آن است که خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است (علیزاده، ۱۳۸۰). خاک‌های شور و قلیا نیز در مناطق خشک و نیمه خشک ایران توسعه یافته و سطحی معادل ۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشور را پوشش می‌دهد. خاک‌های شور در کشور حاوی مقادیر زیادی از

*نویسنده مسئول: amosleh@yazduni.ac.ir

نمک‌های محلول بوده و بسیاری از آنها از ماده آلی اندکی برخوردار هستند (جعفری، ۱۳۷۹). بنابراین هر گونه برنامه‌ریزی در ارتباط با کاشت گیاهان در این مناطق باید به سازگاری گیاهان در مقابل این تنش‌ها توجه ویژه‌ای داشته باشد. تنش خشکی ممکن است مراحل مختلف رشد گیاه را تحت تاثیر قرار دهد. ویژگی‌های جوانه‌زنی گونه‌های مختلف و حتی ارقام مختلف یک گونه ممکن است تحت تاثیر این تنش‌ها با یکدیگر متفاوت باشند. حساس‌ترین مرحله رشد از نظر تنش خشکی و شوری در اکثر گونه‌های گیاهی، مراحل اولیه رشد می‌باشد. از آن‌جایی که رشد و نمو گیاهان از جوانه‌زنی شروع می‌شود و برای ادامه حیات باید بذرها جوانه زنند تا بتوانند خود را با شرایط محیط وفق داده و در خاک مستقر گردند، بنابراین موفقیت گذراندن این دوره نقش مهمی را در مراحل دیگر استقرار گیاه خواهد داشت (سعیدیان، ۱۳۷۵).

تاکنون مطالعات زیادی در خصوص اثر تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی گیاهان انجام شده است. به‌عنوان مثال یگانه و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثرات شوری و خشکی در گونه *Halocnemum strobilaceum* var (Pall.) M.B. نشان دادند که بیشترین درصد جوانه‌زنی در تنش شوری ۱۰۰ میلی مولار بود. در مورد سرعت جوانه‌زنی نیز ملاحظه گردید که تا شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بر سرعت جوانه زنی افزوده شد. در مورد صفات طول ریشه‌چه و ساقه-چه، ضریب آلومتریک و شاخص بنیه بذر بین شاهد با بقیه سطوح شوری اختلاف وجود داشت ولی بین سطوح ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌مولار از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. در مورد سطوح خشکی نیز بیشترین مقدار صفات جوانه‌زنی در سطح خشکی ۰/۲- مگاپاسگال مشاهده گردید. به عبارتی با افزایش سطح خشکی به میزان بیشتر از ۰/۲- مگاپاسگال میزان صفات جوانه‌زنی کاهش یافت. یافته‌های تحقیق نشان داد که گونه *H. strobilaceum* به شوری مقاومت بیشتری نسبت به خشکی نشان داده و شوری تا ۲۵۰ میلی‌مولار را تحمل می‌کند. امیری و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر شوری در دو گونه *Salicornia herbacea* و *Alhagi persarum* (خارشتر) نشان دادند که در هر دو گونه بین غلظت‌های مختلف شوری اختلاف معنی‌داری وجود داشت. گونه سالیکورنیا و خارشتر در مراحل اولیه رشد و جوانه‌زنی یک‌هالوفیت اختیاری بودند، ولی دامنه تحمل سالیکورنیا در برابر شوری بیشتر از خارشتر بود. شرایط جوانه‌زنی و رشد اولیه سالیکورنیا در برابر شوری‌های کم در نمک سولفات سدیم بهتر از نمک کلرید سدیم بود. همچنین در خارشتر خصوصیات رویشی و در سالیکورنیا خصوصیات جوانه‌زنی در برابر تنش شوری واکنش بهتری نشان دادند. منصوری شوازی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثرات شوری و خشکی در گونه *Anabasis calcarea* (آسمانی گچ دوست) نتیجه گرفتند که کاهش درصد جوانه‌زنی در گیاه آسمانی گچ دوست به علت کاهش پتانسیل اسمزی است و این گیاه از گیاهان مقاوم به شوری و خشکی است. Panahi و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر شوری و دما بر جوانه‌زنی *Salsola arbuscula* نشان دادند که جوانه‌زنی این گونه با افزایش شوری تحت تاثیر قرار گرفت و در غلظت بالاتر از ۵۰۰ میلی‌مولار اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش چشمگیری داشت. مطالعات Wang و همکاران (۲۰۰٤) در سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron*) نشان داد که این گیاه مقدار زیادی سدیم (نه پتاسیم) را جذب و در بافت‌های هوایی جمع می‌کند. Golzardi و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر تنش شوری و خشکی در *Cynanchum acutum* L. نشان دادند که پتانسیل اسمزی تا ۰/٦- مگاپاسگال و شوری تا ۳۰۰ میلی‌مولار اثر کمی بر جوانه‌زنی داشت. جوانه‌زنی در این گیاه در

پتانسیل اسمزی ۱- مگاپاسگال کمتر از ۱۳ درصد بود و در شوری ۵۰۰ میلی‌مول جوانه‌زنی کمتر از ۹ درصد اندازه‌گیری شد. مشابه این نتایج در بسیاری از مطالعات در گیاهان مرتعی و زراعی توسط انواری و همکاران (۱۳۸۸)، دری و صالحی (۱۳۸۸)، خالقی و معلمی (۱۳۸۸) و مصلح آرانی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داده شده است. اثر منفی خشکی نیز در مطالعاتی چون آذرنیوند و جوادی (۱۳۸۲) در بررسی اثر تنش خشکی در دو گیاه *Agropyron desertorum*, *A. cristatum* و زهتابیان و جوادی (۱۳۸۲) بر روی سه گونه از سالسولا نشان داده شده است.

در اکثر مطالعات در مورد اثرات شوری و خشکی تاثیر فقط یکی از این دو تنش مورد مطالعه قرار گرفته است. تنش شوری می‌تواند علاوه بر فراهم کردن شرایط تنش خشکی از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محیط رشد، از طریق سمیت یون‌های خاص از قبیل سدیم و کلر و کاهش یون‌های غذایی مورد نیاز مثل کلسیم و پتاسیم نیز بر روی جوانه‌زنی بذور تاثیر بگذارد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). بنابراین مشخص نیست که کاهش جوانه‌زنی بذور به چه میزان به هر کدام از عوامل مخرب شوری مربوط می‌شود. در این تحقیق سعی شده است با ایجاد پتانسیل‌های اسمزی یکسان توسط NaCl و PEG (پلی‌اتیلن گلیکول، ماده‌ای که استرس خشکی ایجاد می‌کند)، تأثیر پتانسیل اسمزی را از دیگر عوامل مخرب شوری تفکیک کرد. از طرف دیگر با توجه به عدم شناخت دقیق از گونه‌های هالوفیت ایران در رابطه با میزان مقاومت آن‌ها به شوری و خشکی الزامی است که مطالعات گسترده‌تری در این زمینه صورت گیرد تا با شناخت بهتری بتوان از گونه‌های هالوفیت بومی ایران جهت مدیریت اراضی در این مناطق استفاده نمود. گیاهان جنس سالسولا به خاطر ویژگی‌هایی مانند مقاومت به خشکی، شوری، آفات و بیماری‌ها، سیستم ریشه‌ای عمیق، فشار اسمزی بالا، کارایی بالا در استفاده آب و شکل‌های زیستی مختلف به‌عنوان یک گیاه مهم علوفه‌ای در زمین‌های خشک محسوب شده و برای کاشت در زمین‌های شور جایی که محصولات دیگر تولید خوبی ندارند و یا در نواحی که آبیاری فقط با آب شور امکان دارد حائز اهمیت است.

در این تحقیق مقاومت به خشکی و شوری دو گونه *Salsola imbricata*، *S. tomentosa* در مرحله جوانه‌زنی مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین با ایجاد پتانسیل‌های مشابه توسط کلرور سدیم و پلی‌اتیلن گلیکول عوامل بازدارندگی جوانه‌زنی (سمیت ناشی از نمک یا پتانسیل اسمزی حاصل از پلی‌اتیلن گلیکول و یا نمک) ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

گیاهان مورد مطالعه

Salsola tomentosa: گیاهی است پایا که در بیابان‌های ایران در ناحیه رویشی ایران و تورانی پراکنش دارد. این گیاه به مقدار کم در طول فصل رشد و با رغبت بسیار بیشتر پس از بارندگی‌های پاییزه در هنگام بذردهی، مورد چرای انواع کلاسه دام قرار می‌گیرد. فصل مناسب بهره‌برداری از آن اوایل پاییز توصیه شده است (مقیمی، ۱۳۸٤).

Salsola imbricata: گیاهی است پایا و بوته‌ای به ارتفاع تا ۱۲۰ سانتی‌متر که در بیابان‌های ایران در ناحیه رویشی ایران و تورانی پراکنش دارد. این گونه هالوفیت علاوه بر ایران در بعضی کشورهای عربی، پاکستان، افغانستان و شمال غربی هند نیز پراکنش دارد. از مشخصه‌های این گیاه تولید بسیار زیاد بذرهای نسبتاً کوچک می‌باشد (Freitag et al., 2001)

روش کار

ابتدا بذرهای گونه‌های مذکور از رویشگاه‌های طبیعی نزدیک شهرستان طبس در استان یزد جمع‌آوری

شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. داخل هر پتری دیش ۲۰ عدد بذر سالم و هم اندازه قرار گرفت. برای تفکیک تاثیر پتانسیل اسمزی از دیگر عوامل مخرب شوری مثل اثر سمیت یون‌های سدیم و کلر پتانسیل‌های اسمزی یکسان توسط کلرید سدیم و همچنین پلی‌اتیلن گلیکول (ماده‌ای که استرس خشکی ایجاد می‌کند)، ایجاد شد. از محلول کلرید سدیم (۰، ٤، ۸/۸ و ۱۲/٤ گرم در لیتر) و از محلول پلی اتیلن گلیکول (PEG) (شاهد، ۱٦۰، ۲۵۰ و ۳۰۱ گرم در لیتر) جهت ایجاد تنش‌های خشکی ۰ (شاهد)، ۰/۳۳- ۰/۷۳- و ۱/۰۳- مگاپاسگال استفاده شد. داخل هر پتری‌دیش ۸ میلی‌لیتر از محلول‌های مورد نظر ریخته شد. سپس پتری‌دیش‌ها طی یک دوره ۱۰ روزه در ژرمیناتور با دمای ثابت ۰/۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. از شاخص‌های جوانه‌زنی، سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شدند. برای این منظور بذرها بعد از جوانه‌زنی به‌طور روزانه شمارش شدند. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در پایان آزمایش اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد و سرعت جوانه‌زنی از فرمول‌های زیر استفاده شد (Ellis and Roberts, 1981):

درصد جوانه‌زنی = تعداد بذر/ تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز nام ×۱۰۰

n = شمار روزهای مورد نظر پس از شروع آزمایش

سرعت جوانه‌زنی $Rs = \sum_{1}^{N} Si / Di$

Si =تعداد بذرهای جوانه زده در هر شمارش

Di =تعداد روز تا شمارش n ام

N =تعداد دفعات شمارش

به منظور بررسی رابطه بین املاح خاک و تجمع آن‌ها در اندام‌های هوایی گیاهان مذکور، خاک رویشگاه و اندام‌های هوایی جمع‌آوری و مورد تجزیه قرار گرفتند. نمونه‌های خاک از عمق‌های ۳۰-۰ سانتی‌متری پای بوته و همچنین ٦۰-۳۰ و ۳۰-۰ سانتی‌متری اطراف تاج پوشش هر گونه برداشت و از نظر یون‌های مختلف مورد تجزیه قرار گرفت. برای تعیین مقدار نمک‌های موجود در بافت‌های گیاهی سر شاخه‌های گونه‌های مذکور قبل از انجام آزمایش در دمای اتاق خشک شدند و سپس تجزیه و آنالیز یون‌های موجود در آن‌ها در آزمایشگاه به روش فلیم فتومتری صورت گرفت.

جهت آنالیز داده‌های حاصل از صفات مختلف جوانه‌زنی از نرم‌افزار SPSS 13 استفاده شد. در این روش از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده شد. در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر دو گونه سالسولا شد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در هر دو گونه در شاهد و کمترین آن در تیمار خشکی ۱/۰۳- مگا پاسگال اندازه‌گیری شد. (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی شیب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در گونه *S. tomentosa* بیشتر از گونه *S. imbricata* بود (شکل ۱ و ۲). این نتایج به وضوح نشان داد که مقاومت *S. imbricata* در مرحله جوانه‌زنی در برابر خشکی بیشتر از *S. tomentosa* بود.

جدول۱. مقایسه درصد و سرعت جوانه‌زنی در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف خشکی. مقادیر، میانگین ٤ تکرار± انحراف معیار است.

تیمار خشکی (مگاپاسگال)	درصد جوانه‌زنی		سرعت جوانه‌زنی	
	S. tomentosa	*S. imbricata*	*S. tomentosa*	*S. imbricata*
شاهد	۸۸/۷۵ ± ۵/۵ a	٦٥ ± ۱/۷ a	٦۳/۱٦ ± ۷/۱ a	٤۹ ± ۱/۱٤ a
- ۰/۳۳	۵۸/۷۵ ±٦/۸ b	۵۳/۷۵ ± ٦/۵۷ a b	٤۲/٤۹± ۳/۷ b	۳۵/۲ ± ۵۷٦/ a b
- ۰/۷۳	۳۷/۵ ± ۳/۲ c	٤۱/۲۵ ± ۳/۷۵ b	۲۳/۹۵ ± ۳/٤ c	۲۷/۱ ± ٤/۷b c
- ۱/۰۳	۲٦/۲۵± ٦/۸ c	۳۷/۵ ± ۱۰/۵ b	۱۸/۵ ± ۵/٦ c	۱٤/۹ ± ٤/۳ c

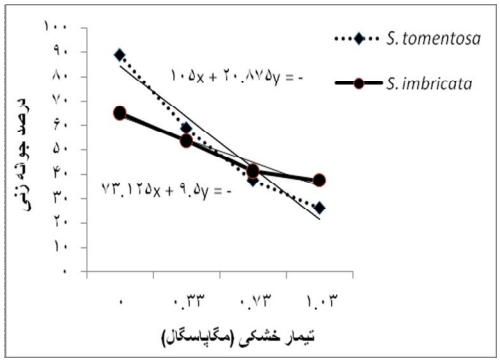
*حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح P<۰/۰۵ است.

جدول ۲. مقایسه درصد و سرعت جوانه‌زنی در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف شوری. مقادیر، میانگین ٤ تکرار± انحراف معیار است.

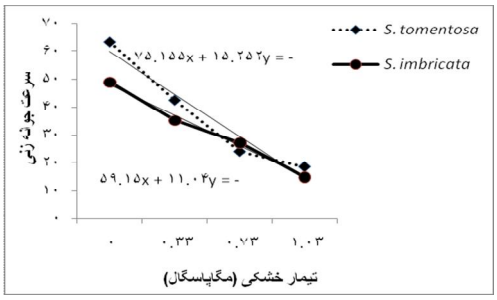
تیمار شوری (**مگاپاسگال**)	درصد جوانه‌زنی		سرعت جوانه‌زنی	
	S. tomentosa	*S. imbricata*	*S. tomentosa*	*S. imbricata*
شاهد	۸۸/۷۵ ± ۵/۵ a	٦٥ ± ۱/۷ a	٦۳/۱٦ ± ۷/۱ a	٤۹ ± ۱/۱٤ a
- ۰/۳۳	۳۳/۷۵ ± ۹/٤ b	٤۳/۷۵ ± ۲/۳ b	۲۵/۹ ± ٦/۹ b	۳۰/۵ ± ۰/٤۳ b
- ۰/۷۳	۲۷/۵ ± ۱۰/۵ b	٤۱/۲۵ ± ۲/۳ b	۱۷/۱۷ ± ۵/۳ b	۲۱/۱۲ ± ٦/٦ c
- ۱/۰۳	۱۲/۵ ± ۳/۲ b	۲۲/۵ ± ٤/۷ c	۹/۱۳ ± ۳/۱ b	۸/۸٦ ± ٤/۹d

*حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح **P<۰/۰۵** است.

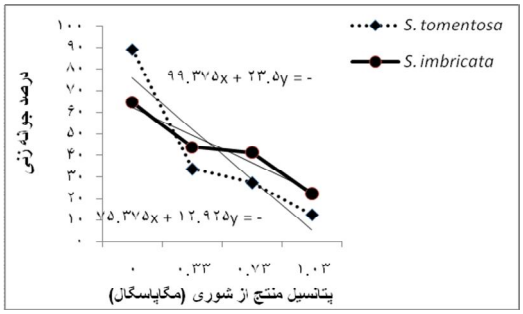
تنش شوری نیز به طور معنی‌داری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر دو گونه سالسولا شد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در هر دو گونه در شاهد و کمترین آن در تیمار شوری ۱/۰۳- مگاپاسگال اندازه‌گیری شد (جدول ۲). با افزایش تنش شوری شیب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در گونه *S. tomentosa* بیشتر از گونه *S. imbricata* بود (شکل ۳ و ٤). این نتایج به وضوح نشان داد که مقاومت *S. imbricata* در مرحله جوانه‌زنی در برابر شوری بیشتر از *S. tomentosa* می‌باشد.



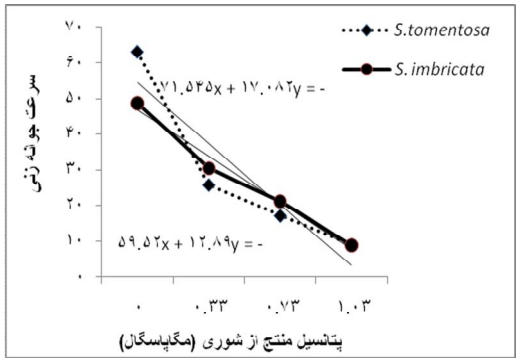
شکل ۱. روند کاهش درصد جوانه‌زنی در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف خشکی.



شکل ۲. روند کاهش سرعت جوانه‌زنی در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف خشکی.



شکل ۳. روند کاهش درصد جوانه‌زنی در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف شوری.



شکل ٤. روند کاهش سرعت جوانه‌زنی در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف شوری.

تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو گونه سالسولا شد. بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو گونه در شاهد و کمترین آن در تیمار خشکی ۱/۰۳- مگاپاسگال اندازه‌گیری شد (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی شیب کاهش طول ریشه‌چه در گونه *S. tomentosa* بیشتر از گونه *S. imbricata* بود، اما این روند برای ساقه‌چه برعکس بود (شکل ۵ و ٦).

تنش شوری نیز به‌طور معنی‌داری باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو گونه سالسولا شد. بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو گونه در شاهد و کمترین آن در تیمار خشکی ۱/۰۳- مگاپاسگال اندازه‌گیری شد (جدول ۳). با افزایش تنش شوری شیب کاهش طول ساقه‌چه در هر دو گونه مشابه بود ولی شیب کاهش ساقه‌چه در *S. tomentosa* کمتر از گونه *S. imbricata* بود (شکل ۷ و ۸).

جدول ۱. مقایسه طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف خشکی. مقادیر، میانگین ٤ تکرار ± انحراف معیار است.

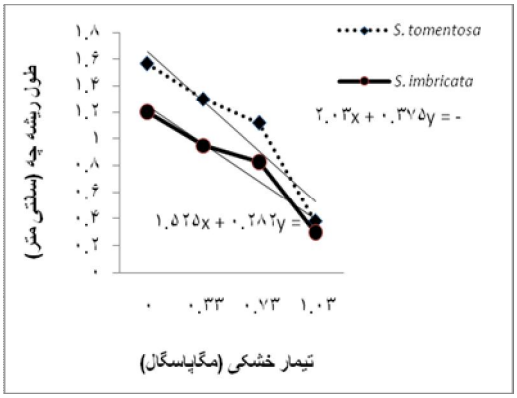
تیمار خشکی	طول ریشه‌چه		طول ساقه‌چه	
(مگاپاسگال)	*S. tomentosa*	*S. imbricata*	*S. tomentosa*	*S. imbricata*
شاهد	۱/۵۷ ± ۰/۱٤a	۱/۲ ± ۰/۰۷ a	۰/۷٦ ± ۰/۰۸ a	۰/۸٦ ± ۰/۰٦ a
- ۰/۳۳	۱/۳ ± ۰/۰٦ ab	۰/۹۵ ± ۰/۰۷ b	۰/۷٦ ± ۰/۰٦ a	۰/۷٦ ± ۰/۰۸ ab
- ۰/۷۳	۱/۱۲ ± ۰/۱۲ b	۰/۸۳ ± ۰/۰۸ b	۰/۵٤ ± ۰/۰۲ b	۰/۵ ± ۰/۱٦ bc
- ۱/۰۳	۰/۳۸ ± ۰/۱۳ c	۰/۳ ± ۰/۰۵ c	۰/۳٦ ± ۰/۰۳c	۰/۳۱ ± ۰/۰٤c

*حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح P<۰/۰۵ است.

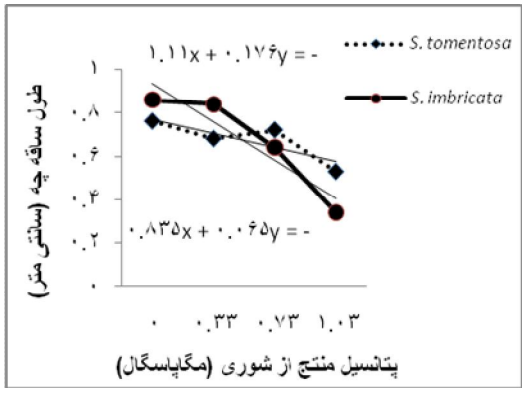
جدول ۲. مقایسه طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف شوری، مقادیر، میانگین ٤ تکرار ± انحراف معیار است.

تیمار شوری	طول ریشه‌چه		طول ساقه‌چه	
(مگاپاسگال)	*S. tomentosa*	*S. imbricata*	*S. tomentosa*	*S. imbricata*
شاهد	۱/۵۷ ± ۰/۱٤a	۱/۲ ± ۰/۰۷ a	۰/۷٦ ± ۰/۰۸ a	۰/۸٦ ± ۰/۰٦ a
- ۰/۳۳	۱/٤٦ ± ۰/۱ ab	۱/۱۹ ± ۰/۱٤ a	۰/٦۸ ± ۰/۰٦ a	۰/۸٤ ± ۰/۰۹ a
- ۰/۷۳	۱/۲ ± ۰/۱٤ ab	۰/۹۷ ± ۰/۰٦ ab	۰/۷۲ ± ۰/۰٦ a	۰/٦٤ ± ۰/۱۳ ab
- ۱/۰۳	۰/۹۹ ± ۰/۲ b	۰/۵۹ ± ۰/۱۱ b	۰/۵۳ ± ۰/۰۸ a	۰/۳٤± ۰/۰۲ b

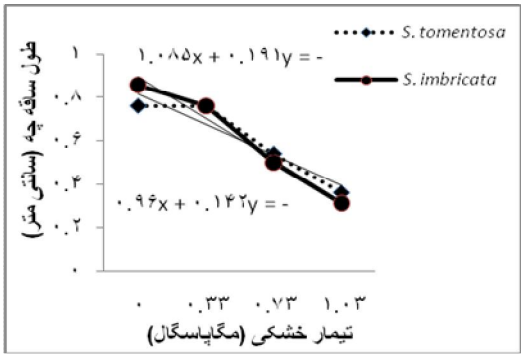
*حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح P< ۰/۰۵ است.



شکل ۵. روند کاهش طول ریشه‌چه در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف خشکی.

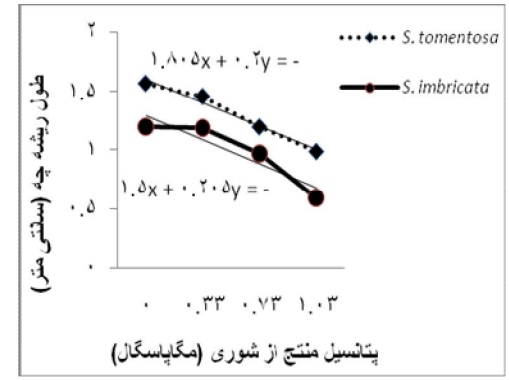


شکل ۸. روند کاهش طول ساقه‌چه در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف شوری.

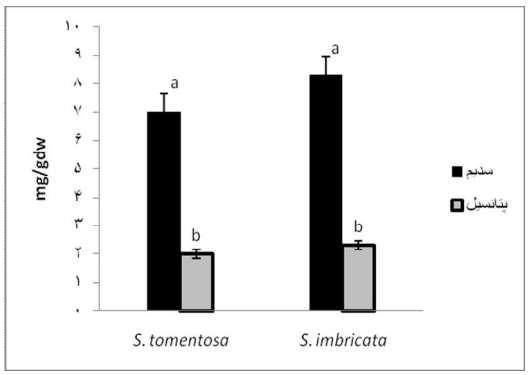


شکل ٦. روند کاهش طول ساقه‌چه در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف خشکی.

مقایسه میزان سدیم و پتاسیم در بافت‌های هوایی دو گونه سالسولا نشان داد که میزان سدیم به طور معنی‌داری بیشتر از پتاسیم بود (شکل ۹). نتایج آزمایش خاک نیز نشان داد که میزان کلسیم و پتاسیم در خاک اطراف ریشه در گونه *S. tomentosa* به طور معنی‌داری بیشتر از خاک اطراف ریشه *S. imbricata* بود. تفاوت معنی‌داری در میزان سدیم و شوری بین خاک این دو گونه مشاهده نشد (جدول ۵).



شکل ۷. روند کاهش طول ریشه‌چه در دو گونه سالسولا در تیمارهای مختلف شوری.



شکل ۹. مقایسه میزان سدیم و پتاسیم در بافت‌های هوایی دو گونه سالسولا.

جدول ۵. مقایسه میزان سدیم، پتاسیم، کلسیم و شوری در خاک اطراف ریشه دو گونه سالسولا در دو عمق مختلف. مقادیر، میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح P<۰/۰۵ است.

گونه	عمق	کلسیم (meq/l)	سدیم (meq/l)	پتاسیم (ppm)	EC (ds/m)
S. tomentosa	۰-۱۰	۳۱/٤ ± ۸/۲ a	۹۰ ±۵۵ a	۲٦٦ ±۲۸ a	۱۱/۵۷ ± ۵/۳ a
	۱۰-۲۰	۳۱/۹ ± ۸/۲ a	۱٤۲ ±٦٦ a	۲۸۰ ±۱۰ a	۱۳/۲ ± ٦/۹ a
S. imbricata	۰-۱۰	۱۰/۹ ± ٤/۷ b	۲۳ ± ۵/٤ a	۱۷۳ ± ۱۸/۱ b	۳/۱ ± ۰/۲۹ a
	۰-۲۰	۹/۸ ± ۳/٦ b	۳٦ ±۲٤ a	۱۲٤ ±۵۸ b	٤/۸ ± ۲/٤۹ a

بحث

تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو گونه سالسولای مورد مطالعه شد. کاهش جوانه‌زنی در بسیاری از گونه‌های گلیکوفیت و همچنین‌هالوفیت نشان داده شده است. همانطور که اشاره شد، شوری باعث افزایش فشار اسمزی محلول و کاهش جذب آب از طریق بذر می‌شود. از طرفی شوری زیاد باعث سمیت و بهم خوردن تعادل یونی می‌شود که روی فعل و انفعالات حیاتی بذر اثر می‌گذارد و باعث جلوگیری از جوانه‌زنی بذر می‌شود. در تعدادی از مطالعات برای نشان دادن پتانسیل آب به‌عنوان عامل اصلی عدم جوانه‌زنی در بذور، اقدام به آزمایشات بازیابی جوانه‌زنی نموده‌اند. نتایج مطالعات مصلح آرانی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که بازیابی جوانه‌زنی بذرهای دو گونه *S. abarghuensis* و *S. yazdiana* مربوط به تأثیر فشار اسمزی بود، چون درصد قابل توجهی از آنها در آب مقطر جوانه زدند. نتایج مشابه در مطالعات تیموری (۱۳۸۲) بر روی سه گونه مرتعی *Salsola rigida*، *S. dendroides* و *Salsola richteri* و شهبازی و همکاران (۱۳۸٤) بر روی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی و همچنین بازیابی جوانه‌زنی در گونه *Haloxylon aphyllum* در شرایط مختلف دما و شوری به دست آمد. در تحقیق حاضر با ایجاد پتانسیل‌های مشابه توسط کلرور سدیم و پلی‌اتیلن گلیکول عوامل بازدارندگی جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بذور گیاهان مورد مطالعه نسبت به شوری حساسیت بیشتری دارند و این اثر سمیت یونی در جوانه‌زنی این گونه‌ها را نشان داد. در بین مطالعات انگشت شماری که بطور همزمان اثر تنش شوری و خشکی را بر جوانه‌زنی بررسی کرده‌اند، کمتر در انتخاب تیمارها از پتانسیل‌های مشابه استفاده شده است. مشابه نتایج حاضر، رمضانی‌گسک و همکاران (۱۳۸۷) در ارزیابی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کور (*Capparis spinosa* L.) نشان دادند که گیاه کور به تنش شوری بیش از تنش خشکی حساس بود. در مقابل مطالعات برومند رضازاده و کوچکی (۱۳۸٤) در بررسی واکنش جوانه‌زنی بذر زنیان، رازیانه و شوید به پتانسیل‌های اسمزی و ماتریک ناشی از کلرید سدیم و پلی‌اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ در دماهای مختلف، برزگر (۱۳۸۷) در بررسی تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر تحریک جوانه‌زنی در گیاه زوفا، و آل‌ابراهیم و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لاین‌های اینبرد ذرت نشان دادند که جوانه‌زنی به خشکی حساس‌تر از شوری بود. یون سدیم ممکن است اثرات متفاوتی بر تحریک جوانه‌زنی داشته باشد. این نتایج متضاد نشان می‌دهد که تعیین عوامل بازدارندگی جوانه زنی نیاز به مطالعات بیشتر دارد.

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌هد که کاهش جوانه‌زنی در بین‌هالوفیت‌ها به نوع گونه بستگی دارد. در بین‌هالوفیت‌های مطالعه شده مقاومترین آن‌ها مربوط به گیاه *Salicornia herbacea* است که در شوری ۱/۷ مولار نمک طعام هم جوانه می‌زند (Chapman, 1960). گونه *Haloxylon ammodendron* در ۱/۳ مولار (Huang et al., 2003)، *Salcornia rubra* در ۱ مولار (Khan et al., 2002)، *Kochia scoparia* در ۱ مولار (Khan et al., 2001)، *Cakile maritime* در ۰/۵ مولار (Debez et al., 2004) و *Limonium stocksii* در ۰/٤ مولار نمک طعام (Zia and Khan, 2004) حدود ۱۰ درصد جوانه‌زنی دارند. در بین گونه‌های سالسولای مطالعه شده، *S. iberica* در ۱ مولار (Khan et al., 2002) و *S. yazdiana, S. arbuscula, S. abarghuensis* در ۰/۸ مولار نمک (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۸۹) همچنان جوانه‌زنی دارند. مقاومت به شوری در دو گونه *S. tomentosa* و *S. imbricata* نیز نشان داد که

جوانه‌زنی در شوری ۰/٦ مولار به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۲۲/۵ درصد بود که نشان از مقاومت آن‌ها به شوری بود.

میزان سدیم به‌طور معنی‌داری در هر دو گونه سالسولا بیشتر از پتاسیم بود. پتاسیم یک عنصر غذایی ماکرو است که برای همه انواع گیاهان ضروری است و نقش مهمی در تنظیم اسمزی دارد. در عوض سدیم یک عنصر ماکرو نیست حتی برای گیاهانی که فوق‌العاده هالوفیت هستند. پاسخ رشدی گیاهان به سدیم در بین گونه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. بسیاری از هالوفیت‌ها پاسخ رشدی مثبتی به سدیم نشان داده‌اند و این در حالی است که سدیم برای گلیکوفیت‌ها مرگ آور است. آزمایشات نشان می‌دهند که سدیم اضافی در اکثرهالوفیت‌ها در واکوئل‌ها تجمع نموده و بدین‌وسیله ضمن ممانعت از سمیت اندامک‌های سیتوپلاسمی موجب تنظیم اسمزی نیز می‌گردد (تباراحمدی و بابائیان جلودار، ۱۳۸۱). مطالعات Wang و همکاران (۲۰۰٤) در سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron*) نشان داد که این گیاه مقدار زیادی سدیم (نه پتاسیم) را جذب و در بافت‌های هوایی جمع می‌کند. مشابه این نتایج توسط Heidari-shariabad و Mirzaie-Nodoushan (۲۰۰٦) روی سه گونه سالسولا نشان داده شد. مطالعات نشان می‌دهد که پتاسیم در پاسخ به خشکی و سدیم تحت تنش شوری در گیاهان تجمع پیدا می‌کنند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد که گونه‌های سالسولا تمایل به تجمع سدیم برای تنظیم اسمزی خود دارند و این نشان می‌دهد که گونه‌های مورد مطالعه مانند گیاهان شورپسند و نه خشکی‌پسند در محیط رشدشان واکنش نشان می‌دهد.

شوری خاک اطراف ریشه در گونه *S. tomentosa* (۱۳ میلی‌موس بر متر) بیشتر از شوری خاک اطراف ریشه گونه *S. imbricata* (٤ میلی‌موس بر سانتی‌متر) بود. بذرهای گونه *S. tomentosa* در EC=۳٦ (پتانسیل ۱/۰۳- مگاپاسگال) حدود ۲۲ و گونه *S. imbricata* حدود ۱۲ درصد جوانه‌زنی داشتند، بنابراین دو گونه مذکور در رویشگاه خود با مشکل جوانه‌زنی روبرو نبودند. تعادل بین جوانه‌زنی بذرهای این گونه و شوری خاک در حقیقت سازگاری این گیاه را به محیط پراکنش آنها نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که مقاومت*S. imbricata* در مرحله جوانه‌زنی در برابر خشکی و شوری بیشتر از *S. tomentosa* بود ولی هر دو در مرحله گلدهی مشابه دیگرهالوفیت‌ها با تجمع سدیم در بافت‌های خود در برابر این تنش‌ها مقاومت می‌کنند. در پتانسیل‌های اسمزی مشابه اثر بازدارنده تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شدیدتر بود و این اثر توام سمیت یونی و پتانسیل اسمزی را در جوانه‌زنی این گونه‌ها نشان داد.

منابع

آذرنیوند، ح. و جوادی، م.ر. (۱۳۸۲). بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی دو گونه مرتعی از جنس آگروپایرون. بیابان، جلد ۸ شماره ۲. صفحات ۲۰۵-۱۹۲.

آل‌ابراهیم، م.ت.، جان‌محمدی، م.، شریف‌زاده، ف. و تکاسی، س. (۱۳۸۷). بررسی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لاین‌های اینبرد ذرت (*Zea mays* L.). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۱. صفحات ٤۳-۳۵.

امیری، ب.، عصاره، م.ح.، جعفری، م.، رسولی، ب. و جعفری، ع. (۱۳۹۱). بررسی و مقایسه تاثیر نمک NaCl و Na_2SO_4 در مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه در *Salicornia herbacea* و *Alhagi*

persarum. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. شماره ٤٧. صفحات ٢٤٣-٢٣٣.

انوری، س.م.، مهدیخانی، ه.، شهریاری، ع. و نوری، غ. (١٣٨٨). اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی هفت گونه مرتعی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ١٦. شماره ٢. صفحات ٣٧٣-٣٦٢.

برزگر، ا.ب. (١٣٨٧). بررسی تاثیر تنش‌های شوری و خشکی بر تحریک جوانه‌زنی در گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ٢٤. صفحات ٥٠٥-٤٩٩.

برومند رضازاده، ز. و کوچکی، ع. (١٣٨٤). بررسی واکنش جوانه‌زنی بذر زنیان، رازیانه و شوید به پتانسیل‌های اسمزی و ماتریک ناشی از کلرید سدیم و پلی‌اتیلن گلایکول ٦٠٠٠ در دماهای مختلف. پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ٣. صفحات ٢١٧-٢٠٧.

تباراحمدی، م.خ.ض. و بابائیان جلودار، ن.ع. (١٣٨١). رشد گیاه در اراضی شور و بایر. انتشارات دانشگاه مازندران صفحه ٥.

تیموری، ع. (١٣٨٢). بررسی اثرات تنش شوری بر روی سه گیاه مرتعی *Salsola rigida ,Salsola dendroides Salsola richteri*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران.

دری، م.ع. و صالحی، م. (١٣٨٨). جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه چهار توده اسفرزه در واکنش به تنش شوری. فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان جنگلی و مرتعی. جلد ٣٤. صفحات ٣٠٣-٢٩٥.

جعفری، م. (١٣٧٩). خاک‌های شور در منابع طبیعی (شناخت و اصلاح آن)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ٤٥.

خالقی، ا. و معلمی، ن. (١٣٨٨). تاثیر سطوح مختلف شوری و دما بر جوانه‌زنی بذر گیاه تاج خروس *Celosia argetea*. فصلنامه پژوهشی تولید گیاهی. جلد ١. صفحات ١٥٨- ١٤٩.

سعیدیان، ف. (١٣٧٥). بررسی مقاومت به خشکی و کارایی مصرف آب در دو گونه مرتعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. تهران.

شهبازی، ا.، نصرتی، ک. و زهتابیان، غ. (١٣٨٤). بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی و بازیابی جوانه‌زنی *Haloxylon aphyllum* در شرایط مختلف دما و شوری. مجله بیابان. جلد ١٠. صفحات ١٦٧-١٥٧.

رمضانی‌گسک، م.، تقوایی، م.، مسعودی، م.، ریاحی، ا. و بهبهانی، ن. (١٣٨٧). ارزیابی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کور (*Capparis spinosa* L.). مرتع. جلد ٢. صفحات ٤٢٠-٤١١.

زهتابیان، غ. و جوادی، م.ر. (١٣٨٢). بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی سه گونه مرتعی از جنس سالسولا *Salsola richteri, S. rigida, S. dendroides*. بیابان. جلد ٨ شماره ١. صفحات ٣٢-٢١.

علیزاده، ا. (١٣٨٠). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ سیزدهم. صفحه ٨١٦.

کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. (١٣٨١). مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. صفحه ٧٨-٨٢.

مصلح آرانی، ا.، نعمتی، ن. بخشی، غ. و سلطانی، م. (١٣٨٩). بررسی اثرتنش شوری بر جوانه‌زنی و بنیه در سه گونه سالسولا *Salsola abarghuensis) (Salsola arbuscula, Salsola yazdiana,*. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان جنگلی و مرتعی. جلد ١٨. شماره ٢. ١٨صفحات ٢٨٠-٢٦٧.

مقیمی، ج. (۱۳۸٤). معرفی برخی گونه‌های مهم مرتعی مناسب برای توسعه و اصلاح مراتع ایران. انتشارات آرون.

منصوری شوازی، م.، حکیم‌زاده، م.ع.، زارع ارنانی، م.، زارع‌چاهوکی، م.ع. و مصلح آرانی، ا. (۱۳۹۰). بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه کونه آسمانی گچ دوست (*Anabasis calcarea*). شماره ٤، صفحات ۸۲-۷۵.

یگانه، ح.، باقری، م.، تخشنده سواد رودباری، م.، نصری، م. و کدخدایی، ا. (۱۳۹۰). بررسی اثرات تنش شوری و خشکی بر رفتار جوانه‌زنی گونه *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.B. مرتع و آبخیزداری. جلد ٤. صفحات ۵۰۵-٤۹۳.

Chapman, V.J. (1960). Salt marshes and salt deserts of the world. Inter science Publishers. New York.

Debez, A., Hamed, K.B., Grignon, C. and Abdelly, C. (2004). Salinity effect on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritime*. Plant and Soil. 262: 179-189.

Ellis, R.A. and Roberts, E.H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology. 9: 373-409.

Freitag, H., Hedge, I.C., Jafri, S.M.H., Kothe-Henrich, G., Omer, S., and Uotila, P. (2001). Chenopodiaceae. In: Flora of Pakistan (Eds. Ali, S. I. and Qaiser, M.). Department of Botany, University of Karachi, Karachi, Pakistan and Missouri Botanical Garden, St. Louis, USA.

Golzardi, F., Vazan, S., Moosavinia, H. and Tohidloo, G. (2012). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of Swallow Wort (*Cynanchum acutum* L.). Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 4: 4524-4529.

Heidari-shariabad, H. and Mirzaie-Nodoushan, H. (2006). Salinity-induced growth and some metabolic changes in three salsola species. Journal of Arid Environments. 67: 715-720.

Huang, Z., Zhang, X., Zheng, G., and Gutterman, Y. (2003). Influence of light, temperature, salinity and stirage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. Journal of Arid Environment. 55: 453-464.

Khan, M. A., Gul, B., and Weber, D.J. (2001). Effect of salinity and temperature on the germination of Kochia scoparia. Wetland Ecology and Management. 9: 483-489.

Khan, M.A., Gul, B., and Weber, D.J. (2002). Improving seed germination of *Salicornia rubra* (Chenopodiaceae) under saline conditions using germination regulating chemicals. Western North American Naturalist. 62: 101-105.

Panahi, F., Jafary, M., Assareh, M.H. Arzani, H., Taili, A. and Givar, A. (2012). The effects of salinity and temperature on some germination characteristics of *Salsola arbuscula*. World Applied Sciences Journal. 19: 470-477.

Wang, S., Wan, Ch., Wang, Ya., Chen, H., Zhou, Z., Fu, H., and Sosebee, R.E. (2004). The characteristics of Na^+, K^+ and free proline distribution in several drought-resistant plants of the Alexa Desert, China. Journal of Arid Environments. 56: 525-539.

Zia, S., and Khan, M.A. (2004). Effect of light, salinity and temperature on the germination of *Limonium stocksii*. Canadian Journal of Botany. 82: 151-157.