نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹، ص. ۳۷۴-۳۶۷

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 2, May-Jun 2010, p. 367-374

# مقایسه تاثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیم در تولید زیست توده، مقدار سدیم و پتاسیم برگ و ریشه خرفه (*Portulaca oleracea* L.)

زینب رحیمی[۱*] - محمد کافی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۲
تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۵

## چکیده

به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیم در تولید زیست توده و مقدار مواد آلی و معدنی برگ و ریشه خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه سطح شوری (۰/۶، ۱۱ و ۲۲ دسی زیمنس بر متر) و دو سطح سیلیسیم (صفر و یک میلی مولار سیلیکات سدیم) با سه تکرار در محیط شن درگلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۷ انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری زیست توده برگ و ریشه، درصد مواد آلی و پتاسیم در اندام‌های رویشی کاهش یافت، در حالی که درصد خاکستر و درصد سدیم افزایش معنی داری یافت. کاربرد سیلیسیم تاثیر مثبتی بر تحمل گیاه به شوری داشت و سبب کاهش تجمع سدیم و افزایش درصد پتاسیم در برگ‌ها گردید. در نتیجه این گیاه تا حد زیادی به شوری‌های متوسط مقاومت داشته و می‌تواند تولید قابل توجهی در شرایط تنش شوری داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** مواد آلی برگ، سیلیکون، محتوی کاتیون برگ، محتوی کاتیون ریشه

## مقدمه

کشور ایران دارای مناطق وسیع با خاک‌های شور بوده و ۱۵/۲ درصد از وسعت کل کشور (تقریبا ۳۳ میلیون هکتار) و ۵۵ درصد زمین‌های کشاورزی تحت تاثیر شوری قرار دارند (۱۲). افزایش تحقیقات روی انتخاب گونه‌های هالوفیت با هدف استفاده‌های اقتصادی و مدیریت مناسب می‌تواند راه حل مناسبی برای استفاده از زمین‌های تحت تاثیر شوری و استفاده بهینه از آب‌های شور باشد. اصلاح محیط رشد با استفاده از گیاه پالائی[۳] روشی طبیعت دوستانه برای کشاورزی پایدار می‌باشد. گونه‌های مختلفی در خاک‌های شور رشد می‌کنند که بعضی از آن‌ها مقادیر قابل توجهی نمک در اندام‌های خود ذخیره کرده که می‌توان با پرورش و سپس برداشت آن‌ها بخشی از نمک تجمع یافته در خاک را کاهش داد. البته این در صورتی محقق می‌شود که آبیاری صورت نگیرد. از جمله این گیاهان خرفه[۴]، اسفناج نیوزیلندی[۵] و گونه ای کنگر[۶] می‌باشند. خرفه گیاهی است که دارای عناصر غذایی و آنتی اکسیدان‌های مفیدی برای استفاده انسان، تغذیه حیوانات و استفاده‌های دارویی می‌باشد (۱۴).

شوری، پتانسیل آب محیط ریشه را کاهش داده و سبب کم شدن توان جذب آب گیاه می‌شود. به علاوه با افزایش شوری در محیط ریشه، جذب و انتقال یون‌های سمی به بافت‌های گیاه افزایش می‌یابد که کاهش جذب عناصر ضروری، به هم خوردن توازن یونی و سمیت ناشی از انباشتگی یون‌های سدیم و کلر را به دنبال دارد (۱). بسیاری از گیاهان در محیط‌های شور، کاهش رشد خواهند داشت که این کاهش رشد را می‌توان به تجمع یون‌های سمی نظیر سدیم و کلر در بافت‌های گیاهی نسبت داد (۳). در شرایط شور، جذب پتاسیم توسط سلول‌های ریشه در اثر رقابت با سدیم کاهش می‌یابد (۱۸) و فراوانی یون سدیم در سطح ریشه از جذب عنصر غذایی پتاسیم جلوگیری

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: (Email: Zrahimi2007@yahoo.com

3 - Phytoremediation
4 - *Portulaca oleracea*
5 - *Tetragonia tetragonoides*
6 - *Cynara cardunculus*

می‌کند. زیرا از لحاظ شیمیایی سدیم و پتاسیم به یکدیگر شبیه‌اند (۲۴).

هالوفیت‌های دارای برگهای آبدار برای رشد مطلوب به نمک احتیاج دارند و ممکن است یون سدیم و کلر در سلول‌های آن‌ها کار تنظیم اسمزی را انجام دهند (۲۳). تحمل به شوری در گیاهان متحمل به شوری نسبت به گیاهان حساس با افزایش غلظت نمک و اثرات اسمزی افزایش می‌یابد. گیاهان متحمل به شوری قادرند آب را از خاک‌های شور جذب کنند. گیاهان حساس در خاک‌های شور در غلظت‌های کم نمک نیز آسیب می‌بینند (۷).

سیلیسیم دومین عنصر معدنی در خاک پس از اکسیژن بوده و تقریبا ۳۱ درصد پوسته زمین را اشغال کرده است (۱۰). در مورد نقش سیلیسیم در بیولوژی گیاه هنوز اطلاعات زیادی به دست نیامده است (۱۰ و ۲۵). ایپستین (۱۰) گزارش کرده است که از اثرات مثبت سیلیسیم بر روی گیاهان ممکن است تسکین خطر شوری در گیاهان نیز باشد. با این وجود گزارشات اثرات متقابل شوری و سیلیسیم بر روی گیاهان بسیار محدود می‌باشند. لیانگ (۱۶) اثرات متقابل شوری و سیلیسیم را در جو آزمایش و نتیجه گرفت که سیلیسیم تجمع سدیم درگیاه را کاهش می‌دهد.

شوری باعث افزایش یون سدیم در بخش هوایی گیاهان و به خصوص در ریشه می‌گردد، اما تغذیه با سیلیسیم در گیاه موجب کاهش غلظت این یون در بافت‌ها می‌شود. وقتی تنش شوری ایجاد می‌شود، کاهش پتانسیل اسمزی و سمیت ناشی از یون سدیم گیاه را با مشکل مواجه می‌سازد. سیلیسیم با کاهش جذب سدیم اثرات سمی این یون را کاهش داده و در نتیجه بهبود رشد را سبب می‌شود (۱).

هدف از انجام این مطالعه مقایسه تاثیر سطوح شوری و سیلیسیم در تولید زیست توده برگ و ریشه و همچنین درصد مواد آلی، و مواد معدنی سدیم و پتاسیم در اندام‌های مذکور بود.

## مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شوری و سیلیسیم و با سه تکرار در سال ۱۳۸۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. سطوح شوری شامل (۰/۶، ۱۱ و ۲۲ دسی زیمنس بر متر) بود که با استفاده ازکلرید سدیم تهیه شد و تیمار شاهد با آب شهری مشهد با شوری (۰/۶ دسی زیمنس بر متر) آبیاری شد. سطوح سیلیسیم در دو سطح کاربرد (صفر و یک میلی مولار سیلیکات سدیم) اعمال شدند. محیط کشت تیوب‌های پلاستیکی با قطر ۱۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی متر بود که با شن با قطر حدود دو میلی متری کاملا شسته شده پر شدند. بذور خرفه توده بومی مشهد از یکی از عطاری‌های معتبر مشهد خریداری و با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت دو دقیقه ضد عفونی شدند (۴). در هر تیوب دو گیاه با فاصله ۵ سانتی متری از یکدیگر کشت شدند. تغذیه گیاهان با محلول هوگلند در سه نوبت در هر روز با پمپ و سیستم آبیاری قطره ای که مجهز به سیستم زهکش نیز بود انجام می‌گرفت و برای جلوگیری از اعمال شوک مواد غذایی، از مرحله چهار برگی به تدریج ابتدا به مدت یک هفته با نصف غلظت و سپس با غلظت کامل محلول هوگلند صورت گرفت. در هر روز آب کاهش یافته در مخزن محلول غذایی بر اثر تبخیر و تعرق از سطح برگ‌ها و شن نیز جایگزین می‌گردید. همچنین pH محلول هوگلند در مقدار ۶/۴ ثابت نگه داشته شد (۴). تیمار شوری نیز برای جلوگیری از شوک اسمزی به تدریج از مرحله هشت برگی اعمال شد. بدین صورت که یک هفته با نصف هدایت الکتریکی مورد نظر و سپس هدایت الکتریکی کامل اعمال شد. سیلیسیم نیز یک هفته پس از اعمال تیمار کامل شوری با غلظت (یک میلی مولار) با استفاده از سیلیکات سدیم ($Na_2SiO_3$) همراه با محلول غذایی اعمال شد (۲۱). غلظت نمک مورد استفاده با معادله ۱ محاسبه شد و از کلرید سدیم خالص به این منظور استفاده گردید (۱۹).

$TDS = ۶۴۰\ EC$ (معادله ۱)

که در آن TDS، غلظت کل املاح محلول (mg/l) و EC، هدایت الکتریکی آب (dS/m) است.

محلول غذایی هر دو هفته یکبار تعویض می‌شد و این روند تا پایان فصل رشد که سه ماه به طول انجامید ادامه داشت. برای اندازه گیری پارامترهای وزن تر و خشک برگ و ریشه و همچنین درصد مواد آلی و معدنی موجود در آن‌ها در پایان فصل رشد، از هر تیمار ۳ تیوب که جمعا شامل ۶ بوته می‌شد برداشت شدند. سپس ریشه‌ها به دقت شسته شده و از اندام‌های هوایی جدا شدند. وزن تر و خشک نمونه‌ها به طور جداگانه محاسبه و یادداشت شد. برای تعیین درصد سدیم و پتاسیم نمونه‌ها از روش هضم خشک استفاده شد (۲) و سپس مقدار سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل (JENWAY PFP7) اندازه گیری شدند. درصد مواد آلی و معدنی نیز با معادله های ۲ و ۳ محاسبه شدند:

( معادله ۲) ۱۰۰ × ( وزن زیست توده / (وزن خاکستر – وزن زیست توده)) = درصد مواد آلی

(معادله ۳) ۱۰۰ × ( وزن زیست توده / (وزن مواد آلی – وزن زیست توده)) = درصد مواد معدنی

اندازه گیری سیلیسیم در بافت های گیاه می توانست اطلاعات مناسبی را برای تفسیر نتایج در اختیار قرار دهد. ولی به دلیل فقدان امکانات لازم این اندازه گیری میسر نشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار مینی تب در محیط ویندوز (Ver. 14.0) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

**(جدول ۱)- اثر اصلی شوری بر میانگین زیست توده برگ و ریشه خرفه (گرم در بوته)**

| پارامترهای گیاه / سطوح شوری(دسی زیمنس بر متر) | ۰/٦ | ۱۱ | ۲۲ |
|---|---|---|---|
| وزن تر ریشه | ۴/۵$^{a}$ | ۲/۳$^{ab}$ | ۰/۵$^{b}$ |
| وزن خشک ریشه | ۰/۷ $^{a}$ | ۰/۲$^{b}$ | ۰/۰۵ $^{b}$ |
| وزن تر برگ | ۱۴/۰ $^{a}$ | ۹/۴ $^{b}$ | ۱/۸ $^{c}$ |
| وزن خشک برگ | ۱/۰ $^{a}$ | ۰/۷ $^{b}$ | ۰/۱ $^{c}$ |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار (۵٪) می‌باشند.

## نتایج و بحث

با افزایش شوری در وزن تر و خشک برگ کاهش معنی داری در سطح یک درصد مشاهده شد و وزن تر برگ از ۱۴/۰ گرم در بوته در شاهد به ۱/۸ گرم در بوته و وزن خشک برگ از ۱/۰ گرم در بوته به ۰/۱ گرم در بوته در سطح شوری ۲۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم کاهش یافتند (جدول ۱).

نتایج مشابهی در تحقیقات دیگر محققین نیز در سایر هالوفیت‌ها به دست آمده است. به عنوان مثال یازیکی و همکاران (۲۳) گزارش کردند که وزن تر اندام هوایی (برگ و ساقه) خرفه پس از ۱۸ روز از کاشت تحت تاثیر شوری قرار نگرفت و در ۴۰ و ۷۰ میلی مولار کاربرد کلرید سدیم به ترتیب ۳۵ و ۶۲ درصد کاهش معنی داری یافت. در یک گونه کوشیا[1] وزن تر و خشک اندام هوایی (برگ و ساقه) در شوری‌های پایین تغییری نکردند، اما در شوری ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری نشان دادند (۱۳).

وزن تر و خشک ریشه خرفه نیز با افزایش شوری کاهش معنی داری در سطح یک درصد یافتند (جدول ۱). ریشه از نخستین اندام‌های گیاه است که با تنش شوری مواجه می‌شود. از دلایل کاهش رشد آن می‌توان به تجمع یون‌های سدیم در محیط ریشه و اثر تنش اسمزی و سمیت ایجاد شده توسط کاتیون‌ها و آنیون‌ها اشاره کرد که دیگر محققین نیز به این موارد اشاره کرده اند. مثلا میر محمدی میبدی و همکاران (۵) گزارش کردند که در یک گونه آلئوروپوس[2] با افزایش شوری تا ۶۹ دسی زیمنس بر متر وزن خشک ریشه کاهش یافت که به دلیل جذب یون سدیم می‌باشد. در یک گونه آرتروکنموم[3] از خانواده کنوپودیاسه، وزن تر ریشه در شوری‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی مولار تاثیری نداشت و در سطح شوری ۸۰۰ میلی مولار کاهش یافت. وزن خشک ریشه این گیاه در شوری ۲۰۰ میلی مولار افزایش یافته و در شوری‌های بالاتر کاهش یافت. همچنین در یک گونه آتریپلکس[4] وزن تر ریشه در شوری‌های پایین افزایش و در شوری‌های بالاتر از رشد آن جلوگیری شد (۶). در یک گونه هالوکسیلون[5] وزن تر ریشه با افزایش شوری در شوری‌های پایین افزایش و وزن خشک ریشه آن با افزایش شوری کاهش معنی داری یافت (۱۶). در گونه هالوکسیلون مذکور وزن تر ریشه در شوری‌های پایین افزایش یافت. وزن خشک ریشه با افزایش شوری کاهش یافت (۱۵). در هالوفیت سوئدا[6] وزن خشک ریشه تفاوت معنی داری با افزایش شوری نیافت (۱۵). وزن تر ریشه در شوری‌های پایین تغییری نکرد ولی در شوری‌های بالاتر از رشد آن جلوگیری شده بود (۱۵). در گونه آتریپلکس فومواداریا رشد ریشه در شوری‌های پایین(۹۰ میلی مولار) افزایش یافت و سپس در شوری‌های بالاترکاهش شدیدی یافت (۱۵).

در گونه ای از آتریپلکس[7] تحت تنش شوری تولید ماده خشک در برگ‌ها بیش از ریشه‌ها تحریک شده بود. تولید ماده خشک برگ‌های آن تا شوری ۳۰۰ میلی مولار تحریک شد و در شوری‌های بالاتر کاهش یافت. در شوری ۶۰۰ میلی مولار کلرید سدیم ماده خشک برگ ۲۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. در حالی که رشد ریشه تفاوت معنی داری با شاهد نداشت (۹). به نظر می‌رسد که گیاه خرفه نیز تا حد زیادی به شوری مقاومت داشته که توانسته تا سطح شوری ۱۱ دسی زیمنس بر متر زیست توده قابل ملاحظه ای تولید نماید.

با افزایش شوری درصد مواد آلی و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ کاهش معنی داری به ترتیب در سطح پنج و یک درصد یافتند. درصد مواد آلی برگ از ۷۳/۰ درصد در شاهد به ۶۹/۱ درصد و درصد پتاسیم برگ از ۷/۳ درصد به ۲/۶ درصد در تیمار ۲۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم کاهش یافتند (جدول ۲). در واقع شوری با

1 - *Kochia prostrata* L.
2 - *Aleuropus* Sp.
3 - *Arthrocnemum macrostachyum*
4 - *Atriplex stocksii*
5 - *Haloxylon recurvum*
6 - *Suaeda fruticosa*
7 - *Atriplex nummularia* L.

تاثیر بر روی کاهش فتوسنتز و رشد گیاه و همچنین تجمع عناصر معدنی نظیر سدیم سبب کاهش تولید مواد آلی می‌شود. ولیکن گیاه خرفه به مقدار مناسبی توانست درصد مواد آلی خود را حتی در شوری‌های بالا حفظ کند که ممکن است به علت هالوفیت بودن آن باشد. به نظر می رسد در شرایط تنش شوری یون‌های سدیم و پتاسیم جذب شده بخش قابل توجهی از حجم سلول‌های مزوفیل را تشکیل داده، در نتیجه فتوسنتز و رشد گیاه کاهش می‌یابد. درصد پتاسیم ریشه با افزایش شوری کاهش معنی داری در سطح یک درصد یافت و از ۱/۸ درصد به ۱/۰ درصد در ۲۲ دسی زیمنس بر متر رسید (جدول ۲). با افزایش تنش شوری افزایش معنی داری در درصد خاکستر و سدیم برگ به ترتیب در سطح پنج و یک درصد مشاهده شد (جدول ۲).

نسبت پتاسیم به سدیم در برگ نیز از ۶/۶ به ۰/۳ در بیشترین سطح شوری تغییر یافت (جدول ۲).

با کاربرد سیلیسیم در اثر اصلی سیلیسیم درصد سدیم برگ کاهش و درصد پتاسیم برگ افزایش یافت (جدول ۳).

با کاربرد سیلیسیم سدیم برگ تا تیمار ۱۱ دسی زیمنس بر مترکاهش و پتاسیم برگ تا ۱۱ دسی زیمنس بر متر افزایش معنی داری یافتند (شکل‌های ۱ و ۲).

درصد سدیم ریشه نیز هر چند در این تیمار معنی دار نشد، ولی کاهش چشمگیری با کاربرد سیلیسیم در این شاخص دیده شد (جدول ۴). در واقع سیلیسیم با افزایش پتاسیم و کاهش جذب یون سدیم سبب کاهش اثرات مضر شوری گردید.

در تحقیقات دیگر نیز نتایج مشابهی گزارش شده است، به عنوان مثال میزان خاکستر در گونه سوئدا فروتیکوزا در حدود ۳۰ درصد ماده خشک در گیاهان شاهد بود و با افزایش شوری افزایش معنی داری در خاکستر تولیدی مشاهده شد و به ۵۵ تا ۶۰ درصد در ماده خشک رسید. وزن خشک خاکستر گیاهان در ۲۰۰ مول در متر مکعب کلرید سدیم به حداکثر خود رسید و با افزایش شوری بیشتر شدیدا کاهش یافت (۱۵). در گونه آتریپلکس گرافیتی واریته استوکسی مقدار خاکستر برگ‌ها بیشتر از ساقه و ریشه بود. مقدار خاکستر در همه قسمت‌های گیاه با افزایش شوری افزایش یافت.

**(جدول ۲)- اثر اصلی شوری بر میانگین درصد مواد آلی و معدنی برگ و ریشه خرفه**

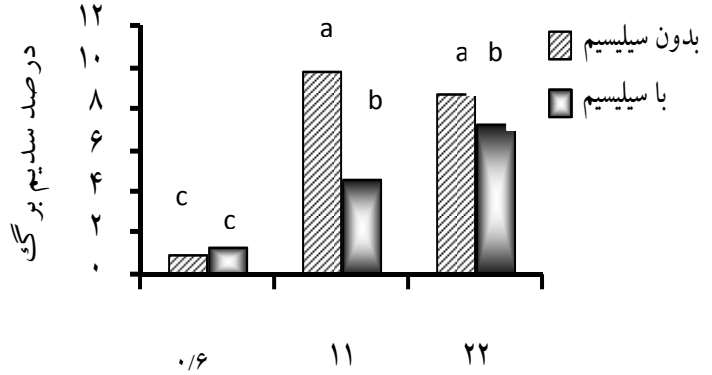
| سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر) / پارامترهای گیاه | ۰/۶ | ۱۱ | ۲۲ |
|---|---|---|---|
| مواد آلی برگ | ۷۳/۱ a | ۶۸/۰ b | ۶۹/۰ ab |
| مواد آلی ریشه | ۸۳/۰ | ۸۵/۰ | ۸۵/۲ |
| خاکستر برگ | ۲۶/۹ a | ۳۲/۴ b | ۳۱/۲ ab |
| خاکستر ریشه | ۱۷/۱ | ۱۵/۵ | ۱۵/۰ |
| سدیم برگ | ۱/۱ b | ۷/۲ a | ۸/۰ a |
| سدیم ریشه | ۲/۱ | ۱/۵ | ۰/۲ |
| پتاسیم برگ | ۷/۳ a | ۵/۱ b | ۲/۶ c |
| پتاسیم ریشه | ۱/۸ | ۱/۱ | ۱/۰ |
| نسبت پتاسیم به سدیم در برگ | ۶/۶ a | ۰/۸ b | ۰/۳ b |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار (۵ ٪) می‌باشند.

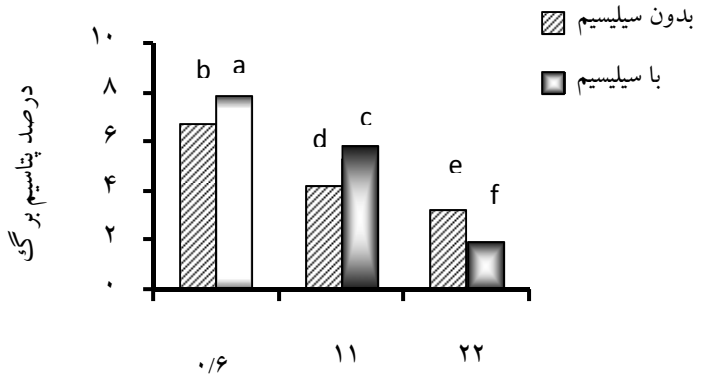
**(جدول ۳)- اثر اصلی سیلیسیم بر میانگین‌های وزن تر و خشک برگ و ریشه (گرم در بوته) و درصد مواد آلی و معدنی (سدیم و پتاسیم) برگ و ریشه خرفه**

| | برگ | | ریشه | |
|---|---|---|---|---|
| سطوح سیلیسیم (میلی مولار) | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ |
| وزن تر | ۸/۶ | ۸/۱ | ۲/۴ | ۲/۴ |
| وزن خشک | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۴ | ۰/۲ |
| مواد آلی | ۶۹/۰ | ۷۱/۰ | ۸۴/۱ | ۸۴/۴ |
| خاکستر | ۳۱/۲ | ۲۹/۱ | ۱۵/۹ | ۱۵/۷ |
| سدیم | ۶/۴ a | ۴/۴ b | ۲/۰ c | ۰/۵ c |
| پتاسیم | ۵/۰ b | ۵/۳ a | ۰/۹ c | ۱/۱ c |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار (۵٪) می‌باشند.




**(شکل ۱)- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر درصد سدیم برگ خرفه**




**(شکل ۲)- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر درصد پتاسیم برگ خرفه**

**(جدول ٤)- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر میانگین‌های زیست توده (گرم در بوته)، درصد مواد آلی و معدنی (سدیم و پتاسیم) برگ و ریشه خرفه**

| سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر) | ۰/٦ | | ۱۱ | | ۲۲ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سطوح سیلیسیم (میلی مولار) | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ |
| وزن تر ریشه | ۴/۷ | ۴/۳ | ۲/۰ | ۲/۶ | ۰/۵ | ۰/۴ |
| وزن خشک ریشه | ۱/۰ | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۱/۰ |
| وزن تر برگ | ۱۵/۲$^{a}$ | ۱۲/۵$^{ab}$ | ۸/۳$^{b}$ | ۱۰/۵$^{b}$ | ۲/۳$^{c}$ | ۱/۳$^{c}$ |
| وزن خشک برگ | ۱/۱$^{a}$ | ۱/۰$^{ab}$ | ۰/۶$^{b}$ | ۰/۸$^{b}$ | ۰/۲$^{c}$ | ۰/۱$^{c}$ |
| مواد آلی برگ | ۷۳/۷ | ۷۲/۶ | ۶۵/۸ | ۶۹/۵ | ۶۷/۰ | ۷۰/۷ |
| مواد آلی ریشه | ۸۳/۰ | ۸۳/۰ | ۸۴/۰ | ۸۵/۰ | ۸۵/۳ | ۸۵/۶ |
| خاکستر برگ | ۲۶/۳ | ۲۷/۴ | ۳۴/۲ | ۳۰/۶ | ۳۳/۱ | ۲۹/۴ |
| خاکستر ریشه | ۱۷/۱ | ۱۷/۱ | ۱۶/۰ | ۱۵/۰ | ۱۴/۸ | ۱۴/۹ |
| سدیم ریشه | ۴/۰ | ۰/۱ | ۱/۷ | ۱/۳ | ۰/۳ | ۰/۱ |
| پتاسیم ریشه | ۱/۶ | ۲/۰ | ۰/۸ | ۱/۴ | ۰/۲ | ۰/۰ |
| نسبت پتاسیم به سدیم برگ | ۷/۱ | ۶/۱ | ۰/۶ | ۱/۰ | ۰/۴ | ۰/۳ |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار (۵٪) می‌باشند.

بیشینه خاکستر در برگ‌ها ۳۹ درصد، ساقه ۱۴ درصد و ۸ درصد در ریشه‌ها بود (۱۵). در گیاه خرفه در آزمایش مشابهی یون سدیم با افزایش شوری افزایش معنی داری یافت و در مقایسه با شاهد (۱/۲ درصد) به ۲/۱ درصد رسید. همبستگی مثبتی نیز بین یون سدیم و غلظت شوری به دست آمد (۱۴). مقدار سدیم با افزایش شوری در گونه آتریپلکس نومولاریا افزایش یافت که در ساقه نسبت به ریشه افزایش بیشتری یافت، در حالی که مقدار پتاسیم کاهش یافت (۹). برگ‌های اسفناج مقدار پتاسیم زیادی در شرایط شوری کمتر نسبت به شوری بیشتر داشتند (۸). در گونه کوشیا پروستراتا مقدار پتاسیم، منیزیم و کلسیم در شوری‌های پایین کاهش یافتند، در مقابل مقدار سدیم، کلر و پرولین با افزایش شوری چندین برابر شدند (۱۳). در گونه هالوکسیلون مذکور افزایش شوری سبب کاهش یون پتاسیم در اندام‌های هوایی گردید، در حالی که مقدار یون سدیم افزایش یافت (۱۵). در گونه ای هالوکنموم[1] یون‌های سدیم و پتاسیم را جذب و ذخیره کرده و از آن‌ها در تنظیم پتانسیل اسمزی استفاده می‌کند (۲۰). یکی از مکان‌های عمل یون سدیم در غشا سلولی می‌باشد که می‌تواند منجر به اختلال در فعالیت و عمل غشای سلولی شود و پتانسیل انتقال یون‌های غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اثرات آنتاگونیستی و کاهش جذب پتاسیم توسط یون سدیم در بسیاری مطالعات نشان داده شده است (۱۱). حفظ و نگه داری خاصیت جذب انتخابی نسبت پتاسیم به سدیم تحت تنش شوری یکی از عوامل مهم تحمل به شوری در گیاهان می‌باشد (۱۱). نسبت پایین پتاسیم به سدیم برای فعالیت روزنه ای، فتوسنتز و کنترل تنفس اضافی می‌تواند ناشی از به هم خوردن تعادل هورمونی گیاه به ویژه مقدار سیتوکینین در ریشه باشد. مارسنر (۱۸) گزارش کرده است که چون بخش زیادی از سدیم از طریق غیر فعال توسط گیاهان جذب می‌شود و فرآیند جذب آن متاثر از جریان تعرق می‌باشد، در نتیجه کاهش جذب سدیم می‌تواند ناشی از تاثیر سیلیسیم روی میزان تعرق باشد. همچنین صعود شیره خام حاوی این یون‌ها در آوند چوبی به میزان جذب و صعود آب و جریان تعرق بستگی دارد که با تغذیه سیلیسیم کم می‌شود (۱۷). در گیاه پوکسینلیا دیستنس[2] شوری سبب افزایش یون سدیم در هر دو بخش هوایی و ریشه شد. تیمارهای سیلیسیم سبب کاهش یون سدیم بخش هوایی و ریشه شدند که این کاهش چشمگیر بود. اثر شوری تنها در تراکم پتاسیم بخش هوایی معنی دار بود. هر چند تیمارهای سیلیسیم سبب افزایش میزان پتاسیم ریشه و بخش هوایی گردیدند، ولی این افزایش معنی دار نبود (۱).

## نتیجه گیری

از نتایج فوق می‌توان استنباط نمود که هر چند شوری‌های بالا سبب کاهش تولید زیست توده خرفه می‌شود ولیکن این گیاه تا حد زیادی به شوری‌های متوسط مقاومت داشته و می‌تواند تولید قابل توجهی در شرایط تنش شوری داشته باشد. همچنین به مقدار زیادی عناصر معدنی را از خاک خارج کرده و در برگ‌هایش تجمع می دهد و لذا می‌تواند در اصلاح خاک‌های شور و قلیایی برای استفاده بهینه از منابع خاک و آب‌های شور از آن بهره جست، همچنین شاید بتوان سیلیسیم را به عنوان کاهنده اثرات مضر شوری و افزایش دهنده مقاومت گیاهان به این تنش معرفی نمود. ولی احتیاج به بررسی های بیشتری دارد.

## منابع


۱- بندانی م. و عبدل زاده ا. ۱۳۸۶. اثر تغذیه سیلیسیم در تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس *Puccinellia distans*. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی۱۴: ۱۱۱-۱۱۹.

۲- حجازی ا.، شاهوردی م. و آرد فروش ج. ۱۳۸۳. روش‌های شاخص در تجزیه گیاهی. چاپ اول انتشارات دانشگاه تهران.

۳- طبایی عقدایی س. ر. ۱۳۷۹. بررسی بیان ژن در واکنش به تنش‌های محیطی در سه گونه گراس مرتعی. فصل نامه پژوهش و سازندگی۴۹: ۴۴-۴۷.

۴- کافی م.، نظامی ا.، حسینی ح. و معصومی ع.۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه زنی ژنوتیپ های عدس. مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۳: ۶۹-۸۱.

۵- میر محمدی میبدی س.ع.م.، امینی ع. و خواجه س.ج. ۱۳۸۲. ارزیابی دو گونه علفی آلوروپوس در کاهش شوری خاک و احیای اراضی شور. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،۷: ۲۴۱-۲۵۰.

6- Aghal F., Gul B. and Khan M.A. 2009. Seasonal variation in productivity of *Atriplex stocksii* from a coastal marsh


1 - *Halocnemum strobilaceum*
2 - *Puccinellia distans*

along the Arabian Sea coast. Pakistan Journal of Botany. 41: 1053-1068.
7- Blaylock A.D. 1994. Soil salinity, salt tolerance, and growth potential of horticultural and landscape plants. Cooperative extension service, department of plant, soil, and insect sciences, college of agriculture, University of Wyoming.
8- Chow W.S., Ball M.C. and Anderson J.M. 1990. Growth and photosynthetic responses of spinach to salinity: implications of $K^+$ nutrition for salt tolerance. Australian Journal of Plant Physiology. 17: 563–578.
9- De Araujo S.A.M., Silveira J.A.G., Almeida T.D., Rocha I.M.A., Morais D.L. and Viegas R.A. 2006. Salinity tolerance of halophyte (*Atriplex nummularia* L.) grown under increasing NaCl levels. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental. 10: 848-854.
10- Epstein E. 1999. Silicon. Annuals Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology. 50: 641–64.
11- Guo F.O. and Tang Z.C. 1999. Reduced $Na^+$ and $K^+$ permeability of $K^+$ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat. Chinese Science Bulletin. 44: 816-821.
12- Jafarzadeh A.A. and Aliasgharzad N. 2007. Salinity and salt composition effects on seed germination and root length of four sugarbeet cultivars. Proceeding of "Bioclimatology and Natural Hazards" International Scientific Conference, Pol'ana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, 2007.
13- Karimi G., Ghorbanli M., Heidari H., Khavari Nejad R.A. and Assareh M.H. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrate*. Journal Biologia Plantarum. 49: 301-304.
14- Kilic C.C., Kukul Y.S. and Anac D. 2008. Performance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) as a salt-removing crop. Agricultural Water Management. 95: 854–858.
15- Khan M.A., Ungar I.A. and Showalter A.M. 2000. Growth and accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum*. Commonication Soil science Plant Nutrition. 31: 2763-2774.
16- Liang Y. 1999. Effects of silicon on enzyme and sodium, potassium and calcium concentration in barley under stress. Plant and Soil. 209: 217-224.
17- Liang Y.C., Shen Q.R., Shen Z.G. and Ma T.S. 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barely cultivars. Journal of Plant Nutrition. 19: 173-183.
18- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, 2nd Edition, London. Pp 674.
19- Mostafazadeh-Fard B., Heidarpour M., Aghakhani A. and Feizi M. 2008. Effects of leaching on soil desalinization for wheat crop in an arid region. Plant, Soil and Environment. 54: 20–29.
20- Pujol J.A., Calvo J.F. and Ramirez-Diaz L. 2001. Seed germination, growth, and osmotic adjustment in response to NaCl in a rare succulent halophyte from southeastern Spain. Wetlands. 21: 256-264.
21- Tuna A.L., Kaya C., Higgs D., Murillo- Amador B., Aydemir S. and Girgin A.R. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. Environmental and Experimental Botany. 62: 10-16.
22- Wang D., Poss J.A., Donovan T.J., Shanon M.C. and Lesch S.M. 2002. Biophysical properties and biomass production of elephant grass under saline conditions. Journal of arid environment. 52:447-456.
23- Yazici I., Turkan A.I., Sekmen H. and Demiral T. 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental and Experimental Botany. 61: 49–57.
24- Zhu J.K. 2007. Plant Salt Stress. Encyclopedia of life sciences. John Wiley and Suns Ltd. 1-3.
25- Zhu Z., Wei G., Li J. Qian Q. and Yu J. 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). Plant Science. 167: 527–533.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 2, May-Jun 2010, p. 367-374

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹، ص. ۳۷۴-۳۶۷

# Effects of Salinity and Silicon Application on Biomass Accumulation, Sodium and Potassium Content of Leaves and Roots of Purslane (*Portulaca oleracea* L.)

**Z. Rahimi[1*]- M. Kafi[2]**

## Abstract

In order to study the effects of salinity and silicon application on biomass of leaves and root of purslane (*Portulaca oleracea* L.), a greenhouse experiment was conducted at Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad using completely randomized desgin with three replications. Employed two factors consisted of three levels of salinity using NaCl (0.6, 11, 22 dS/m) and two levels of silicon (0.0 and 1.0 mM sodium silicate). Leaves and root biomass and percentage of organic matter, K content and K/Na content in leaves significantly decreased with increasing salinity, while percentage of ash matter, Na content significantly increased with increasing salinity. Application of silicon imposed a positive effect on preventig high accumulation of Na and increased K content in leaves. Based on these results, purslane can be considered as a relatively salt tolerant plant that can produce considerable biomass under salinity conditions.

**Keywords:** Leaf organic compounds, Silicon, Leaf Cation Content, Root Cation Content

1,2- MSc Student and Professor, respectively, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(* - Corresponding author Email: Zrahimi2007@yahoo.com)